

**T.C.**  
**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İKTİSAT ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ, BÜYÜME VE ÇEVRE**  
**İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

**EMRE AKUSTA**

**HAZİRAN-2019**



T.C.  
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YENİLENEBİLİR ENERJİ, BÜYÜME VE ÇEVRE  
İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

**EMRE AKUSTA**

TEZ DANIŞMANI:  
**Doç. Dr. RAİF CERĞİBOZAN**

**HAZİRAN-2019**



T.C.

**KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ**

**Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü**

İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Emre AKUSTA'nın "Yenilenebilir Enerji, Büyüme ve Çevre İlişkisi: Türkiye Örneği" başlıklı tezi ..../..../..... tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Yasin ÇAKIREL

**Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü**

Bu tezin Yüksek Lisans derecesi elde etmek için gerekli olan koşulları sağladığımı onaylarım.

Prof. Dr. Rengin AK

**İktisat Anabilim Dalı Başkanı**

Bu tezi okuyarak içerik ve nitelik açısından incelediğimizi ve Yüksek Lisans derecesi almak için yeterli olduğunu onaylıyoruz.

Jüri üyeleri:

- 1- Prof. Dr. Ünal ÇAĞLAR
- 2- Doç. Dr. Raif CERGİBOZAN
- 3- Dr. Öğr. Üyesi Furkan YILDIZ



**Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde bizzat elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada özgün olmayan tüm kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.**

**Emre AKUSTA**





## ÖZ

### YENİLENEBİLİR ENERJİ, BÜYÜME VE ÇEVRE İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Akusta, Emre

Yüksek Lisans, İktisat

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Raif Cergibozan

HAZİRAN, 2019

Türkiye, üretimde kullandığı enerjinin çok büyük bir kısmını ithal etmektedir. Başka bir deyişle Türkiye, enerji açısından yabancı kaynaklara bağımlı bir ülkedir. Enerjide dışa bağımlı olmanın etkileri ekonomik büyüme, cari açık ve enerji arz güvenliği gibi konularda da görülmektedir. Buradan hareketle çalışmamızda yenilenebilir enerji kaynaklarının etkileri hem ekonomik büyüme, cari açık ve enerji arz güvenliği açısından hem de çevresel etkiler bakımından incelenmiştir.

Çalışmamızın amacı, 1972-2015 dönemini için kişi başına doğa üzerindeki reel baskı, kişi başı reel GSYH, kişi başı GSYH'nın karesi, finansal gelişme, dışa açıklık ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin toplam enerjiye oranı değişkenleri arasındaki kısa ve uzun dönem dinamikleri analiz etmektir. Yöntem olarak ise Johansen ve ARDL eşbütünlük testlerinin yanı sıra varyans ayrıştırma analizi kullanılmıştır. Ayrıca değişkenler arasındaki uzun dönem ilişki karşılaştırılmalı olarak test edilmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışma, doğa üzerindeki reel baskıya en fazla sebebiyet veren değişkenin kişi başına reel GSYH olduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerji ise doğa üzerindeki reel baskının azaltılmasında önemli bir değişken olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin kendi enerjisini üretecek imkâna sahip olması ve dolayısıyla enerji ithalatının önüne geçmesi ile birlikte yenilenebilir enerjinin ekonomi üzerindeki katkısının büyüyeceği kanaatindeyiz. Buradan hareketle, sürdürülebilir bir büyümede yenilenebilir enerjinin hem ekonomik açıdan hem de çevreye verilen zararın azaltılması bakımından büyük önem taşıdığı görüşünü savunmaktayız. Ayrıca Türkiye'nin kendi enerjisini ürettiği bir durumda, dışardan gelebilecek krizler veya dış şokların ekonomiye verdiği zararı da azaltacağını düşünmekteyiz. Bu bakımdan Türkiye'de verimi yüksek yenilenebilir enerji kaynaklarına uzun dönemli yatırımların yapılmasını savunmaktayız.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji kaynakları, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Yenilenebilir Enerji ve Çevre, Enerjide Dışa Bağımlılık.

## ABSTRACT

### RENEWABLE ENERGY, ECONOMIC GROWTH AND ENVIRONMENT RELATIONSHIP: THE CASE OF TURKEY

Akusta, Emre  
Master of Arts, Economy  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Raif Cergibozan  
JUNE, 2019

Turkey imports a very large portion of the energy used in production. In other words, Turkey is a country dependent on foreign supplies in terms of energy. The effects of external dependence on energy are also seen in economic growth, current account deficit and energy supply security issues. In this context, this study examines the effects of renewable energy sources both in terms of economic growth, current account deficit and energy supply security and environmental impacts.

The aim of our study is to analyze the short and long term dynamics between real pressure on nature, real GDP per capita, square of GDP per capita, financial development, openness and the ratio of energy obtained from renewable energy sources to total energy for the period 1972-2015. Variance decomposition analysis is used in addition to Johansen and ARDL cointegration tests. In addition, the long-term relationship between the variables is tested comparatively.

Our study shows that financial development is the variable that causes the most real pressure on nature. In contrast to financial development, renewable energy is an important variable in reducing real pressure on nature. Moreover, the impact of renewable energy on financial development and GDP is low. We believe that Turkey can produce its own energy and thus renewable energy will contribute more to the economy as Turkey curbs its energy imports. From this point of view, we advocate that renewable energy is of great importance both in economic terms and in reducing environmental damage in sustainable growth. Also we believe that it will reduce the damage of possible crisis or external shocks from the outside in a situation where Turkey produces its own energy. In this regard, we advocate the making of long-term investment in the high efficient renewable energy sources in Turkey.

**Key Words:** Energy Resources, Renewable Energy Resources, Renewable Energy and Environment, Dependence on Foreign Energy.

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans dönemim boyunca bilgi ve birikimleriyle bana yol gösteren, tez konumun belirlenmesinde ve şekillenmesinde yardımcı olan, desteğini hiçbir zaman üzerimden eksik etmeyen ve çalışmaktan büyük zevk duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Ünal ÇAĞLAR'a, tezimin son halini almasında ve özellikle ekonometrik model konusunda bilgi birikimlerini ve yardımlarını esirgemeyen ve ömür boyunca bağlarımı koparmayacağım tez danışmanım Doç. Dr. Raif CERGİBOZAN'a, tezime yapmış olduğu yapıcı eleştirilerle katkı sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Furkan YILDIZ'a, öğrenim hayatım boyunca bana bilgi ve birikimlerini en güzel şekilde aktaran ve beni bu zamanlara getiren tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca üzerimden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bana olan inanç ve güvenlerini her daim canlı tutan en değerlilerime, yani aileme, özellikle yaşamımın her alanında akıl hocalığı yapan abim Ahmet AKUSTA'ya sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.



# İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT .....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	viii
KISALTMALAR .....	xiv
TABLO LİSTESİ.....	xviii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xx

GİRİŞ .....	1
-------------	---

## BİRİNCİ BÖLÜM

### ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ KAYNAKLARI

1.1.Enerjinin Tarihsel Gelişimi.....	6
1.2.Enerji Kaynakları ve Sınıflandırılması .....	7
1.2.1. Fosil Enerji Kaynakları .....	9
1.2.1.1. Kömür .....	9
1.2.1.1.1. Dünya kömür rezervi .....	10
1.2.1.1.2. Toplam kömür üretimi ve tüketimi.....	12
1.2.1.1.3. Kömür kullanımının olumlu yönleri.....	14
1.2.1.1.4. Kömür kullanımının olumsuz yönleri.....	15
1.2.1.2. Petrol .....	15
1.2.1.2.1. Dünya petrol rezervi .....	17
1.2.1.2.2. Toplam petrol üretimi ve tüketimi.....	18
1.2.1.2.3. Petrol kullanımının olumlu yönleri.....	19
1.2.1.2.4. Petrol kullanımının olumsuz yönleri .....	19
1.2.1.3. Doğal gaz .....	20
1.2.1.3.1. Dünya doğal gaz rezervi .....	20
1.2.1.3.2. Toplam doğalgaz üretimi ve tüketimi.....	22
1.2.1.3.3. Doğal gaz kullanımının olumlu yönleri.....	23
1.2.1.3.4. Doğal gaz kullanımının olumsuz yönleri.....	24

1.2.2. Nükleer Enerji.....	24
1.2.2.1. Nükleer enerjinin kullanım alanları.....	25
1.2.2.2. Dünyadaki nükleer enerji kurulu gücü ve kullanımı .....	26
1.2.2.3. Nükleer enerji kullanımının olumlu yönleri.....	29
1.2.2.4. Nükleer enerji kullanımının olumsuz yönleri.....	30
1.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	31
1.2.3.1. Güneş enerjisi.....	32
1.2.3.1.1. Güneş enerjisinin kullanıldığı yerler .....	33
1.2.3.1.2. Küresel güneş enerjisi potansiyeli .....	34
1.2.3.1.3. Küresel güneş enerjisi kurulu gücü .....	35
1.2.3.1.4. Güneş enerjisi kullanımının olumlu yönleri .....	37
1.2.3.1.5. Güneş enerjisi kullanımının olumsuz yönleri.....	37
1.2.3.2. Rüzgâr enerjisi.....	38
1.2.3.2.1. Rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi .....	39
1.2.3.2.2. Dünya Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Kurulu Güç Miktarı ..	39
1.2.3.2.3. Rüzgâr enerjisi kullanımının olumlu yönleri.....	42
1.2.3.2.4. Rüzgâr enerjisi kullanımının olumsuz yönleri.....	42
1.2.3.3. Jeotermal enerji .....	43
1.2.3.3.1. Jeotermal enerjinin sınıflandırılması ve kullanım alanları ...	44
1.2.3.3.2. Küresel jeotermal enerji kurulu gücü .....	45
1.2.3.3.3. Jeotermal enerji kullanımının olumlu yönleri.....	46
1.2.3.3.4. Jeotermal enerji kullanımının olumsuz yönleri .....	47
1.2.3.4. Biyokütle enerjisi .....	47
1.2.3.4.1. Biyokütle yetiştiriciliği.....	48
1.2.3.4.2. Biyoyakıt çeşitleri ve kullanım alanları .....	50
1.2.3.4.3. Biyokütle çevrim teknolojileri.....	51
1.2.3.4.4. Dünyada biyokütle enerjisi.....	52
1.2.3.4.5. Biyokütle enerjisi kullanımının olumlu etkileri.....	53
1.2.3.4.6. Biyokütle enerjisi kullanımının olumsuz etkileri .....	53
1.2.3.5. Hidroelektrik enerjisi.....	54
1.2.3.5.1. Hidroelektrik santral sınıflaması .....	54
1.2.3.5.2. Dünyanın hidroelektrik kurulu gücü.....	55
1.2.3.5.3. Hidroelektrik santrallerinin olumlu yönleri .....	56
1.2.3.5.4. Hidroelektrik santrallerinin olumsuz yönleri.....	56

1.2.4. Hidrojen enerjisi .....	57
1.2.4.1.1. Hidrojen üretilmesi, depolanması ve taşınması .....	58
1.2.4.1.2. Hidrojenin olumlu yönleri .....	58
1.2.4.1.3. Hidrojenin olumsuz yönleri .....	59
1.2.4.2. Deniz kökenli enerjiler .....	59
1.2.4.2.1. Dalga enerjisi .....	60
1.2.4.2.2. Gelgit enerjisi .....	60
1.2.4.2.3. Okyanus ısısı enerjisi (OTEC) .....	61
1.2.4.2.4. Küresel deniz kökenli enerji potansiyeli .....	62
1.2.4.2.5. Küresel okyanus enerjisinin kurulu gücü .....	62
1.2.4.2.6. Deniz kökenli enerji kullanımının olumlu yönleri .....	64
1.2.4.2.7. Deniz kökenli enerji kullanımının olumsuz yönleri .....	64

## İKİNCİ BÖLÜM

### TÜRKİYE’DE NÜKLEER ENERJİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

2.1. Türkiye’de Elektrik Enerjisi ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payı .....	67
2.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi .....	70
2.2.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli .....	70
2.2.2. Türkiye Elektrik üretiminde Güneş Enerjisinin Payı ve Gelişimi .....	72
2.3. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi .....	74
2.3.1. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli .....	75
2.3.2. Türkiye Elektrik Üretiminde Rüzgâr Enerjisinin Payı ve Gelişimi .....	77
2.4. Türkiye’de Jeotermal enerji .....	78
2.4.1. Türkiye’de Jeotermal Enerji Potansiyeli .....	79
2.4.2. Türkiye Elektrik Üretiminde Jeotermal Enerjisinin Payı ve Gelişimi ..	80
2.5. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi .....	82
2.5.1. Türkiye’nin Biyokütle Potansiyeli .....	82
2.5.1.1. Bitkisel üretim atıklarının biyokütle potansiyeli .....	83
2.5.1.2. Hayvansal atıklarının biyokütle potansiyeli .....	84
2.5.1.3. Orman ürünleri atıklarının biyokütle potansiyeli .....	85
2.5.1.4. Belediye atıklarının biyokütle potansiyeli .....	85
2.5.1.5. Enerji bitkilerinin biyokütle potansiyeli .....	86
2.5.2. Türkiye’nin Enerji Üretiminde Biyokütlenin Yeri .....	87

2.6. Türkiye’de Hidroelektrik Enerjisi.....	87
2.6.1. Türkiye’nin Su Potansiyeli .....	88
2.6.2. Türkiye’nin Hidroelektrik Potansiyeli .....	90
2.6.3. Türkiye Elektrik Üretiminde Hidroelektrik Enerjisinin Payı ve Gelişimi.....	91
2.7. Türkiye’de Hidrojen Enerjisi.....	92
2.7.1. Türkiye’de Hidrojen Enerjisinin Potansiyeli .....	93
2.8. Türkiye’de Deniz Kökenli Enerjiler .....	94
2.9. Türkiye’de Nükleer Enerji.....	95
2.9.1. Akkuyu Nükleer Santral Projesi .....	95
2.9.2. Sinop Nükleer Santral Projesi .....	96
2.9.3. Türkiye’de Nükleer Santrallerin Potansiyeli.....	96

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ EKONOMİ VE ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

3.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Ekonomi Üzerindeki Etkileri	100
3.1.1. İthal Enerji ve Enerji Bağımlılığı İlişkisi.....	100
3.1.1.1. Türkiye’de ithal enerjinin enerji bağımlılığı üzerindeki etkisi.....	100
3.1.2. Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi .....	104
3.1.2.1. Türkiye’de enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi .....	104
3.1.3. Enerji İthalatı ve Cari Açık İlişkisi .....	108
3.1.3.1. Türkiye’de ithal enerjinin cari açık üzerindeki etkisi.....	108
3.1.4. Enerji Sektörü ve İstihdam İlişkisi.....	112
3.1.4.1. Türkiye’de ithal enerjinin işsizlik üzerindeki etkisi .....	113
3.1.5. Enerji Sektörü ve Enerji Arz Güvenliği İlişkisi .....	114
3.1.5.1. Enerji arz güvenliğinin tanımı .....	114
3.1.5.2. Enerji arz güvenliğinin bileşenleri .....	115
3.1.5.3. Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arz güvenliği üzerindeki etkisi .....	117



3.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevre Üzerindeki Etkileri.....	118
3.2.1. Fosil Yakıtların Sebep Olduğu Çevresel Sorunlar .....	119
3.2.1.1. Hava Kirliliği .....	119
3.2.1.2. Sera gazı ve iklim değışiklikleri.....	119
3.2.1.3. Su Kirliliği.....	123
3.2.1.4. Toprak Kirliliği .....	123
3.2.2. Nükleer Santrallerin Sebep Olduğu Çevresel Sorunlar.....	124
3.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevreye Etkisi .....	125

## **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

### **EKONOMETRİK SONUÇLAR**

4.1. Durağanlık Analizi: Birim Kök Testi .....	128
4.1.1. Artırılmış Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi.....	128
4.1.2. Phillips-Perron (PP) Birim Kök Testi .....	130
4.2. Eşbütünleşme ve Hata Düzeltme Modelleri .....	130
4.2.1. Engle-Granger Yaklaşımı .....	131
4.2.2. Johansen Eşbütünleşme Yaklaşımı .....	132
4.2.3. Eşbütünleşmeye ARDL Sınır Testi Yaklaşımı .....	133
4.3. Veri Seti ve Yöntem .....	135

**SONUÇ..... 149**

**KAYNAKÇA ..... 156**



## KISALTMALAR

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>ADF</b>	: Artırılmış Dickey Fuller Birim Kök Testi
<b>ARDL</b>	: Gecikmesi Dağıtılmış Otoresif Model
<b>AR-GE</b>	: Araştırma ve Geliştirme
<b>BEPA</b>	: Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası
<b>BOTAŞ</b>	: Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
<b>CH<sub>4</sub></b>	: Metan
<b>CNG</b>	: Sıkıştırılmış Doğal Gaz
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>COP21</b>	: 21. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Taraflar Konferansı
<b>CSP</b>	: Yoğunlaştırılmış Güneş Teknolojileri
<b>CUSUM</b>	: Cumulative Sum of Recursive Residuals
<b>DEKTMK</b>	: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
<b>DPT</b>	: Devlet Planlama Teşkilatı
<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri
<b>EİE</b>	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
<b>EKK</b>	: En Küçük Kareler Yöntemi
<b>EMO</b>	: Elektrik Mühendisleri Odası
<b>EPIA</b>	: European Packaged Ice Association
<b>ETKB</b>	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
<b>EÜAŞ</b>	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
<b>GJ</b>	: Gigajoule
<b>GSYİH</b>	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
<b>GW</b>	: Gigawatt
<b>GW/Yıl</b>	: Gigawatt/Yıl
<b>GWEC</b>	: Global Wind Energy Council

<b>GWh</b>	: Gigawatt/Saat
<b>HES</b>	: Hidroelektrik Santrali
<b>IAEA</b>	: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
<b>ICHET</b>	: Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi
<b>IEA</b>	: International Energy Agency
<b>IRENA</b>	: International Renewable Energy Agency
<b>Kcal</b>	: Kilokalori
<b>Kcal/kg</b>	: Kilokalori/Kilogram
<b>KDV</b>	: Katma Değer Vergisi
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>Km</b>	: Kilometre
<b>km<sup>2</sup></b>	: Kilometre Kare
<b>kW</b>	: Kilowatt
<b>kW/m</b>	: Kilowatt /Metre
<b>kWh</b>	: Kilowatt saat
<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	: Kilowatt saat/Metre Kare
<b>LNG</b>	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
<b>LPG</b>	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
<b>M.Ö.</b>	: Milattan Önce
<b>m/s</b>	: Metre/Saniye
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metreküp
<b>m<sup>3</sup>/hektar</b>	: Metreküp/Hektar
<b>MJ</b>	: Megajoule
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>MR</b>	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
<b>Mt</b>	: Milyon Ton
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik Ve Arama
<b>Mtep</b>	: Milyon Ton Eşdeğeri Petrol

<b>MW</b>	: Megawatt
<b>MWe</b>	: Megawatt-Elektrik
<b>MWt</b>	: Megawatt-Termal (Isı)
<b>N<sub>2</sub>O</b>	: Diazotmonoksit
<b>OECD</b>	: Organisation For Economic Co-Operation And Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
<b>OTEC</b>	: Ocean Thermal Energy Conversion
<b>ÖTV</b>	: Özel Tüketim Vergisi
<b>PP</b>	: Phillips-Perron Birim Kök Testi
<b>PRIS</b>	: Güç Reaktörü Bilgi Sistemi
<b>PV</b>	: Güneş Pilleri
<b>REN21</b>	: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
<b>REPA</b>	: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası
<b>SETA</b>	: Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı
<b>TAEK</b>	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
<b>TAKY</b>	: Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
<b>TCMB</b>	: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
<b>TÇV</b>	: Türkiye Çevre Vakfı
<b>TEDAŞ</b>	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
<b>TEİAŞ</b>	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
<b>TEK</b>	: Türkiye Elektrik Kurumu
<b>TEP</b>	: Ton Eşdeğeri Petrol
<b>TL</b>	: Türk Lirası
<b>TMMOB</b>	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
<b>TP</b>	: Türkiye Petrolleri
<b>TTK</b>	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
<b>TUREB</b>	: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
<b>TÜBİTAK</b>	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>TÜSİAD</b>	: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
<b>TWh</b>	: Terawatt Hour
<b>TWh/yıl</b>	: Terawatt Hour/Yıl
<b>UGETAM</b>	: İstanbul Uygulamalı Gaz ve Enerji Teknolojileri Araştırma Mühendislik Sanayi Ticaret Anonim Şirketi
<b>UNIDO</b>	: Birleşmiş Milletler Endüstri Geliştirme Organizasyonu
<b>USA</b>	: United States Of America
<b>VAR</b>	: Vektör Ardışık-Bağlanımlı Regresyon
<b>vb.</b>	: ve Benzeri
<b>vs</b>	: vesaire
<b>W/m<sup>2</sup></b>	: Watt/Metre Kare
<b>YASED</b>	: Uluslararası Yatırımcılar Derneği
<b>YEGM</b>	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
<b>YEK</b>	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	7
<b>Tablo 2:</b> Fosil Yakıtların Kalan Ömürleri .....	9
<b>Tablo 3:</b> Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması.....	10
<b>Tablo 4:</b> Dünya Kömür Rezervinin Ülkelere Göre Dağılımı ve Kalan Ömürleri .....	11
<b>Tablo 5:</b> Dünya Kömür Üretiminin Yıllara Göre Değişimi .....	13
<b>Tablo 6:</b> Ülkelerin Taşkömürü Tüketimleri .....	13
<b>Tablo 7:</b> Ülkelerin Linyit Tüketimleri.....	14
<b>Tablo 8:</b> Küresel Petrol Rezervinin Kalan Ömrü .....	16
<b>Tablo 9:</b> Dünya Petrol Rezervleri .....	17
<b>Tablo 10:</b> Bölgelere Göre Dünya Petrol Üretim Miktarları .....	18
<b>Tablo 11:</b> Bölgelere Göre Dünya Petrol Tüketim Miktarları.....	18
<b>Tablo 12:</b> Küresel Doğal Gaz Rezervinin Kalan Ömrü .....	21
<b>Tablo 13:</b> 2015 Yılı İtibarıyla Dünya ispatlanmış Doğal Gaz Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı .....	22
<b>Tablo 14:</b> 2006-2015 Dünya Doğal Gaz Üretimi.....	22
<b>Tablo 15:</b> 2006-2015 Dünya Doğal Gaz Tüketimi.....	23
<b>Tablo 16:</b> 1985-2016 Yılları Arası Dönemde Dünya Üzerindeki Aktif Nükleer Enerji Santralleri .....	27
<b>Tablo 17:</b> Dünyada Yapımı Devam Etmekte Olan Nükleer Santraller.....	29
<b>Tablo 18:</b> Dünya Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı .....	41
<b>Tablo 19:</b> Jeotermal Enerjinin Sıcaklıklarına Göre Kullanım Alanları.....	44
<b>Tablo 20:</b> Ülkelere Göre Jeotermal Enerjinin Net Kurulu Gücü .....	46
<b>Tablo 21:</b> Klasik ve Modern Biyokütle Ayrımı .....	48
<b>Tablo 22:</b> Dünya Hidrojen Kullanım Alanları .....	57
<b>Tablo 23:</b> Küresel Okyanus Enerjisinin Potansiyeli .....	62
<b>Tablo 24:</b> Ülkeler Bazında Okyanus Enerjisinin Kurulu Gücü .....	63
<b>Tablo 25:</b> Ülkeler Bazında Planlanmış Okyanus Enerjisi Gücü .....	63
<b>Tablo 26:</b> 2017 Yılındaki Türkiye Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı .....	69

<b>Tablo 27:</b> Güneş Enerjisi Santrallerinin Sayısında ve Kurulu Gücündeki Değişim .....	73
<b>Tablo 28:</b> Türkiye’de Güneş Enerjisinin Durumu.....	74
<b>Tablo 29:</b> REPA’ ya göre Türkiye Rüzgâr Potansiyeli .....	76
<b>Tablo 30:</b> Türkiye’de Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı .....	81
<b>Tablo 31:</b> Bitkisel Üretim Sonucunda Ortaya Çıkan Atıklar ve Enerji Değerleri.....	84
<b>Tablo 32:</b> Hayvansal Atık Miktarları ve Elde Edilebilecek Enerji .....	84
<b>Tablo 33:</b> Belediye Atıkları.....	86
<b>Tablo 34:</b> Türkiye’de Biyokütle Üretimi .....	87
<b>Tablo 35:</b> Türkiye’de Yerli Kaynaklardan Üretilen Elektrik Enerjisinin Toplam Üretim İçindeki Payı.....	101
<b>Tablo 36:</b> Türkiye Elektrik Üretimi ve Tüketimi .....	106
<b>Tablo 37:</b> 2002-2017 Dönemi Cari Açık ve Enerji İthalatı.....	109
<b>Tablo 38:</b> 1990 – 2017 Dönemi Sera Gazı Emisyonları .....	121
<b>Tablo 40:</b> Betimleyici İstatistikler.....	136
<b>Tablo 41:</b> ADF Birim Kök Test Sonuçları .....	138
<b>Tablo 42:</b> PP Birim Kök Test Sonuçları.....	138
<b>Tablo 43:</b> ARDL Eşbütünleşme Test Sonuçları .....	139
<b>Tablo 44:</b> Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları .....	139
<b>Tablo 45:</b> Kısa ve Uzun Dönem Sonuçlar.....	140
<b>Tablo 46:</b> Doğa Üzerindeki Reel Baskının Varyans Ayrıştırması .....	142
<b>Tablo 47:</b> Finansal Gelişmenin Varyans Ayrıştırması .....	143
<b>Tablo 48:</b> Kişi Başı Reel GSYH’nın Varyans Ayrıştırması.....	144
<b>Tablo 49:</b> Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen Enerjinin Varyans Ayrıştırması .....	145
<b>Tablo 50:</b> Kişi Başı Reel GSYH’nın Karesinin Varyans Ayrıştırması ....	146
<b>Tablo 51:</b> Dışa Açıklık’ın Varyans Ayrıştırması .....	146



## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 1:</b> Küresel Birincil Enerji Tüketimi.....	8
<b>Şekil 2:</b> Dünya Kömür Rezervlerinin Bölgeler İtibariyle Dağılımı.....	12
<b>Şekil 3:</b> 2015 Yılı İtibariyle Dünya İspatlanmış Doğal Gaz Rezervleri Dağılımı .....	21
<b>Şekil 4:</b> Ülkelerin Elektrik Üretiminde Nükleer Enerjinin Payı .....	28
<b>Şekil 5:</b> Dünya Güneş Işınım Haritası .....	35
<b>Şekil 6:</b> Dünya Kümülatif PV Kurulu Güç Kapasitesi .....	36
<b>Şekil 7:</b> 2015 Yılı İtibari İle Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı .	36
<b>Şekil 8:</b> Dünya Teknik Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Kıtalaraya Göre Dağılımı .....	40
<b>Şekil 9:</b> Küresel Kümülatif Rüzgâr Enerjisinin Kurulu Gücü.....	40
<b>Şekil 10:</b> 2016 Yılı İtibari İle Dünya Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı .....	41
<b>Şekil 11:</b> Küresel Jeotermal Kurulu Gücünün Yıllara Göre Dağılımı.....	45
<b>Şekil 12:</b> Biyoyakıt Üretimine Bölgelere ve Yıllara Göre Dağılımı .....	52
<b>Şekil 13:</b> Bölgelere Göre Hidroelektrik Kurulu Gücü .....	55
<b>Şekil 14:</b> Türkiye’de Toplam Enerji Üretimine Kaynaklara Göre Gelişimi .....	68
<b>Şekil 15:</b> 2017 Yılındaki Türkiye Elektrik Üretimine Kaynaklara Göre Dağılımı .....	69
<b>Şekil 16:</b> Türkiye’nin Günlük Güneşlenme Süreleri .....	70
<b>Şekil 17:</b> Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası .....	71
<b>Şekil 18:</b> Türkiye Global Radyasyon Değerleri.....	72
<b>Şekil 19:</b> Güneş Enerjisindeki Kurulu Gücün Dağılımı .....	73
<b>Şekil 20:</b> Türkiye Rüzgâr Atlası (REPA) .....	75

<b>Şekil 21:</b> Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücünün Bölgelere Göre Dağılımı .....	76
<b>Şekil 22:</b> Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Santralleri .....	77
<b>Şekil 23:</b> Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Yıllık Kurulum....	78
<b>Şekil 24:</b> Jeotermal Kaynaklar ve Volkanik Alanlar Haritası .....	79
<b>Şekil 25:</b> Jeotermal Kaynakların Dağılımı ve Uygulama Alanları .....	80
<b>Şekil 26:</b> 1984-2020 Jeotermal Kurulu Gücü .....	81
<b>Şekil 27:</b> Türkiye’nin Toplam Biyokütle Potansiyeli .....	83
<b>Şekil 28:</b> Türkiye Orman Varlığı Haritası .....	85
<b>Şekil 29:</b> Türkiye’nin Drenaj Havzalarını Gösteren Harita .....	89
<b>Şekil 30:</b> Türkiye’nin Hidroelektrik Potansiyel Haritası .....	90
<b>Şekil 31:</b> Türkiye Hidroelektrik Üretiminin Toplam Enerji Üretimi İçindeki Payı.....	91
<b>Şekil 32:</b> Türkiye Toplam Elektrik Üretimi İçindeki Yerli ve İthal Kaynaklı Elektrik Enerjisi Üretimine Payı.....	102
<b>Şekil 33:</b> Türkiye’nin Birincil Enerjide Dışa Bağımlılığı.....	102
<b>Şekil 34:</b> Türkiye Enerji İthalatının Kaynaklara Göre Dağılımı .....	103
<b>Şekil 35:</b> Türkiye Elektrik Tüketiminin Bir Önceki Yıla Göre Değişimi .	107
<b>Şekil 36:</b> Türkiye Ekonomisinin Büyüme Hızı .....	107
<b>Şekil 37:</b> Cari İşlemler Dengesi .....	111
<b>Şekil 38:</b> 2017 Yılı Sektörlere Göre Toplam Sera Gazı Emisyonları.....	122
<b>Şekil 39:</b> Cusum ve Cusum Square Sonuçları .....	142

## GİRİŞ

Enerji kavramı, ilk insanlardan günümüze kadar önemini koruyan bir konudur. İlk insanlar ısınma, aydınlanma ve pişirme gibi ihtiyaçları için odunumsu bitkilerin yakılması sonucunda ortaya çıkan enerjiden; taşıma, kaldırma ve avlanma gibi ihtiyaçları için ise vücutlarındaki enerjiden yararlanmaktaydı.

İnsanların çoğalması, iş bölümü ve uzmanlaşma gibi olguların ortaya çıkması, üretim ve üretim için enerjiye olan ihtiyacı artırmıştır. 1800'lerde buharlı makinaların icadı ile enerji kavramının ifade ettikleri ve enerjinin bileşenleri önemli ölçüde değişmiştir. Sanayi devriminden sonra artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için özellikle kömür ve petrol gibi fosil enerji kaynakları önem kazanmış ve kullanımı yaygınlaşmıştır. Sanayileşme ve üretim alanlarında rekabetin başlaması, fosil enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararların göz ardı edilmesine sebep olmuştur. Ayrıca fosil enerji kaynaklarının yeryüzüne adil bir şekilde dağılmaması, enerji kayağı bakımından zengin ama savunmasız ülkelerin sömürülmesi problemini doğurmuştur.

Günümüz modern ve endüstrileşmiş toplumlarda teknolojik gelişme, ekonomik göstergeler ve savunma, ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirlemektedir. Sürdürülebilir bir gelişme için gerekli olan en önemli kaynak ise enerjidir. Çünkü enerji, sürdürülebilir bir üretim için girdi, kalkınma için itici bir güç ve refahı artırıcı bir unsurdur. Bunun için günümüz modern toplumların da enerjiye olan ilgisi büyüktür. Buna ek olarak artık enerji kaynakları tercih edilirken sadece üretim miktarına değil, çevreye olan etkisine ve sürdürülebilir olmalarına da dikkat edilmektedir. Tam da bu noktada yenilenebilir enerji kaynakları daha önemli hale gelmektedir.

Fosil enerji kaynaklarının aksine yenilenebilir enerji kaynakları çevre dostu, doğada hızlı bir şekilde yenilenmesi sonucunda sürdürülebilir, kaynak olarak sınırsız ve yeryüzüne daha adil dağılan enerji kaynaklarıdır.

Bunlardan dolayı günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır.

Bu çalışmanın amacı 1972-2015 dönemi Türkiye ekonomisi için kişi başına doğa üzerindeki reel baskı, kişi başı reel GSYH, kişi başı GSYH'nın karesi, finansal gelişme, dışa açıklık ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin toplam enerjiye oranı değişkenleri arasındaki kısa ve uzun dönem dinamikleri analiz etmektir. Çalışmada bu amaç için Johansen eş bütünleşme testi, ARDL sınır testi ve varyans ayrıştırma analizlerinden yıllık veriler kullanılarak yararlanılmaktadır.

Çalışmamızın birinci bölümüne enerji kavramı ve tarihçesiyle başlanmıştır. Ardından fosil enerji kaynakları, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere tüm enerji kaynakları ve çeşitleri anlatılmıştır. Bu enerji kaynaklarının dünya üzerindeki rezervleri, üretim ve tüketim miktarları ve kalan ömürleri de belirtilmiştir. Ayrıca bu bölümde anlatılan enerji kaynaklarının olumlu ve olumsuz yönleri ise enerji kaynakları arasında kıyas yapabilme imkânı sunmaktadır.

Çalışmamızın ikinci bölümünde tüm enerji kaynakları Türkiye açısından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme yapılırken ise enerji kaynaklarının Türkiye'deki potansiyeli, üretim ve tüketim miktarları ve toplam enerji üretimindeki payları göz önünde bulundurulmuştur.

Çalışmamızın üçüncü bölümünde Türkiye'de enerji kaynaklarının ekonomi ve çevre üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ekonomi üzerindeki etkileri incelenirken enerjide dışa bağımlılık, enerji-büyüme ilişkisi, cari açık ve istihdam konuları ele alınmıştır. Çevre üzerindeki etkileri ise küresel ısınma, iklim değişikliği, su ve toprak kirliliği ve radyoaktif konuları üzerinden açıklanmıştır.

Çalışmamızın son bölümünde, ilk üç bölümde anlatılanlar 1972-2015 dönemini kapsayan ekonometrik model ile desteklenmiştir. Değişkenler olarak; kişi başı reel GSYH, finansal gelişme, doğa üzerindeki reel baskı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji içerisindeki oranı belirlenmiştir. Ayrıca doğa üzerindeki reel baskı değişkeni, kişi başına karbondioksit hasarı, kişi başına mineral sömürüsü, kişi başına enerji

tüketimi ve kişi başına net orman sömürüsü değişkenleri hesaplanmıştır. Yukarıdaki değişkenlerin çevreye verilen zararlarla olan ilişkileri ise model ile ortaya koyulmuştur.

Bizim çalışmamız;

- Enerji kaynaklarını bir bütün olarak incelemekte ve bunu yaparken de dünya ve Türkiye potansiyellerini ayrı ayrı incelemektedir,
- Enerji kaynaklarının çevre ve ekonomiye olan etkilerini araştırmakta ve enerji kaynakları arasında kıyas yapabileme imkânı sunmaktadır,
- Türkiye için yapılan zaman serileri çalışmaları içerisinde ulaşılabilen en güncel veri setini ile hazırlanmıştır,
- Johansen ve ARDL olmak üzere iki farklı eş bütünleşme tekniği kullanılarak hazırlanmış ve eş bütünleşme testlerinin yanı sıra varyans ayrıştırma analizi kullanılmıştır. Ayrıca değişkenlerimiz arasındaki uzun dönem ilişki karşılaştırılmalı olarak test edilmiştir.



## 1. BÖLÜM

### ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji, fiziksel alanda iş yapabilme gücü ve kapasitesi olarak tanımlanmıştır. Herhangi bir maddenin bir yerden başka bir yere hareket edebilmesi veya bir madde normundan başka bir madde normuna dönüşebilmesi için enerjiye ihtiyacı vardır. Enerjinin soyut bir kavram olmasına karşılık; bir iş için gerekli olan enerji miktarını hesaplamak ve harcanan enerjiyi ölçmek mümkündür. Bir eşyayı kaldırmak, bir arabayı hareket ettirmek veya bir ütüü çalıştırmak için belirli bir enerjiye ihtiyaç vardır. Bu bağlamda düşünüldüğünde, bir cismin hareket etmesi veya yer değiştirmesi enerji ile mümkündür.

Enerji; potansiyel, kinetik, ısı, ışık, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi gibi şekillerde bulunabilir ve bu enerji türleri de birbirlerine dönüştürülebilir (Ertaş, 2011: 84-87). Enerjinin Korunumu Yasası'na göre, bir enerji başka bir enerjiye dönüştürülebilir; fakat izole edilmiş bir durumda enerji asla yok olmaz. Genel olarak düşünüldüğünde; evrenin toplam enerji miktarı değişmez, sadece enerjinin şekli ve yeri değişir. Başka bir deyişle, izole edilmiş ve dengeli bir sistemde enerji girdisi ve çıktısı birbirine eşittir (Ertürk, 1996: 15).

Enerjinin günümüzdeki önemi göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. İnsan vücudunun yürümek, koşmak, konuşmak, düşünmek gibi temel aktiviteleri yapmak için enerjiye ihtiyaç duyması gibi; günümüz modern toplumları da enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Elektrik, doğalgaz, kömür, petrol gibi enerji kaynaklarını günlük yaşamımızdan çok kısa bir süreliğine bile çıkardığımızda, günlük yaşamın felç olması ve üretim, ulaşım, haberleşme, aydınlanma gibi en temel ve basit bazı ihtiyaçlardan yoksun kalmamız kaçınılmazdır.

Bunlara ek olarak enerji, bir ülkenin üretimde kullanması gereken zorunlu bir girdidir. Ülkeler kalkınmak, gelişmek ve vatandaşlarının refahını artırmak için üretim yaparlar ve dolayısıyla enerjiye ihtiyaç duyarlar.

Buradan da anlaşılacağı üzere enerji, aynı zamanda, ülkelerin gelişmesi ve kalkınması için de gerekli bir unsurdur.

### **1.1. Enerjinin Tarihsel Gelişimi**

Tarihin ilk zamanlarına bakıldığında; insanlar yaşamlarını sürdürebilmek için avcılık ve toplayıcılık yapmışlar ve bunun için belirli bir miktar enerjiye ihtiyaç duymuşlardır. İhtiyaçları olan enerjiyi ise kendi bedenlerinden karşılamışlardır. Başka bir deyişle, ilk insanlar yaşamlarını sürdürebilmek için kendi bedensel enerjilerini kullanmışlardır. Yerleşik hayata geçilmesi ve ardından üretime başlanması ile insan bedenlerinden sağlanan enerji yetersiz kalmıştır. Bundan dolayı hayvanların enerjisinden de faydalanmıştır. Sanayileşmenin başlamasının ardından ise daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmuştur. Böylece insanoğlu, enerji gereksinimini karşılayabilmek için ulaşılması ve dönüştürülmesi kolay kaynakları tercih etmiştir. Bu nedenle, fosil enerji kaynakları enerji üretimi için tercih edilen kaynakların başında gelmiştir.

Sanayi devrimi ile birlikte artan nüfus ve makineleşme, enerjiye olan ihtiyacı artırmıştır. Sanayi sektöründe ve ekonomik anlamda gelişme sağlanırken fosil kökenli kaynakların aşırı kullanımı ve çevreye vermiş olduğu zararlar tam olarak anlaşılammıştır. On dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısından itibaren dünyaya hâkim olan kapitalist sistemle birlikte, “daha çok üretim ve daha çok tüketim” anlayışının yaygınlaşması ile enerji talebi daha da körüklenmiştir. Kapitalizm görüşünün hakim olduğu ilk yıllarda üretim odaklı görüş benimsenmiştir. Üretimin artırılması için enerji kaynaklarının verimli kullanılması geri planlara atılmış başka bir deyişle göz ardı edilmiştir. Ancak post modern yaklaşımla birlikte enerjiye bakış açısı değişmiştir. Artık enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması ve enerji arz güvenliliği konuları önem kazanmaya başlamıştır.

Günümüz ise bir enerji kaynağı tercih edileceğinde ekonomik şartların yanında çevresel, siyasi, toplumsal ve hukuksal kriterler de göz önünde bulundurulmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, alternatif enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji kaynaklarının daha önemli ve daha yaygın hale gelmektedir.



## 1.2. Enerji Kaynakları ve Sınıflandırılması

Enerji kaynakları, herhangi bir yolla veya yöntemle enerji üretilmesini sağlayan kaynaklar olarak tanımlanmaktadır.(Ertaş, 2011: 87). Enerji, üretildiği kaynaklar açısından değerlendirildiğinde, yenilenemez enerji ve yenilenebilir enerji olmak üzere iki gruba ayrılır.

**Yenilenemez Enerji Kaynakları:** Yenilenemez enerji kaynakları da kendi içinde ikiye ayrılır. Bunlar; petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil kaynaklar ve nükleer enerjidir. Bu kaynaklar, dünya üzerindeki rezervleri sınırlı ve tükenme olasılığı olduğu için yenilenemez enerji kaynakları olarak isimlendirilmiştir. Bu kaynakların tüketimi, oluşumundan çok daha hızlıdır. Şöyle ki; bir birim kömür veya doğalgazın oluşumu milyonlarca yıl sürerken tüketimi birkaç saat içinde gerçekleşmektedir.

**Yenilenebilir Enerji Kaynakları:** Doğada sürekli olarak devam eden ve doğal süreçlerden elde edilen enerji çeşididir. Güneş ışığı, jeotermal, hidrojen ve okyanus kökenli enerjiler yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek olarak verilebilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kendini yenileme süresi, tüketilme süresinden çok daha kısadır. Bir başka deyişle bu kaynaklar yenilenebilir olma özelliği ile tükenmeyen kaynaklardır.

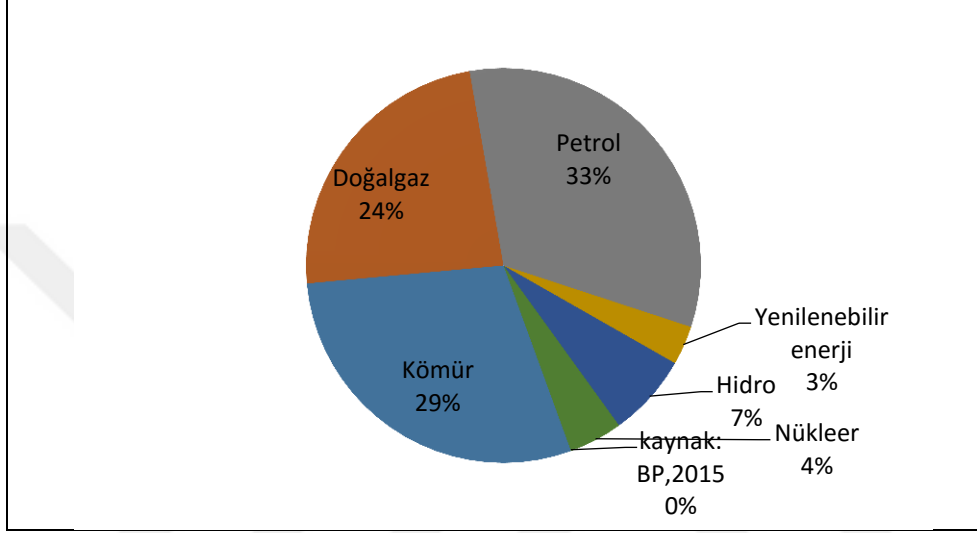
**Tablo 1:** Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Enerji Kaynakları	
<b>Kullanışlarına Göre</b>	<b>Dönüştürülebilirliklerine Göre</b>
<b>A) Yenilenemez (Tükenir)</b>	<b>A) Birincil (Primer)</b>
<b>a) Fosil Kaynaklı</b> -Kömür -Petrol -Doğal Gaz	-Kömür -Petrol -Doğal gaz -Nükleer -Biyokütle -Hidrolik -Güneş -Rüzgâr -Dalga, Gel-Git
<b>b) Çekirdek Kaynaklı</b> -Uranyum -Toryum	<b>B) İkincil (Sekonder)</b>
<b>B)Yenilenebilir (Tükenmez)</b> -Hidrolik -Güneş -Biyokütle -Rüzgâr -Jeotermal -Dalga, gel-git -Hidrojen	-Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin -İkincil Kömür* -Kok, Petrokok -Hava Gazı -Sıvılaştırılmış Petrol Gazı

\*Kömür tozlarının preslenmesiyle elde edilen briket kömürü ve mangal kömürü gibi çeşitleri kapsamaktadır.

**Kaynak:** (Koç ve Şenel, 2013:1)

Bugün dünya üzerinde tüketilen enerji birçok kaynaktan üretilirken; petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil enerji kaynakları bunların %87'sini oluşturmaktadır. Dünya birincil enerji tüketiminin %33'lük payla en büyük kısmını oluşturan petrol, özellikle ulaştırma alanında kullanılmaktadır. Petrolü takip eden doğalgaz ve kömür ise genel itibariyle elektrik üretiminde kullanılmaktadır (TP, 2017: 6).



Şekil 1: Küresel Birincil Enerji Tüketimi  
Kaynak: BP, 2015

Enerji kaynaklarının bir diğer sınıflandırılma yöntemi ise birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde yapılmaktadır.

**Birincil Enerji Kaynakları:** Doğada hazır olarak bulunan, başka bir enerji birimine çevrilmeden kullanılabilen enerji kaynaklarıdır. Petrol, kömür, güneş gibi kaynaklar birincil enerji kaynaklarına örnek olarak verilebilir. Birincil enerji kaynakları doğrudan kullanılabilirdiği gibi başka bir enerji birimine çevrilerek de kullanılabilir. Başka bir deyişle, birincil enerji kaynakları ikincil enerji kaynağı olarak da kullanılabilir. Bunlara ilave olarak, birincil enerji kaynakları da kendi içinde yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılırlar (Gülay, 2008: 4).

**İkincil Enerji Kaynakları:** Doğada hazır olarak bulunmayan, bir işlem sonucunda elde edilmiş enerji kaynaklarıdır. Elektrik enerjisi, hidrolik enerjisi ve nükleer enerji ikincil enerji kaynaklarına örnek olarak verilebilir. İkincil enerji kaynaklarını elde etmek için birincil enerji kaynaklarına ve bu kaynakları işleyecek yüksek teknolojiye ihtiyaç vardır.

### 1.2.1. Fosil Enerji Kaynakları

Doğada katı, sıvı ve gaz halinde bulunan fosil enerji kaynakları; bitki ve hayvan kalıntılarının toprak altında, oksijensiz bir ortamda, milyonlarca yıl yüksek derecede ısı ve basınca maruz kalmasıyla oluşmaktadır. Kömür, petrol ve doğalgaz; fosil enerji kaynaklarına birer örnektir. Bu kaynakların kullanılması ise belirli derecede çevresel sorunlara yol açmaktadır. Aşağıda bu enerji kaynakları hakkında teknik ve güncel bilgiler verilmektedir.

#### 1.2.1.1. Kömür

Yanabilen organik bir kaya olan kömür, hayvan ve bitki kalıntılarının toprağın derinliklerinde ısı ve basınca maruz kalarak birtakım fiziksel ve kimyasal dönüşümlere uğramasıyla meydana gelmektedir. Bu süreç milyonlarca yılda (15 milyon ile 400 milyon yıl arasında) tamamlanmaktadır. Genel itibariyle yaşlı kömürler daha kalitelidir.

**Tablo 2:** Fosil Yakıtların Kalan Ömürleri (Yıl)

Bölge	Petrol	Doğal Gaz	Kömür
Kuzey Amerika	33,1	13	276
Orta ve Güney Amerika	117	42,5	150
Avrupa & Asya	24,4	57,4	273
Ortadoğu	73,1	129,5	123
Afrika	42,2	66,4	123
Asya & Pasifik	14	28,1	51
<b>TOPLAM DÜNYA</b>	<b>50,7</b>	<b>52,8</b>	<b>114</b>
Avrupa Birliği	10,1	10,8	112
OECD	29,7	15,1	206
Eski Sovyet Ülkeleri	27,8	71,3	435

**Kaynak:** TTK Sektör Raporu, 2016

Tablo 2’de dünya fosil enerji kaynaklarının kalan ömürleri verilmiştir. Tablodan, kanıtlanmış kömür rezervinin 114, kanıtlanmış doğalgaz rezervinin 52,8 ve kanıtlanmış petrol rezervinin 50,7 yıl sonra tükeneceği görülmektedir. Enerji kaynaklarının kalan ömrü, devletler ve insanlık tarihi açısından düşünüldüğünde çok kısadır.

Sanayi devrimi döneminde enerji kaynağının temelini oluşturan kömür, yıllar sonra dahi enerji kaynaklarının ilk sıralarındadır. Diğer fosil enerji kaynaklarının aksine kömür, dünya geneline yayılmış ve nispeten bol miktardadır ve Tablo 2’ye bakıldığında bu durum açık bir şekilde görülebilmektedir. Sera etkisi nedeniyle tercih edilmek istenmemesine

karşılık, dünya rezervleri açısından en uzun dayanacak fosil enerji kaynağı kömürdür (Gezer, 2013: 8).

**Tablo 3:** Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması

<b>Taş Kömürü</b> (5700 Kcal/kg'dan yüksek)	<b>Kahverengi Kömürler</b> (5700 Kcal/kg'dan düşük)
1. Koklaşabilir Kömürler 2. Koklaşmayan Kömürler -Bitümlü Kömürler -Antrasit	1. Alt Bitümlü Kömürler 2. Linyit

**Kaynak:** Erdoğan, 2014: 45

Kömürler özelliklerine göre düşük kalorili kömürler (liniyit, alt bitümlü kömür) ve taş kömürü (bitümlü kömür ve antrasit) diye iki kısma ayrılır. Bunlardan linyit ve altbitümlü kömürler yumuşak ve kırılıgandır, görünümleri mattır ve ayrıca kalorileri düşüktür. Bu kömür türleri göreceli olarak yüksek neme sahip olup içerdikleri karbon oranı ise düşüktür. Antrasit ve bitümlü kömürler ise serttir, görünümleri daha parlaktır ve ayrıca kalorileri de yüksektir. İçerdikleri nem oranları düşük olup karbon oranları yüksektir (ETKB, 2017: 1).

Günlük yaşamda ve üretimde önemli bir yeri olan kömür; demir-çelik ve çimento gibi ağır sanayi fabrikalarında, elektrik üretiminde, buhar üretiminde ve ısınma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda kömür üretimindeki artışın arkasında, büyük oranda, Hindistan ve Çin gibi Asya ülkelerinin artan elektrik talebi vardır.

#### *1.2.1.1.1. Dünya kömür rezervi*

Tablo 4'e bakıldığında, dünya toplam kömür rezervinin 891 milyar ton olduğu ve bu toplam rezervin 403 milyar tonunun taşkömürü (antrasit-bitümlü kömür) olduğu görülmektedir.

**Tablo 4:** Dünya Kömür Rezervinin Ülkelere Göre Dağılımı ve Kalan Ömürleri (2015 sonu)

Ülke/Bölge	Antrasit ve Bitümlü (Mt)	Subbitümlü ve Linyit (Mt)	Toplam (Mt)	%	Ömür R/P (Yıl)
ABD	108.501	128.794	237.295	26,6	292
Kanada	3.474	3.108	6.582	0,7	108
Meksika	860	351	1.211	0,1	84
<b>Toplam Kuzey Amerika</b>	<b>112.835</b>	<b>132.253</b>	<b>245.088</b>	<b>27,5</b>	<b>276</b>
Brezilya	-	6.630	6.630	0,7	*
Kolombiya	6.746	-	6.746	0,8	79
Venezüella	479	-	479	0,1	*
Diğer Güney ve Orta Amerika	57	729	786	0,1	244
<b>Toplam Güney &amp;Orta Amerika</b>	<b>7.282</b>	<b>7.359</b>	<b>14.641</b>	<b>1,6</b>	<b>150</b>
Bulgaristan	2	2.364	2.366	0,3	66
Çek Cumhuriyeti	181	871	1.052	0,1	23
Almanya	48	40.500	40.548	4,5	220
Yunanistan	-	3.020	3.020	0,3	63
Macaristan	13	1.647	1.660	0,2	180
Kazakistan	21.500	12.100	33.600	3,8	316
Polonya	4.178	1.287	5.465	0,6	40
Romanya	10	281	291	♦	11
Rusya Federasyonu	49.088	107.922	157.010	17,6	422
İspanya	200	330	530	0,1	173
Türkiye	322	8.380	8.702	1	192
Ukrayna	15.351	18.522	33.873	3,8	*
İngiltere	228	-	228	♦	27
Özbekistan	47	1.853	1.900	0,2	481
Diğer Avrupa & Avrasya	1.389	18.904	20.293	2,3	187
<b>Total Avrupa &amp; Avrasya</b>	<b>92.557</b>	<b>217.981</b>	<b>310.538</b>	<b>34,8</b>	<b>273</b>
Güney Afrika Cum.	30.156	-	30.156	3,4	120
Zimbabve	502	-	502	0,1	121
Diğer Afrika	942	214	1.156	0,1	122
Ortadoğu	1.122	-	1.122	0,1	*
<b>Toplam Ortadoğu ve Afrika</b>	<b>32.722</b>	<b>214</b>	<b>32.936</b>	<b>3,7</b>	<b>123</b>
Avustralya	37.100	39.300	76.400	8,6	158
Çin	62.200	52.300	114.500	12,8	31
Hindistan	56.100	4.500	60.600	6,8	89
Endonezya	-	28.017	28.017	3,1	71
Japonya	337	10	347	♦	296
Yeni Zelanda	33	538	571	0,1	168
Kuzey Kore	300	300	600	0,1	19
Pakistan	-	2.070	2.070	0,2	*
Güney Kore	-	126	126	♦	71
Tayland	-	1.239	1.239	0,1	82
Vietnam	150	-	150	♦	4
Diğer Asya Pasifik	1.583	2.125	3.708	0,4	37
<b>Toplam Asya Pasifik</b>	<b>157.803</b>	<b>130.525</b>	<b>288.328</b>	<b>32,3</b>	<b>53</b>
<b>Dünya</b>	<b>403.199</b>	<b>488.332</b>	<b>891.531</b>	<b>100</b>	<b>114</b>
of which: OECD	155.494	229.321	384.815	43,2	206
Non-OECD	247.705	259.011	506.716	56,8	85
Avrupa Birliği	4.883	51.199	56.082	6,3	112
Eski Sovyetler Birliği	86.725	141.309	228.034	25,6	435

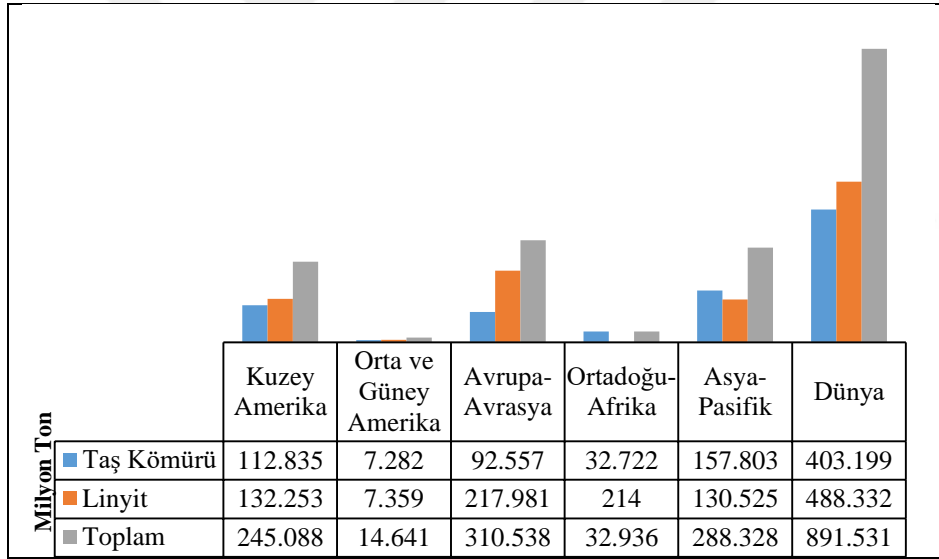
\* 500 yıldan fazla

♦ %0,05'ten küçük

**Kaynak:** TTK Sektör Raporu, 2016

Kömür rezervlerinin diğer fosil enerji kaynaklarına göre daha bol miktarda bulunmasının yanında bir diğer özelliği de dünyanın geneline yayılmış olmasıdır. 100'den fazla ülkeye yayılmış olan kömür, 50'den fazla ülkede üretilmektedir. Ama bu durum, kömür rezervlerinin dünyanın her yerine eşit olarak dağıldığı anlamına gelmemektedir. Çünkü kömür rezervlerinin yaklaşık %75'i beş ülkede bulunmaktadır. Bu ülkeler ise %27,5 ile ABD, %17,6 ile Rusya, %12,8 ile Çin, %8,6 ile Avustralya ve %6,8 ile Hindistan'dır (TTK, 2016: 3).

Dünya kömür rezervlerine bölgeler itibariyle bakıldığında; %32,3'lük bir payın Asya-Pasifik'te, %27,5'lik bir payın Kuzey Amerika'da, %3,7'lik payın Orta Doğu ve Afrika'da, %17,6'lık payın ise Rusya'da bulunduğu görülmektedir.



Şekil 2: Dünya Kömür Rezervlerinin Bölgeler İtibariyle Dağılımı

Kaynak: TTK Sektör Raporu, 2016

#### 1.2.1.1.2. Toplam kömür üretimi ve tüketimi

Dünya taşkömürü üretiminin 2015 yılına kadar arttığı, sonrasında ise önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir. 1990 yılında 3,49 milyar ton olan taşkömürü üretimi 2015 yılında 6,9 milyar ton olmuş ve %102'lik bir artış göstermiştir. Dünya linyit üretiminde ise yıllar itibariyle hafif dalgalanmalar görülmüştür. 2015 yılında, dünya genelinde, toplam linyit üretimi %11 oranında düşüş göstererek 807,4 milyon tona gerilemiştir (TTK, 2016: 8).

**Tablo 5:** Dünya Kömür Üretiminin Yıllara Göre Değişimi (Bin Ton)

Yıllar	Taşkömürü	Linyit
1990	3.497.198	1.181.373
2000	3.608.034	906.809
2008	5.793.967	964.797
2009	5.989.537	913.280
2010	6.298.300	861.000
2011	6.637.600	911.000
2012	6.905.656	888.803
2013	7.140.600	834.000
2014	7.113.800	815.900
2015*	6.901.300	807.400

\*2015 Tahmini Değerler alınmıştır.

**Kaynak:** TTK Sektör Raporu, 2016

Tablo 6'ya göre dünya toplam taşkömürü tüketimi; 2013, 2014 ve 2015 yıllarında, sırasıyla, 7,15 milyar ton, 7,09 milyar ton ve 6,89 milyar ton düzeyinde gerçekleşmiştir.

**Tablo 6:** Ülkelerin Taşkömürü Tüketimleri (Milyon ton)

Ülkeler	2013	2014	2015*
Çin	4.022,4	3.883,4	3.752,5
ABD	770,2	762,6	646,4
Hindistan	759,9	841,7	869,1
Japonya	195,7	188,1	191,5
Kore	127,9	134,9	139,3
Rusya	137,1	133,8	148,0
Polonya	78,7	73,6	71,7
Kazakistan	79,8	78,6	75,9
Almanya	62,7	61,7	62,0
Türkiye	29,0	32,2	36,8
Diğer	893,2	902,2	905,9
<b>Dünya</b>	<b>7.156,6</b>	<b>7.092,8</b>	<b>6.899,1</b>

\*2015 Tahmini Değerler alınmıştır.

**Kaynak:** TTK, 2016: 10

Yıllar itibariyle dünya taşkömürü tüketimi incelendiğinde; Çin'in önemli bir tüketici konumunda olduğu görülmektedir. Ancak, Çin'in taşkömürü tüketimi 2013 yılı itibariyle düşüşe geçmiştir. Yine aynı şekilde, ABD, Polonya ve Kazakistan'ın taşkömürü tüketimi 2013 yılı itibariyle düşüşe geçmiştir. Diğer yandan, Hindistan, Kore ve Türkiye'nin taşkömürü tüketimi ise 2013 yılı itibariyle artışa geçmiştir.

Tablo 7’de, ülkelerin 2013-2015 yılları arasındaki linyit tüketim miktarları verilmiştir. Tabloya bakıldığında; Almanya’nın önemli bir tüketici konumunda olduğu görülmektedir. Almanya, 2015 yılında, dünya toplam linyit tüketiminin %22’sini gerçekleştirmiştir. Ülkemiz ise önemli bir linyit üreticisi olmasının yanında, aynı zamanda önemli bir linyit tüketicisidir (TTK, 2016: 10). Yıllar itibariyle dünya toplam kömür tüketimi değerlendirildiğinde; taşkömürü tüketiminde bir artış yaşanırken, linyit tüketiminde az da olsa bir düşüş görülmektedir.

**Tablo 7:** Ülkelerin Linyit Tüketimleri (Milyon ton)

Ülkeler	2013	2014	2015*
Avustralya	62,3	60,5	65,7
Kanada	8,8	8,0	10,4
Çek Cumhuriyeti	38,9	38,3	38,1
Almanya	182,5	177,0	177,2
Yunanistan	54,4	51,9	48,1
Polonya	65,9	63,8	63,0
Türkiye	55,3	64,7	50,5
ABD	69,7	76,5	66,9
Hindistan	43,9	47,0	43,2
Romanya	25,0	25,4	25,4
Sırbistan	40,3	30,7	38,1
Rusya	73,3	67,3	70,9
Diğer	108,9	107,5	109,3
<b>Dünya</b>	<b>829,2</b>	<b>818,6</b>	<b>806,8</b>
*2015 Tahmini Değerler alınmıştır.			

**Kaynak:** TTK Sektör Raporu, 2016

#### 1.2.1.1.3. Kömür kullanımının olumlu yönleri

Kömür kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (Ersoy, 2004: 6):

- Diğer enerji kaynaklarına göre rezervi daha fazladır ve fiyatları rekabetçi piyasada belirlenir; bu sayede daha ekonomiktir.
- Daha ucuz ve yüksek kalorili bir kaynaktır.
- Rezervlerinin dünya geneline yayılmış olması sebebiyle çok uzun mesafelere taşınması gerekmez.



- Petrol ve doğalgaz gibi diğer fosil enerji kaynaklarının aksine hassas bir taşıma gerektirmez, nakliye işlemleri nispeten daha kolaydır.
- Dış etmenlerden çok fazla etkilenmez ve daha güvenlidir.

#### *1.2.1.1.4. Kömür kullanımının olumsuz yönleri*

Kömür kullanımının olumsuz yönleri ise şu şekilde sıralanabilir (Uyar, 2016):

- Uzun süreli ve yüksek miktarlarda yakılması atmosferdeki karbondioksit oranını artırır ve ekolojik dengenin bozulmasına neden olur.
- Küresel ısınma, iklim değişikliği ve asit yağmurları gibi evrensel sorunlara temel teşkil eder.
- Aşırı kullanımı hava kirliliğine ve buna bağlı solunum yolları hastalıklarına neden olur.
- Kömür kullanımı diğer fosil enerji kaynaklarına göre daha zahmetlidir.

#### *1.2.1.2. Petrol*

Petrol, bitki ve hayvan kalıntılarının milyonlarca yıl toprak altında kalarak ayrışmasıyla ve fosilleşmesiyle meydana gelen bir enerji kaynağıdır. Sudan yoğun, kendine özgü kokusu olan, koyu renkli ve yeraltından çıkarılan yanıcı ve doğal bir yağdır. Petrol, Latince petra ve oleum sözcüklerinin birleşimidir. Petra taş, oleum ise yağ anlamına gelmektedir. Petrol, normal basınç ve sıcaklıkta katı, sıvı ve gaz hallerinde bulunmaktadır. Toprakta çıkarılan ham petrol doğrudan tüketilmez, rafinerilerde işleme sokularak değişik türlere ayrıştırılır. Petrokimya ürünleri (plastik gibi), asfalt, mazot, fuel oil, benzin, gaz yağı, sıvılaştırılmış petrol, gaz (LPG), kayganlaştırıcı maddeler, parafin ve katran ham petrolün işlenmesi sonucunda ortaya çıkan ürünlerdir.

Petrol, eski çağlardan günümüze kadar insanlar tarafından kullanılmıştır. Eski insanlar petrolün yapıştırıcı ve su geçirmezlik özelliklerinden yararlanmışlardır. M.Ö. 1500'lü yıllarda ise aydınlatma ve ısıtma amaçları doğrultusunda kullanılmıştır. İlk petrol kuyusu 4. yüzyılda

Çin’de açılmıştır. Modern anlamda ilk petrol kullanımına ise petrolün damıtılarak ayrıştırılmasıyla ve gaz yağı elde edilmesiyle 1853 yılında başlanmıştır. Ayrıca petrol kuyularının ticari olarak açılması, Kanada’da 1858 yılında açılan petrol kuyusu ile başlamıştır. İçten yanmalı motorlarla birlikte petrole ve petrol ürünlerine olan talep artmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle beraber, günümüzde, petrolden yakıtlar (Benzin, LPG, Jet Yakıtları, Gaz Yağı, Dizel, Fuel Oil, ve Nafta gibi) ve yakıt olmayan (Çeşitli Yağlar, Petrol Konu, Bitüm ve Solventler gibi) ürünler elde edilmektedir (Başergil, 2009: 23–25).

Rafine etme tekniklerinin ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte, petrol türevi kaynaklar 1950’lerden itibaren kömürün yerini almıştır. Ulaştırma, sanayileşme ve günlük hayattaki kullanım yaygınlığı, petrolün önemini gün geçtikçe artırmıştır. Petrol zamanla, sadece bir enerji kaynağı olmaktan çıkmış, devletlerin birbirine karşı kullandığı stratejik bir silah haline gelmiştir ve günümüzde dünyanın en önemli enerji kaynağı durumundadır. Endüstrileşmiş her toplum, ayakta kalmak için yeterli bir miktarda petrole ihtiyaç duymaktadır (Klare, 2005: 45).

**Tablo 8:** Küresel Petrol Rezervinin Kalan Ömrü (2015 Verileri)

<b>Dünya Bölgeleri</b>	<b>Kalan Rezerv Ömrü (yıl)</b>
Orta ve Güney Amerika	117
Orta Doğu	73
Kuzey Amerika	33
Avrupa ve Avrasya	24
Asya Pasifik	14
Afrika	42

**Kaynak:** TP,2017: 10

Petrol rezerv ömrü, elde bulunan mevcut teknoloji ile üretilebilen ispatlanmış rezervlerin mevcut üretime bölünmesiyle bulunur. Bu da demek oluyor ki petrol rezerv ömrü, teknolojik gelişmelerle (ikincil, üçüncül üretim yöntemi, kömürden ve gazdan sıvı yakıt üretimi), talebin değişmesiyle ve yeni rezervlerin keşfiyle artabilmektedir. Tablo 8’deki, petrol rezervlerinin kalan ömrü incelendiğinde; Orta ve Güney Amerika birinci, Orta Doğu ikinci, Afrika üçüncü sırada gelirken; diğer bölgeler Afrika’nın ardından gelmektedir.

#### 1.2.1.2.1. Dünya petrol rezervi

Dünya üzerindeki toplam petrol rezervlerinin dağılımı aşağıdaki Tablo 9'da verilmektedir. 2015 verileriyle oluşturulmuş olan bu tablodaki ham petrol rezervlerinin dağılımına bakıldığında; dünya ham petrol rezerv toplamının 1,7 trilyon varil olduğu görülmektedir. Bu rezervlerin %14'ü Kuzey Amerika'da, %19,4'ü Orta ve Güney Amerika'da, %9,1'i Avrupa ve Avrasya'da, %47,3'ü Orta Doğu'da, %7,6'sı Afrika'da ve %2,5'i Asya Pasifik bölgesinde bulunmaktadır.

Kuzey Amerika bölgesinde Kanada, Orta ve Güney Amerika bölgesinde Venezuela, Orta Doğu bölgesinde Suudi Arabistan, İran ve Irak, dünyanın ispatlanmış en çok ham petrol rezervlerine sahip ülkelerdir ve toplam petrol rezervleri içindeki payları Tablo 9'da gösterilmektedir.

**Tablo 9:** Dünya Petrol Rezervleri (2015 Yılı Verileri)

Bölgeler ve Ülkeler	Milyar Varil	Toplamdaki Payı(%)
<b>Kuzey Amerika</b>	<b>238,0</b>	<b>14,0</b>
ABD	55,0	3,2
Kanada	172,2	10,1
Meksika	10,8	0,6
<b>Orta ve Güney Amerika</b>	<b>329,2</b>	<b>19,4</b>
Venezuela	300,9	17,7
Diğer Ülkeler	28,3	1,7
<b>Avrupa ve Avrasya</b>	<b>155,2</b>	<b>9,1</b>
Rusya	102,4	6,0
Kazakistan	30,0	1,8
Türkmenistan	0,6	0,0
Diğer Ülkeler	22,2	1,3
<b>Orta Doğu</b>	<b>803,5</b>	<b>47,3</b>
Suudi Arabistan	266,6	15,7
İran	157,8	9,3
Irak	143,1	8,4
Kuveyt	101,5	6,0
Katar	25,7	1,5
Diğer Ülkeler	108,8	6,4
<b>Afrika</b>	<b>129,1</b>	<b>7,6</b>
<b>Asya Pasifik</b>	<b>42,6</b>	<b>2,5</b>
Çin	18,5	1,1
Hindistan	5,7	0,3
Diğer Ülkeler	18,4	1,1
<b>Dünya</b>	<b>1.697,6</b>	<b>100,0</b>

**Kaynak:** BOTAŞ 2016 Yılı Sektör Raporu

#### 1.2.1.2.2. Toplam petrol üretimi ve tüketimi

2014 yılında 88,8 milyon varil/gün olarak ölçülen toplam dünya petrol üretimi, 2015 yılında 91,7 milyon varil/gün olmuştur. Üretimin %32,4'ü Orta Doğu'da meydana gelmiştir. Dikkat çekici diğer bir husus ise dünyanın en büyük petrol üreticileri durumunda olan ABD (%8,5), Suudi Arabistan (%4,6) ve Rusya'da (%1,2) üretim artışları meydana gelmesidir. Bu artışlar küresel düzeyde etkili olmuştur. Bunlara ilave olarak, 2015 yılında, İran (%4,5) ve Irak'ta da (%22,9) üretim artmıştır. Daha önce birtakım siyasi nedenlere bağlı olarak üretimlerini artıramayan ülkeler de imkânları oranında üretimlerini artırmaya çalışmışlardır (TP, 2017: 8).

**Tablo 10:** Bölgelere Göre Dünya Petrol Üretim Miktarları (milyon varil/gün)(yaklaşık değerler)

Bölgeler	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Asya Pasifik	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Afrika	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8
Orta Doğu	26	25	26	25	26	28	29	28	29	30
Avrupa ve Avrasya	18	18	18	18	18	17	17	17	17	17
Orta ve Güney Amerika	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8
Kuzey Amerika	14	14	13	13	14	14	16	17	19	20
<b>Toplam</b>	<b>82</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>81</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>89</b>	<b>92</b>

**Kaynak:** TP, 2017: 9

2014 yılında 93,1 milyon varil/gün olarak gerçekleşen toplam dünya petrol tüketimi, 2015 yılında 95 milyon varil/gün olarak gerçekleşmiştir. Bölgeler bazında bakıldığında ise en önemli artışın Asya Pasifik (%4,2) ve Afrika'da (%3,3) meydana geldiği görülmektedir. Küresel petrol tüketiminin %52,5'i OECD dışı ülkeler tarafından, %47,5'i ise OECD ülkeleri tarafından gerçekleştirilmiştir (BOTAŞ, 2016: 9).

**Tablo 11:** Bölgelere Göre Dünya Petrol Tüketim Miktarları (milyon varil/gün)

Bölgeler	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Asya Pasifik	25	26	26	26	28	29	30	30	31	32
Afrika	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
Orta Doğu	6	7	7	8	8	8	8	8	9	10
Avrupa ve Avrasya	20	20	20	19	19	19	19	18	18	18
Orta ve Güney Amerika	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7
Kuzey Amerika	25	25	24	23	24	23	23	23	23	24
<b>Toplam</b>	<b>85</b>	<b>87</b>	<b>86</b>	<b>85</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>91</b>	<b>93</b>	<b>95</b>

**Kaynak:** TP, 2017: 9

#### 1.2.1.2.3. *Petrol kullanımının olumlu yönleri*

Petrol kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir:

- Petrol sayesinde günlük hayatımızı kolaylaştıran sayısız plastik malzeme üretilir.
- Petrolden üretilen asfalt yol yapımında kullanılır ve ulaşım ağlarının oluşturulmasını sağlar.
- Uçak ve otomobil gibi petrole çalışan araçlar sayesinde çok uzak mesafelere kısa bir sürede gidilebilir.
- Petrole çalışan sanayi makineleri sayesinde çeşitli alanlarda üretim yapılır.

#### 1.2.1.2.4. *Petrol kullanımının olumsuz yönleri*

Günlük hayatta ve üretim alanlarında petrol kullanımının zararları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Petrol rezervleri dünyanın geneline yayılmış değildir, taşınması ise zahmetli ve masraflıdır.
- Sanayi atıkları hava ve su kirliliğine sebep olur ve bu kirlilik doğal yaşamı olumsuz yönde etkiler.
- Petrol pahalı ve nispeten kıt bir enerji kaynağıdır; petrol fiyatlarındaki küçük bir değişim ekonomileri etkiler.
- Deniz taşıtlarından petrol atıklarının denize atılması ve petrolerin deniz taşımacılığı sırasındaki kazalar nedeniyle denizlere dökülmesi, denizdeki canlı yaşamı olumsuz etkiler.
- Petrol atıklarına maruz kalmış deniz canlılarını yiyen insanlar da bundan olumsuz etkilenir.
- Petrolden elde edilen ürünlerin geri dönüşüm süreçleri çok uzundur; dolayısıyla doğada çok uzun süre kalırlar. Bu ise çevre ve toprak kirliliğinin önemli nedenlerinden biridir.

### 1.2.1.3. Doğal gaz

Fosil enerji kaynaklarından biri olan doğalgaz, yeraltında milyonlarca yıl kalan bitki ve hayvan kalıntılarının uğradığı doğal dönüşüm sürecinde ortaya çıkan yanıcı bir gazdır. Doğal gaz, kaynağından çıkarıldığı şekilde kullanılabilir. Başka bir deyişle, kaynağından çıkarılan doğal gazın kullanılabilmesi için herhangi bir işleme gereksinim yoktur. Gaz halinde olması sebebiyle hava ile daha iyi karışır ve daha kolay yanar, tam yandığında ise mavi renkli bir alev halini alır. Doğal gaz, renksiz ve kokusuzdur ayrıca havadan hafif bir gazdır. Kokusu olmadığından sızıntıların fark edilebilmesi için özel olarak kokulandırılmaktadır.

Kullanım kolaylığı, kontrol kolaylığı, yüksek ısı değeri ve diğer etmenler nedeniyle dünyada doğal gaz kullanımı hızlı bir şekilde artmıştır. Doğal gazın yaklaşık  $-164^{\circ}\text{C}$ 'de atmosferik basınçta sıkıştırılmasıyla *Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG)* elde edilmektedir. Bu sıkıştırma sürecinde doğal gazın hacmi yaklaşık 600 kere küçülmektedir. Doğal gazın kompresör basıncıya sıkıştırılmasıyla da *Sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG)* elde edilmektedir (TMMOB, 2006, 7). Doğalgaz konutlarda ısıtma, soğutma, sıcak su ihtiyacını karşılama ve yemek pişirme amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca küçük atölye ve fırınlarda, demir-çelik, cam, çimento, kiremit ve tekstil gibi üretim kollarında da kullanılmaktadır.

2015 yılı verileri kullanılarak, mevcut rezervin (186,9 trilyon  $\text{m}^3$ ) mevcut üretime (3,54 trilyon  $\text{m}^3$ ) bölünmesiyle, küresel doğal gaz rezervlerinin ömrü 52,8 yıl olarak hesaplanmaktadır (TP,2017: 21). Söz konusu bu ömür, mevcut rezervler ve mevcut teknoloji ile hesaplanmaktadır. Yeni rezervlerin keşfi veya teknolojide meydana gelecek gelişmeler ile rezervlerin kalan ömrü değişebilecektir.

#### 1.2.1.3.1. Dünya doğal gaz rezervi

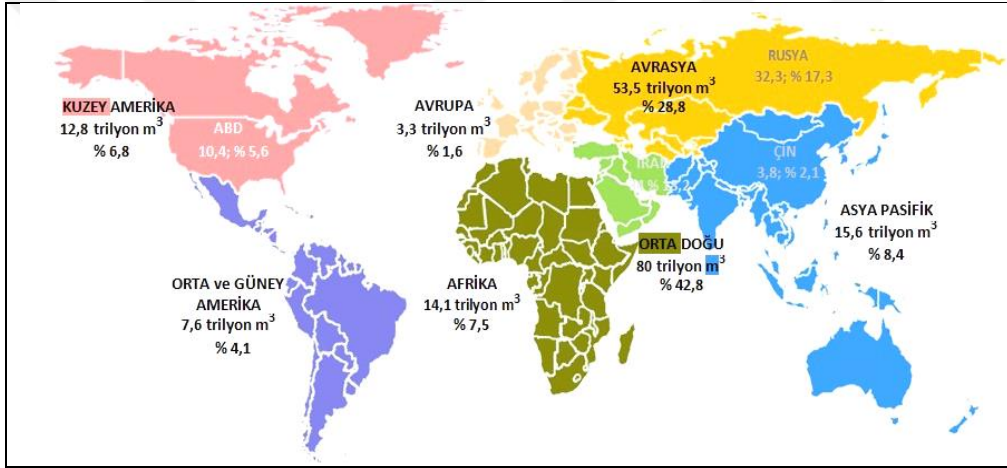
Tablo 12'de gösterilen 2015 yılı doğalgaz rezervleri incelendiğinde, rezervlerin kalan ömrü açısından Orta Doğu Bölgesi'nin birinci, Afrika Bölgesi'nin ikinci ve Avrupa ve Asya Bölgeleri'nin ise üçüncü sırada yer aldığı görülmektedir.

**Tablo 12:** Küresel Doğal Gaz Rezervinin Kalan Ömrü (2015 Verileri)

Dünya Bölgeleri	Kalan Rezerv Ömrü (yıl)
Orta Doğu	130
Afrika	66
Avrupa ve Avrasya	57
Orta ve Güney Amerika	43
Asya Pasifik	28
Kuzey Amerika	13

**Kaynak:** TP, 2017: 21

Doğal gaz rezervlerinin dünya üzerindeki bölgesel dağılımı aşağıdaki haritada (Şekil 3) gösterilmektedir.



**Şekil 3:** 2015 Yılı İtibariyle Dünya İspatlanmış Doğal Gaz Rezervleri Dağılımı

**Kaynak:** TP 2017 Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu

Tablo 13'ten, toplam 186,9 trilyon m<sup>3</sup> olan dünya doğal gaz rezervlerinin %42,8'inin Orta Doğu'da, %30,4'ünün Avrupa ve Avrasya'da, %8,4'ünün Asya Pasifik'te, %7,5'inin Afrika'da, %6,8'inin Kuzey Amerika'da ve %4,1'inin Orta ve Güney Amerika'da bulunduğu görülmektedir. Ülkeler bazında incelendiğinde ise %18,2'lik bir pay ile İran'ın, dünyanın en büyük doğal gaz rezervlerine sahip ülke konumunda olduğu görülmektedir. Bu ülkeyi, %17,3'lük bir pay ile Rusya, %13,1'lik pay ile Katar ve %9,4'lük payı ile Türkmenistan takip etmektedir.

**Tablo 13:** 2015 Yılı İtibarıyla Dünya İspatlanmış Doğal Gaz Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı

Bölge ve Ülkeler	Trilyon m <sup>3</sup>	Toplamdaki Payı (%)
<b>Kuzey Amerika</b>	<b>12,8</b>	<b>6,8</b>
ABD	10,4	5,6
Kanada	2,0	1,1
Meksika	0,4	0,2
<b>Orta ve Güney Amerika</b>	<b>7,6</b>	<b>4,1</b>
Venezuela	5,6	3,0
Diğer Ülkeler	2,0	1,1
<b>Avrupa ve Avrasya</b>	<b>56,8</b>	<b>30,4</b>
Rusya	32,3	17,3
Kazakistan	0,9	0,5
Türkmenistan	17,5	9,4
Diğer Ülkeler	6,1	3,2
<b>Orta Doğu</b>	<b>80,0</b>	<b>42,8</b>
Suudi Arabistan	8,3	4,5
İran	34,0	18,2
Irak	3,7	2,0
Kuveyt	1,8	1,0
Katar	24,5	13,1
Diğer Ülkeler	7,7	4,1
<b>Afrika</b>	<b>14,1</b>	<b>7,5</b>
<b>Asya Pasifik</b>	<b>15,6</b>	<b>8,4</b>
Çin	3,8	2,1
Hindistan	1,5	0,8
Diğer Ülkeler	10,3	5,5
<b>Dünya</b>	<b>186,9</b>	<b>100,0</b>

**Kaynak:** BOTAS, 2016 Sektör Raporu: 7

#### 1.2.1.3.2. Toplam doğalgaz üretimi ve tüketimi

2006-2015 döneminde dünya doğal gaz üretim miktarları Tablo 14'teki gibidir. Küresel doğal gaz üretimi, 2014 yılında 3,46 trilyon m<sup>3</sup> iken, 2015 yılında %2,2 artarak 3,54 trilyon m<sup>3</sup> olmuştur. Özellikle Asya Pasifik (%4,1), Kuzey Amerika (%3,9) ve Orta Doğu'da (%3,1) gerçekleşen üretim artışları, 2015 yılındaki üretim artışını desteklemektedir.

**Tablo 14:** 2006-2015 Dünya Doğal Gaz Üretimi (Milyar m<sup>3</sup>)

Bölgeler	Yıllar									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Asya Pasifik	383	400	417	440	486	484	485	516	535	557
Afrika	192	205	213	200	214	211	216	206	208	212
Orta Doğu	342	371	400	420	479	525	545	588	599	618
Avrupa ve Avrasya	1.041	1.042	1.074	955	1.027	1.034	1.028	1.026	996	990
Orta ve Güney Amerika	154	162	163	159	163	167	174	176	177	178
Kuzey Amerika	770	782	801	807	821	866	894	900	948	984
<b>Toplam</b>	<b>2.882</b>	<b>2.963</b>	<b>3.069</b>	<b>2.981</b>	<b>3.191</b>	<b>3.288</b>	<b>3.343</b>	<b>3.409</b>	<b>3.461</b>	<b>3.539</b>

**Kaynak:** TP, 2017: 19 verileri kullanılarak oluşturulmuştur



2006-2015 dönemindeki dünya doğal gaz tüketim miktarları ise Tablo 15'deki gibidir.

**Tablo 15:** 2006-2015 Dünya Doğal Gaz Tüketimi (Milyar m<sup>3</sup>)

Bölgeler	Yıllar									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Asya Pasifik	424	458	480	498	562	594	627	678	697	701
Afrika	89	96	101	100	108	115	123	123	128	135
Orta Doğu	295	316	347	356	386	403	413	447	461	490
Avrupa ve Avrasya	1.117	1.128	1.134	1.048	1.127	1.099	1.083	1.051	1.006	1.003
Orta ve Güney Amerika	136	143	144	139	148	152	162	166	170	175
Kuzey Amerika	778	814	821	816	850	871	903	928	947	964
<b>Toplam</b>	<b>2.840</b>	<b>2.954</b>	<b>3.028</b>	<b>2.957</b>	<b>3.181</b>	<b>3.233</b>	<b>3.311</b>	<b>3.381</b>	<b>3.410</b>	<b>3.469</b>

**Kaynak:** TP, 2017: 22 verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

2015 yılındaki dünya toplam doğal gaz talebi, 2014 yılına göre %1,7 artarak 3,4 trilyon m<sup>3</sup> olmuştur. 2015'teki bu talep artışı, özellikle Orta Doğu'dan (%6,2) ve Afrika'dan (%5,5) kaynaklanmıştır. Kuzey Amerika'daki (%1,9), Orta ve Güney Amerika'daki (%3,1) ve Asya Pasifik'teki (%0,5) talep artışları ise sınırlı olmuştur. Avrupa ve Avrasya'nın talebinde ise %0,3 oranında bir azalma görülmüştür. Bunun nedeni, Avrupa Birliği'nin azalan gaz talebidir (Tablo 15).

#### 1.2.1.3.3. Doğal gaz kullanımının olumlu yönleri

Günlük hayatta ve üretim alanlarında doğal gaz kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (TMMOB, 2006, 7)(UGETAM, 2016: 21):

- Doğal gaz diğer fosil enerji kaynaklarının aksine çevreyle daha uyumlu, hava kirliliğine neden olmayan ve doğaya zarar vermeyen bir enerji kaynağıdır.
- Diğer fosil enerji kaynaklarına göre daha ekonomik ve zahmetsizdir.
- Gaz halinde olması sebebiyle havayla daha iyi karışır ve kolay yanar.
- Yeraltından çıkarıldığı gibi kullanılabilir; ekstra işlemler gerektirmez.
- Doğal gazlı sistemlerde yakıt kaybı çok azdır; çünkü yapıları hassas ayarlar içerir.

- Aynı yakıt kalitesi uzun zaman dilimlerinde devam eder.
- Doğal gaz tesislerinin bakım masrafları bir hayli düşüktür.
- Yanmasının ardından, kurum, is gibi atıklar bırakmadığından; ısı transfer yüzeyleri temiz kalır.

#### *1.2.1.3.4. Doğal gaz kullanımının olumsuz yönleri*

Doğal gaz kullanımının olumsuz yönleri de şu şekilde sıralanabilir (UGETAM, 2016; 22):

- Doğal gaz rezervleri dünyanın geneline yayılmış değildir. Bu nedenle, doğal gaz rezervi bulunmayan ülkeler bu konuda dışa bağımlı durumdadırlar.
- Gaz halinde bulunmasından dolayı, kullanımında ve taşımacılığında ekstra dikkat ister. Meydana gelecek kazalar ağır hasara neden olmaktadır.
- Doğal gaz kullanımında meydana gelecek kaçak durumunda, solunum yetmezliğine bağlı olarak ölümler meydana gelmektedir.

#### **1.2.2. Nükleer Enerji**

Nükleer enerji, fosil enerji kaynakları içinde ele alınamayan, fakat yenilenemeyen bir enerji kaynağıdır. Nükleer enerji veya çekirdek enerjisi, atomun çekirdeğinden temelde iki yöntem ile elde edilmektedir. Birinci yöntem füzyondur, yani küçük atomların (hidrojen) birleştirilmesi işlemidir. İkinci yöntem ise fisyon, yani büyük atomların (uranyum, plüton) parçalanması işlemidir (Karadaş, 2008: 88). Nükleer reaktörler (santraller), nükleer enerjiden elektrik enerjisi üreten sistemlerdir. Sistemin işlemesiyle; fisyon sonucunda elde edilen nükleer enerji ısı enerjisine dönüşmektedir. Ortaya çıkan bu ısı enerjisi kinetik enerjiye, kinetik enerji ise elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Termik santrallerdeki elektrik üretimi ile nükleer santrallerdeki elektrik üretimi arasındaki temel fark, meydana getirilen ısının kaynağıdır. Belirli bir derecede sıcaklık elde etmek için termik santrallerde katı, sıvı veya gaz yakıtlar kullanılırken; nükleer santrallerde atomun kontrollü bir şekilde

parçalanması sırasında açığa çıkan yüksek ısıdan yararlanılmaktadır (Bozkurt, 2008: 54).

Atom çekirdeğinin parçalanmasıyla büyük miktarlarda enerjinin meydana çıktığı 1939 yılında keşfedilmiş ve bu ortaya çıkan enerji ile 1951 yılında ilk defa ABD’de elektrik üretilmiştir. Ticari anlamda ilk santraller ise 1954 yılında Sovyetler Birliği’nde kurulmuştur (ETKB, 2011: 16). 1953 yılında İngiltere’de, 1956 yılında Fransa’da ve 1961 yılında Almanya’da nükleer enerji ile elektrik üretimine başlanmıştır. 1973 yılında patlak veren petrol krizi ile birlikte nükleer enerjiye olan talep artmaya başlamışken; 1980’li ve 1990’lı yıllarda fosil yakıtların fiyatlarının nispeten düşmesiyle, nükleer enerjiye olan talep azalmıştır (TAEK, 2010).

#### **1.2.2.1. Nükleer enerjinin kullanım alanları**

Nükleer enerji kullanımı günlük hayatta çok çeşitli yerlerde karşımıza çıkmaktadır. Aşağıda nükleer enerjinin günlük hayattaki kullanım alanları sıralanmıştır (<http://nukleerakademi.org>):

**Çevreye Duyarlı Elektrik Üretimi:** Nükleer enerji sayesinde hava koşullarından etkilenmeden, 7 gün 24 saat yüksek miktarda elektrik üretimi yapılmaktadır. Bu elektrik üretimi esnasında karbon emisyonu söz konusu olmamakta ve çevreye zarar verilmemektedir.

**Güvenli Ev ve İş Yerleri:** Ev ve işyerlerini yangın tehlikesinden arındırmak için duman detektörleri kullanılmaktadır. Bu detektörler, içerilerinde bulunan radyoizotoplar sayesinde çalışmaktadır ve radyoizotoplar duman geldiğinde alarmı tetiklemektedir.

**Sağlık Sektörü:** Tıbbi tanı koymak için kullanılan röntgen, ultrason, MR, bilgisayarlı tomografi gibi cihazlarda nükleer teknoloji kullanılmaktadır. Kullanılan cihazların sterilize edilmesi için yine nükleer teknolojiden yararlanılmaktadır. Tanısı konulan kalp ve nörolojik hastalıklar da radyasyondan faydalanılarak tedavi edilmektedir.

**Gıda Sektörü:** Gıda maddelerinin içinde olabilecek bakteri ve küfler radyoaktif ışınlar ile temizlenmekte ve tarımsal tohumlar hastalıklara dirençli hale getirilmektedir.

**Güvenlik ve Emniyet:** İçerisinde radyoaktif maddeler bulunduran modern detektör ve X-ray cihazları ile gümrükler, havaalanları, alışveriş merkezleri ve çeşitli topluluk merkezlerinde güvenlik önlemleri alınmaktadır. Kişilerin üstleri ve valizleri çok kolay bir şekilde aranarak muhtemel tehlikelere karşı önlem alınmaktadır.

**Arkeoloji Alanı:** Arkeologlar, insan ve hayvan fosillerinin, geçmişte kullanılan eşyaların yaşını, ilk insanların beslendiği maddeleri tespit etmek için veya tarihi eserlerin gerçekliğinden emin olmak için radyasyonu ve nükleer teknolojiyi kullanmaktadırlar.

**Doğal Kaynakların Keşfedilmesi:** Yeni su kaynaklarının, petrol ve doğal gaz yataklarının bulunması, potansiyelinin ve maliyetinin hesaplanması için nükleer teknoloji kullanılmaktadır.

**Askeri Araçlar:** Nükleer enerjiyle birlikte askeri uçak, gemi ve denizaltıların yüksek hızda hareket etmesi sağlanmaktadır. Ayrıca nükleer enerji, bu araçlara, diğer enerji türleri ile sağlanan enerjiden daha fazla enerjiyi uzun süreliğine sağlamaktadır. En kötüsü de nükleer silahlar askeri alanlarda kullanılmaktadır.

**Uzay Çalışmaları:** Uzay ve güneş sistemini araştırmak için gönderilen uzay gemileri nükleer enerji ile çalışmaktadırlar. Nükleer yakıtlar, gerekli olan enerjiyi hem daha uzun bir süre için hem de diğer enerji kaynaklarına göre daha az bir bölge işgal ederek sağlamaktadır (www.nukleer.web.tr, 2017).

#### **1.2.2.2. Dünyadaki nükleer enerji kurulu gücü ve kullanımı**

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)'nın Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS) 2016 verilerine göre, dünya üzerinde 33 ülkede toplam 448 nükleer enerji santrali bulunmaktadır. Bu ülkeler ve sahip oldukları nükleer enerji santral sayısı, 1985-2016 dönemi itibarıyla aşağıda, Tablo 16'da gösterilmektedir:

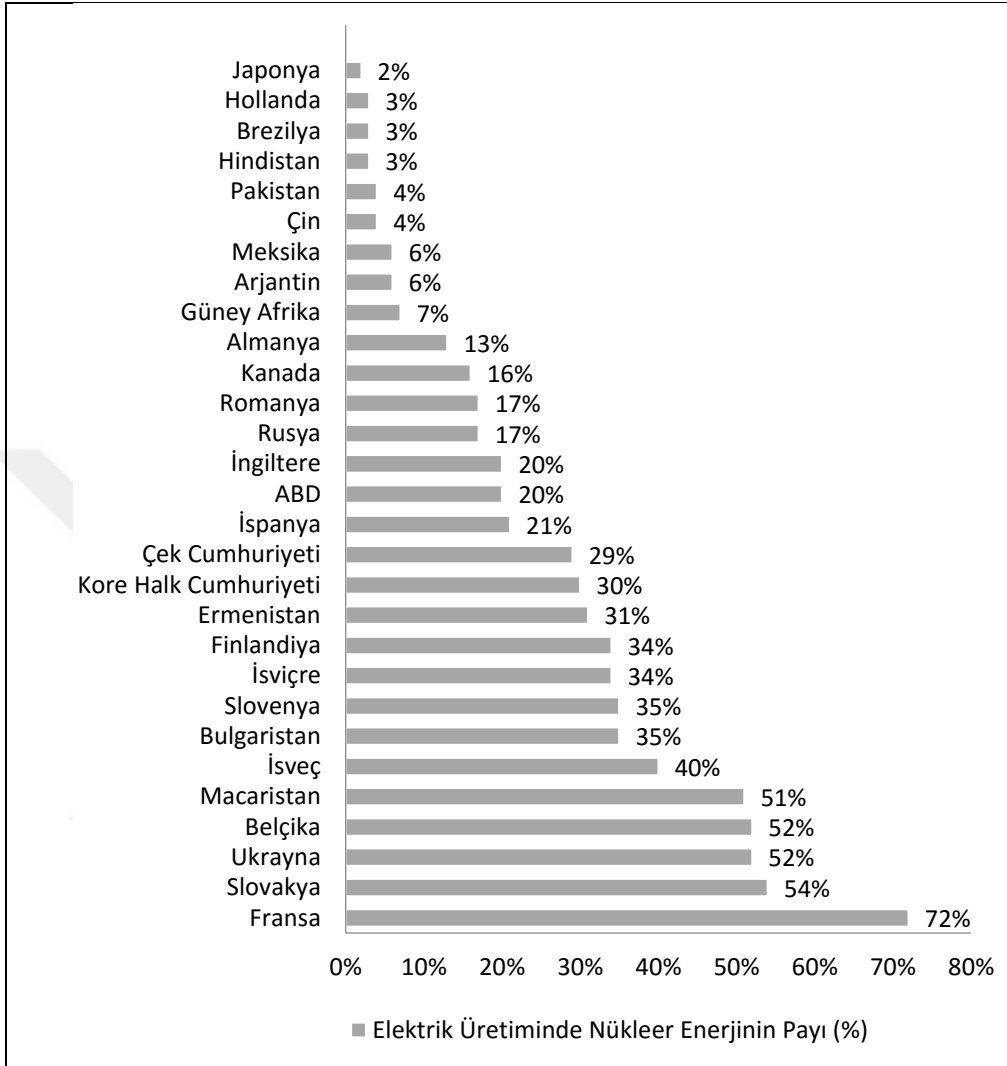
**Tablo 16:** 1985-2016 Yılları Arası Dönemde Dünya Üzerindeki Aktif Nükleer Enerji Santralleri

Ülkeler	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
ABD	90	108	108	103	103	104	99	99
Fransa	43	56	56	59	59	58	58	58
Japonya	33	41	50	52	55	54	43	42
Çin			3	3	9	13	31	36
Rusya	28	29	30	30	31	32	35	35
Güney Kore	5	9	11	16	20	21	24	25
Hindistan	6	7	10	14	15	19	21	22
Kanada	16	20	21	14	18	18	19	19
İngiltere	38	37	35	33	23	19	15	15
Ukrayna	10	15	15	13	15	15	15	15
İsveç	12	12	12	11	10	10	10	10
Almanya	24	21	19	19	17	17	8	8
Belçika	8	7	7	7	7	7	7	7
İspanya	8	9	9	9	9	8	7	7
Çek Cumhuriyeti	1	4	4	5	6	6	6	6
İsviçre	5	5	5	5	5	5	5	5
Finlandiya	4	4	4	4	4	4	4	4
Macaristan	2	4	4	4	4	4	4	4
Pakistan	1	1	1	2	2	2	3	4
Slovakya	4	4	4	6	6	4	4	4
Arjantin	2	2	2	2	2	2	3	3
Brezilya	1	1	1	2	2	2	2	2
Bulgaristan	4	5	6	6	4	2	2	2
Meksika		1	2	2	2	2	2	2
Romanya				1	1	2	2	2
Güney Afrika	2	2	2	2	2	2	2	2
Ermenistan	2		1	1	1	1	1	1
İran							1	1
Hollanda	2	2	2	1	1	1	1	1
Slovenya	1	1	1	1	1	1	1	1
İtalya	3							
Kazakistan	1	1	1					
Litvanya	1	2	2	2	1			
<b>Toplam</b>	<b>363</b>	<b>416</b>	<b>434</b>	<b>435</b>	<b>441</b>	<b>441</b>	<b>441</b>	<b>448</b>

**Kaynak:** International Atomic Energy Agency 2017 raporundan yararlanılarak oluşturulmuştur.

1985 yılından itibaren dünyada bulunan nükleer enerji santrallerinin sayısına bakıldığında; 2005-2015 dönemi haricinde bu sayının sürekli arttığı görülmektedir. Tablo 16 ve Şekil 4 beraber incelendiğinde; dünyada en fazla nükleer enerji santralının ABD’de olduğu görülmektedir. Bu santraller ABD elektrik üretiminin %20’sini karşılamaktadır. 58 nükleer enerji santrali ile Fransa, dünya sıralamasında ikinci sırada yer almaktadır ve bu santraller Fransa’nın elektrik üretiminin %72’sini karşılamaktadır. Üçüncü sırada ise

42 nükleer santral ile Japonya yer almaktadır. Japonya da elektrik üretiminin %2'sini nükleer enerjiden sağlamaktadır.



Şekil 4: Ülkelerin Elektrik Üretiminde Nükleer Enerjinin Payı

**Kaynak:** International Atomic Energy Agency 2017 verilerinden oluşturulmuştur.

Ayrıca nükleer enerjinin ülkelerin elektrik üretimi içindeki payına bakıldığında; Macaristan, Belçika, Ukrayna, Slovakya ve Fransa'da bu oranın %50'den fazla olduğu görülmektedir. Fransa, bu açıdan dünya sıralamasında birinci durumdadır.

2016 verileriyle, dünya genelinde elektrik üretiminin yaklaşık %10'una tekabül eden 2476 TWh, nükleer enerjiden sağlanmaktadır (IAEA, 2017; 23). Tablo 17'de, dünya üzerinde inşaat halinde olan nükleer enerji santralleri yer almaktadır.

**Tablo 17:** Dünyada Yapımı Devam Etmekte Olan Nükleer Santraller

Ülkeler	Santral Sayısı	MW(e)
Arjantin	1	25
Belarus	2	2218
Brezilya	1	1245
Çin	21	21622
Finlandiya	1	1600
Fransa	1	1630
Hindistan	5	2990
Japonya	2	2653
Kore Halk Cumhuriyeti	3	4020
Pakistan	3	2343
Rusya	7	5520
Slovakya	2	880
Birleşik Arap Emirlikleri	4	5380
Ukrayna	2	2070
ABD	4	4468
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>61264</b>

**Kaynak:** International Atomic Energy Agency 2017 verilerinden oluşturulmuştur.

2016 yılı itibariyle dünya üzerinde 448 nükleer enerji santrali bulunmaktadır. Bunlara ilaveten, 15 ülkede 61 nükleer santralin yapımı devam etmektedir. Bu santrallerin yapımının tamamlanmasıyla, toplamda 61264 MW elektrik enerjisi dünya elektrik üretimine katkı sağlayacaktır.

#### **1.2.2.3. Nükleer enerji kullanımının olumlu yönleri**

Nükleer enerji kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (ETKB, 2017):

- Nükleer enerji santralleri iklim ve doğa koşullarından etkilenmezler ve sürekli olarak elektrik üretimi gerçekleştirirler. Kapasite faktörü %90'lar seviyesindedir.
- Nükleer enerji santralleri, diğer fosil yakıtlı santrallerin aksine işlem sırasında sera gazı salmazlar. Bu sebeple, küresel ısınma sorununun çözümü konusunda önemli bir alternatiftirler.
- Elektrik üretiminde nükleer enerji oldukça konsantredir. Bir kilogram kömürden 3 kWh ve bir kilogram petrolden 4,5 kWh elektrik üretilirken; bir kilogram uranyumdan 50.000 kWh elektrik üretilmektedir (ATO, 2005: 5).

- Elektrik üretiminde birim başına düşen hammadde maliyeti çok düşüktür. Dolayısıyla, hammadde fiyatlarında meydana gelecek dalgalanmalar elektrik üretim maliyetlerini fazla etkilemez.
- Nükleer enerjinin hammaddesi olan uranyum dünya genelinde farklı coğrafyalara yayılmıştır. Diğer enerji kaynaklarına nispetle daha kolay erişilmektedir.
- Nükleer santrallerin birim elektrik üretimi başına kapladığı alan diğer santrallere göre bir hayli azdır. Daha az alan kaplayarak daha çok elektrik üretimi yapmaktadırlar.
- Nükleer enerji alanında çalışan insanlara istihdam alanı sağlayarak ülkede yüksek teknolojinin gelişmesini sağlamaktadırlar.
- Günlük hayatta çeşitli alanlarda karşımıza çıkan, nükleer teknoloji ile üretilen araçlardan faydalanılmasını ve ülke içinde üretilmesini sağlamaktadırlar.

#### ***1.2.2.4. Nükleer enerji kullanımının olumsuz yönleri***

Nükleer enerji kullanımının olumsuz yönleri şu şekilde sıralanabilir (Ergün ve Polat, 2012: 38):

- Nükleer enerjinin en önemli olumsuz sonuçları; nükleer silahlanma ve nükleer kazalardır. Her ikisi de geniş alanlarda tahribat yapmakta ve insanlık için tehlike oluşturmaktadır.
- İlk yatırım maliyetleri yüksektir. Dolayısıyla, tesisin kendini amorti etme süresi uzundur.
- Nükleer santrallerden radyasyon yayılması tehlikesi vardır. Bu açıdan, sıkı denetim yapılmalı, güvenli ve kontrollü üretim sağlanmalıdır.
- Nükleer enerji üretimi sonucunda ortaya çıkan radyoaktif maddelerin saklanması veya yok edilmesinde zorluklar yaşanmaktadır. Dolayısıyla, santrallerin nihai atık sorunu bulunmaktadır.



- Fay hattı üzerinde kurulan nükleer santrallerin deprem esnasında ve sonrasında sızıntı yapma ihtimali vardır. Bu yüzden, santraller kurulmadan önce kuruluş yerinin detaylı bir şekilde araştırılması çok büyük önem teşkil etmektedir.

### **1.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Yenilenebilir enerji kaynakları, yenilenme süreleri tükenme sürelerinden çok daha kısa olan kaynaklardır. Bu kaynakların sürekli kendini yenilemesi, yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılmalarına neden olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları dünyanın geneline yayılmış durumdadır ve ülkelerin kendi enerjilerini üretmelerine olanak tanımaktadır. Genel olarak yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, hidroelektrik ve denizden oluşmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları üç gruba ayrılabilir (Ablabekova, 2008: 30):

- Faydalanabilmek için elektrik enerjisine çevrilmesi gereken yenilenebilir enerji kaynakları (Hidrolik, dalga ve güneş enerjisi bu grupta yer almaktadır).
- Üretimi gerçekleştikten sonra kullanım ve tüketimi için dağıtımının yapılması gereken yenilenebilir enerji kaynakları (Jeotermal enerji ve güneş ısısı bu grupta yer almaktadır).
- Depolanabilen ve üretimi gerçekleştirildikten sonra çeşitli sektörlerde çok amaçlı olarak kullanılabilen yenilenebilir enerji kaynakları (Sanayi atıkları, biyogaz, katı biyokütle ve sıvı biyoyakıtlar bu grupta yer almaktadır).

Yıllar itibariyle dünya genelinde yenilenebilir enerji kullanımı artıyor olmasına rağmen; bu miktar tatmin edici seviyelere ulaşmamıştır. Bu durumun nedenlerini gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler açısından şöyle açıklayabiliriz: Gelişmiş ülkelerin enerji talebi yavaş artmakla beraber mevcut altyapı ve enerji tüketim alışkanlıklarının değişmesi zaman almaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise enerji talebi hızlı olmakla birlikte bu talep artışı daha çok fosil enerji kaynaklarıyla karşılanmaktadır. Çünkü,

teknolojik yetersizlikler sebebiyle, yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi fosil kaynaklarla rekabet edebilecek düzeylerde değildir. Ancak, dünya genelindeki hükümet politikaları yenilenebilir enerji kullanımını artırma ve bunun için gerekli olan teknolojik gelişmeleri destekleme yönündedir. Bunun sonucunda ise yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı yıllar itibariyle artmaktadır (SETA, 2017: 10).

Dünya üzerinde mevcut bulunan ve birtakım doğa olayları sonucunda meydana gelen yenilenebilir enerji, tüketilmesinin ardından, çok kısa bir süre içinde kendini yenilemektedir; yani kullanıldıkça tükenmemektedir. Ayrıca, fosil enerji kaynakları rezervlerinin kıt ve sınırlı olması; bu kaynakların kullanımı sonucunda atmosfere yüksek oranlarda sera gazı salınması ve buna bağlı olarak çevre kirliliği meydana gelmesi; dünya genelinde fosil enerji kaynaklarının fiyatlarının çok değişken olması gibi sorunlar sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının yeri ve önemi her geçen gün daha da artmaktadır.

Diğer yandan, içinde bulunduğumuz yüzyılın üretim sorunlarının başında güvenli enerji tedarik etme sorunu yer almaktadır. Ülkelerin enerjiye ulaşması, üretmesi ve tüketmesi sürdürülebilir değildir. Üretim artışlarının fosil enerji tüketimini artırarak sağlanması, fosil enerji kaynaklarının sınırlı ve kirlitici olması gibi sorunlar yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin bir diğer nedenidir.

#### **1.2.3.1. Güneş enerjisi**

Güneş sistemi içerisinde bulunan güneş, dünyada yaşayan canlılar için çok önemli bir enerji kaynağıdır. Güneş sayesinde dünya aydınlanmakta, ısınmakta, su döngüsü, rüzgâr ve fotosentez gibi doğa olayları gerçekleşmektedir.

Güneş, dünyadan 150 milyon km uzaklıkta bulunan ve 1,4 milyon km çapında olan sıcak gazlardan meydana gelmiş bir küttedir. Güneş enerjisi ise güneşin çekirdeğinde bulunan hidrojen gazının helyuma dönüşmesi (füzyon) süreciyle meydana gelen enerjidir.

Güneşin yaklaşık beş milyar yıl önce meydana geldiği göz önünde bulundurulursa; güneş, dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır denilebilir. Dünya üzerindeki enerji kaynaklarının temelinde doğrudan ya da dolaylı olarak güneş yatmaktadır. Örnek verecek olursak, dünya üzerindeki farklı bölgelerin farklı oranlarda ısınması ve bunun sonucunda meydana gelen basınç farklılıklarıyla rüzgâr oluşmaktadır. Deniz ve okyanus üzerinde oluşan rüzgârlar ile dalga enerjisi meydana gelmektedir. Diğer yandan fosil yakıtlar, uzun yıllar öncesinde güneşten aldığı enerji sayesinde başkalaşım geçirerek bu günkü şeklini almışlardır (TÇV, 2006: 35). Bütün bunlara ek olarak güneş enerjisinden, tarih boyunca hem birincil hem de ikincil enerji kaynağı olarak faydalanılmıştır.

#### *1.2.3.1.1. Güneş enerjisinin kullanıldığı yerler*

Günlük hayatta hemen hemen her alanda güneş enerjisinden faydalanılmakta ve güneş enerjisi uygulamaları göze çarpmaktadır. Genel hatlarıyla güneş enerjisinin kullanım alanları, (rüzgâr oluşumu, dalga oluşumu, fotosentez, fosil yakıtların oluşumu gibi doğal kullanımlar haricindeki) aşağıdaki gibi sıralanabilir (Teke, A. ve Yıldırım H. B. , 2013: 1):

**Elektrik Üretimi:** Güneş enerjisinden faydalanmanın en önemli yollarındandır. Bu konuda temelde iki yöntem kullanılmaktadır:

*Yoğunlaştırılmış Güneş Teknolojileri (CSP):* Aynalar ve güneşi izleme sistemleri yardımıyla geniş alana düşen güneş ışınları tek bir noktada toplanmaktadır. Bu odak noktasında elde edilen ısı doğrudan kullanılabilen gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir. Güneş ışınının aynaların odak noktasından geçen suda toplanması ile su ısıtılmaktadır. Suyun gerekli basınç ve sıcaklık değerine ulaşmasıyla ortaya çıkan buhar, buhar türbinine gönderilerek elektrik üretilmektedir.

*Güneş Pilleri (PV):* Fotovoltaik pil olarak da adlandırılan malzemeler, güneş enerjisini doğrudan elektriğe dönüştürmektedir. Hesap makinelerinde, dijital saatlerde, elektrikle çalışan küçük sokak panolarında, ışıklı yol işaretlerinde bu sistem oldukça sık görülmektedir. Güneş pillerinin dezavantajı ise maliyetinin yüksek olmasıdır.

**Sıcak Su Elde Edilmesi:** Güneş enerjisinden faydalanma açısından en bilinen ve en fazla kullanılan yöntemdir. Ev, okul, yurt, hastane veya işyerlerinde kullanılmakta olup genellikle çatılara kurulur. Bu sistemde, yaz aylarında oldukça yüksek bir verim alınmakla beraber; yıllık ortalama alınan verim %40 civarındadır. Elde edilen sıcak suyun derecesi ise 45 ila 60 arasında değişmektedir.

**Deniz Suyunun Arıtılması:** Zemini siyah bir tabaka ile kaplanan mekâna tuzlu su ilave edilip üzerine de saydam bir tabaka kapatılarak oluşturulan bir sistemdir. Bu şekilde tuzlu sudan içme suyu elde edilmektedir. Bu sistemle ayrıca, tuz üretimi de yapılmaktadır. Bu sistemin maliyeti oldukça yüksek olmasına rağmen; içme suyu problemi yaşayan yerler için bir çözüm oluşturmaktadır.

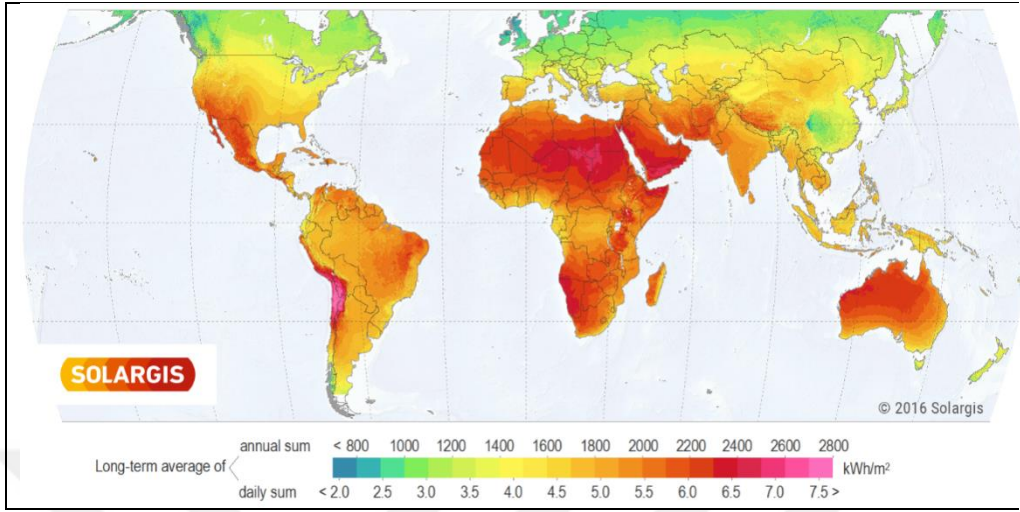
**Tarım Ürünlerinin Kurutulması:** Daha çok kırsal bölgelerde yaygın olan bu yöntem, güneş enerjisinin tarım alanında kullanımına bir örnek teşkil etmektedir. Gıda ürünlerinin, güneşte kurutulmasıyla, besin değerini kaybetmeden daha uzun süre saklanması, küf ve bozulmalara karşı korunması sağlanmaktadır.

**Yemek Pişirme:** Kırsal alanlarda yaygın olarak kullanılan bu yöntemde, yansıtıcı maddelerle kaplanmış çanaklarda güneş ısıyla yemek pişirilmektedir. Bu yöntem Hindistan, Pakistan ve Çin’de yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### 1.2.3.1.2. Küresel güneş enerjisi potansiyeli

Dünya genelinde yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli 23.000 TWh’dır. Buna karşılık, tüm dünyada bilinen fosil enerji kaynaklarının toplam rezervi ise 1.355 TWh olarak belirtilmektedir (Yokuş, 2017: 36). Buradan da anlaşılacağı üzere güneş enerjisi, değerlendirilmeyi bekleyen büyük bir potansiyele sahiptir. Ayrıca, güneş enerjisi potansiyelini verimli bir şekilde değerlendirmek hem dünya geneline enerji sağlayacak hem de fosil enerji kaynaklarının yükünü azaltarak rezervlerinin erken zamanda tükenmesini engelleyecektir. Şekil 5’te de açıkça görüldüğü gibi, güneş enerjisi dünyanın her tarafına eşit olarak dağılmamakta ekvator çevresinde

yoğunlaşmaktadır. Yine de, fosil enerji kaynaklarına kıyasla bir hayli yaygın bir enerji türüdür.

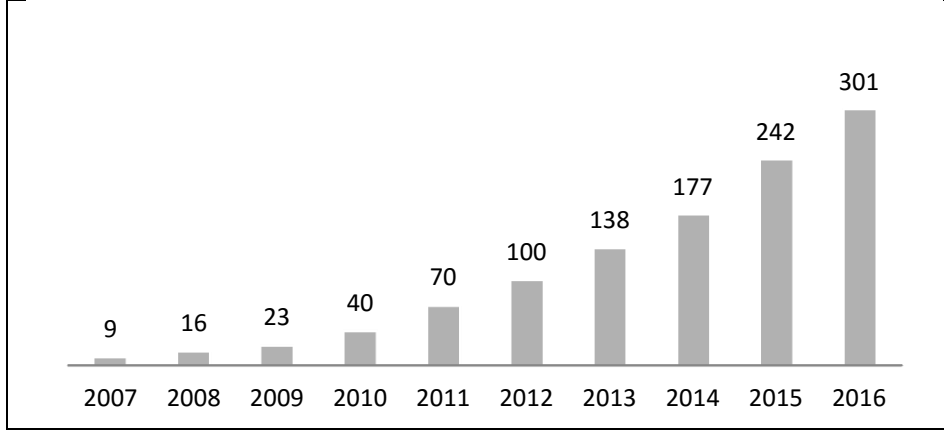


**Şekil 5: Dünya Güneş Işınım Haritası**  
**Kaynak: SOLARGIS, 2016**

Güneş enerjisinden elde edilen fayda, birincil enerji kaynağı olarak değil ikincil enerji kaynağı olarak kullanılması halinde daha fazla olmaktadır. Bir başka deyişle, güneş enerjisinden daha fazla yararlanmak için bu enerjiyi dönüştürmek gerekmektedir. Bu durumda, güneş enerjisini dönüştürecek teknolojiye sahip olmak, güneş enerjisi potansiyeline sahip olmak kadar önemlidir.

#### *1.2.3.1.3. Küresel güneş enerjisi kurulu gücü*

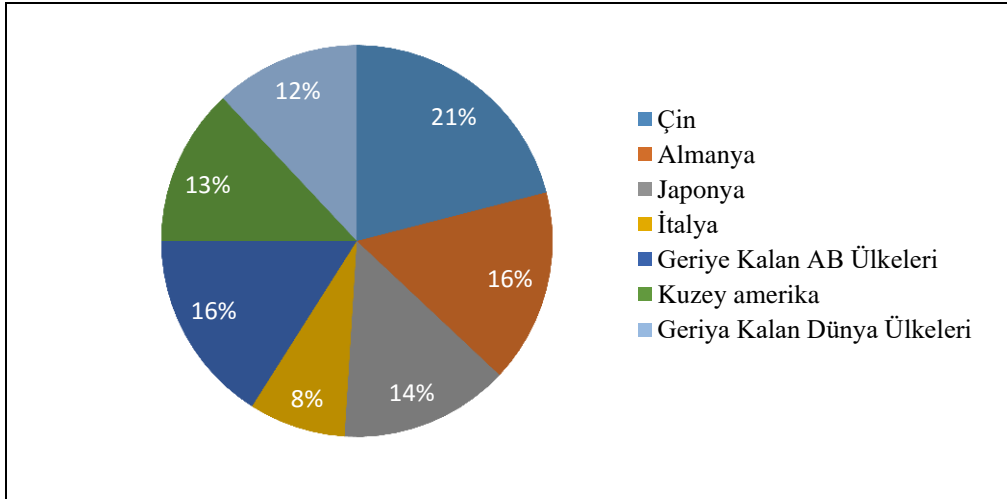
Küresel güneş enerjisi kurulu gücü ile anlatılmak istenilen, dünya genelinde güneş enerjisi ile elektrik üreten tesislerin kurulu gücüdür. Bu tesislerde güneş enerjisi, fotovoltaik hücreler vasıtasıyla elektriğe dönüştürülmektedir.



**Şekil 6:** Dünya Kümülatif PV Kurulu Güç Kapasitesi (GW)  
**Kaynak:** EPIA 2015 verilerinden oluşturulmuştur.

Şekil 6'ya bakıldığında, dünya fotovoltaik (FV) kurulu güç kapasitesinin yıllar itibariyle artmakta olduğu görülmektedir. 2014 yılında toplam kurulu güç kapasitesi 177 GW iken 2015 yılında 242 GW ve 2016 yılında 301 GW olmuş; sırasıyla, 65 GW'lık ve 59 GW'lık bir artış görülmüştür. Ayrıca, 2015 yılında küresel elektrik üretiminin %1'i güneş enerjisinden sağlanmıştır.

Küresel PV kurulu güç kapasitesinin bölgelere göre dağılımını gösteren grafik aşağıdaki gibidir (Şekil 7). Küresel Güneş Radyasyonu Avrupa'da düşük olmasına rağmen küresel PV Kurulu gücünün %40'ı Avrupa'dadır.



**Şekil 7:** 2015 Yılı İtibari İle Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı (%)  
**Kaynak:** Yokuş, 2017: 41

Almanya, İtalya ve İspanya gibi ülkeler güneş enerjisinden en çok faydalanan ülkelerdir. Özellikle Almanya %16'lık payı ile dikkatleri çekmektedir.

21. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Taraflar Konferansı'nda (COP21) küresel bir sorun olan iklim değişikliği ile mücadele hususunda tüm dünyanın birlikte hareket etmesi yönünde bir anlaşma imzalanmıştır. Böylece ülkeler, fosil enerji kaynaklarının kullanımını azaltma hususunda hemfikir olmuşlardır. Bu anlaşma sonucunda en çok kullanılacak yenilenebilir enerjinin güneş enerjisi olacağı tahmin edilmektedir (Yokuş, 2017: 41).

#### *1.2.3.1.4. Güneş enerjisi kullanımının olumlu yönleri*

Güneş enerjisi kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (Uyar, 2016):

- Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynağı olduğu için enerji üretiminde herhangi bir yakıtı gerek yoktur.
- Yukarıda belirtilen güneş enerjisinden yararlanma yöntemleri doğal yollardan yapıldığı için çevreye zarar vermez.
- Güneş enerjisinden elektrik üretmek için kurulan tesislerin amortisman süresi ortalama 5-6 yıldır. Bu belirtilen süreden sonra tesis sadece kâr elde eder.
- Güneş enerjisi tesislerinin bakım masrafları yok denecek kadar düşüktür.
- Bir bölgenin yıllık güneş enerjisi potansiyeli yıllar boyunca yaklaşık olarak aynıdır. Böylece üretimde ciddi dalgalanmalar olmaz.
- Güneş enerji tesisi, krizden ve dışsal faktörlerden etkilenmez.
- Tesisin yapımında kullanılan malzemeler dayanıklıdır ve çevre koşullarından etkilenmez.

#### *1.2.3.1.5. Güneş enerjisi kullanımının olumsuz yönleri*

Güneş enerjisi kullanımının olumsuz yönleri ise şu şekilde sıralanabilir (Uyar, 2016):

- İlk yatırım maliyetleri yüksektir.
- Günümüz teknolojisi ile güneş enerjisinden %12-%20 oranlarında düşük bir verimde yararlanılabilmektedir.

- Verimin düşük olmasında dolayı tesis kurulumu için geniş alanlara gerek duyulmaktadır.
- Yaz ve kış aylarında üretilen enerji miktarları arasında fark vardır.
- Ana sisteme bağlı olmayan güneş enerjisi tesislerinde ayrıca depolama sistemi gerekmektedir.
- Ayrıca, görüntü kirliliği yaptığı iddia edilebilir; fakat bu, ihmal edilebilecek bir düzeydedir.

### **1.2.3.2. Rüzgâr enerjisi**

Rüzgâr enerjisi, bir takım doğa olayları vasıtasıyla hız enerjisine dönüşmüş güneş enerjisidir. Rüzgârın oluşma nedeni, güneşin yeryüzünde meydana getirmiş olduğu ısınma farklarının hava hareketlerini oluşturmasıdır. Güneş, yeryüzünde birbirinden farklı yüzeyleri farklı derecede ısıtmaktadır. Bu sıcaklık farkı, basınçlara ve hava yoğunluklarına neden olmaktadır. Yüksek basınçlı yerlerden düşük basınçlı yerlere doğru hareket eden hava kütleleri rüzgârı oluşturmaktadır. Hava akımının olduğu bölgeler arasındaki basınç farkı ne kadar fazla olursa rüzgârın şiddeti de o kadar fazla olmaktadır.

İlk insanlar, rüzgârların nasıl ve neden meydana geldiğini anlayamamakla beraber ondan ve gücünden faydalanmışlardır. Yel değirmenleri ve yelkenli gemiler ilk insanların rüzgâr enerjisinden yararlanma şekilleri olarak gösterilebilir. Sonraki zamanlarda, rüzgâr enerjisinden elektrik üretilmeye başlanmıştır. Ama sanayi devrimi ile ortaya çıkan buharlı makinelerin gelişmesi ve bunun sonucunda fosil enerji kaynaklarının önem kazanması sebebiyle rüzgâr enerjisi çok fazla gelişme gösterememiştir.

1970’li yıllardaki petrol krizi ve 1990’lı yıllarda çevre bilincinin gelişmesiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmıştır. Rüzgâr enerjisi de bu gelişmelerle en çok önem kazanan yenilenebilir enerji kaynaklarından olmuştur.



#### *1.2.3.2.1. Rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi*

Rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi, rüzgâr türbinleri vasıtasıyla yapılmaktadır. Bu süreç, rüzgârın esme gücünün rüzgâr türbinlerinde pervaneleri döndürmesiyle oluşan hareket enerjisinin, jeneratörler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle tamamlanır. Rüzgâr türbinleri; sayıları değişebilen pervaneler, bir şaft ve bir de jeneratörden oluşmaktadır. Rüzgâr türbinlerinin ömürleri 20 ila 40 sene arasında değişmektedir ve en verimli rüzgâr türbinleri 3 kanatlı olanlardır (Akova, 2008: 94).

Şebeke bağlantıları ve kuruluş özellikleri bakımından rüzgâr türbinleri üç grupta incelenmektedir. Birinci grup, ulusal elektrik şebekesine bağlı rüzgâr türbinleridir. Bu grupta, üretimi yapılan veya kullanımdan arta kalan elektrik ana şebekeye aktarılmaktadır. İkinci grup, ulusal elektrik şebekesinden bağımsız rüzgâr türbinleridir. Bu grupta, belirli bir bölgenin elektrik ihtiyacı doğrudan rüzgâr türbinlerinden karşılanmaktadır. Üçüncü grup ise uzak yerlerde kurulan ve devamlı çalışması gereken sistemlerin elektrik ihtiyacını karşılamak için kurulan rüzgâr türbinleridir. Meteoroloji istasyonları, yangın kuleleri, deniz fenerleri, baz istasyonları gibi sistemler bu gruba örnek olarak verilebilir.

#### *1.2.3.2.2. Dünya Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Kurulu Güç Miktarı*

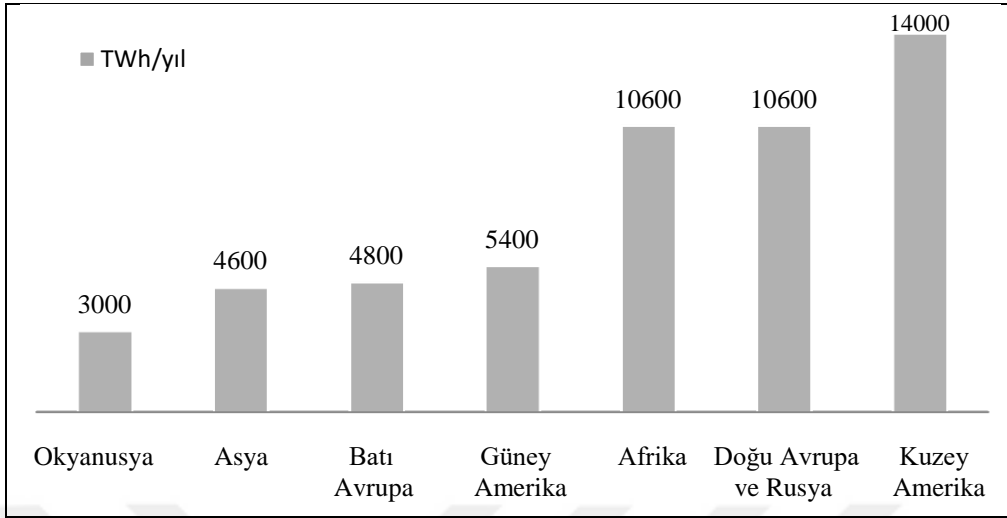
Küresel rüzgâr enerjisi potansiyeli hakkında çeşitli kaynaklarda çeşitli sayılar bulunmaktadır. Bunun temel nedeni, ele alınan potansiyel kavramının çeşitli anlamlarda kullanılmasıdır. Bu hususta kullanılan çeşitli kavramlar aşağıda yer almaktadır (Mutlu, 2013: 15):

**Meteorolojik (Kuramsal) Potansiyel:** Dünya üzerinde meydana gelmiş mevcut rüzgâr enerjisi kaynağını ifade eden potansiyel.

**Teknik Potansiyel:** Rüzgâr enerjisinden yararlanmak için kullanılan mevcut teknolojinin göz önünde bulundurulmasıyla bulunan potansiyel.

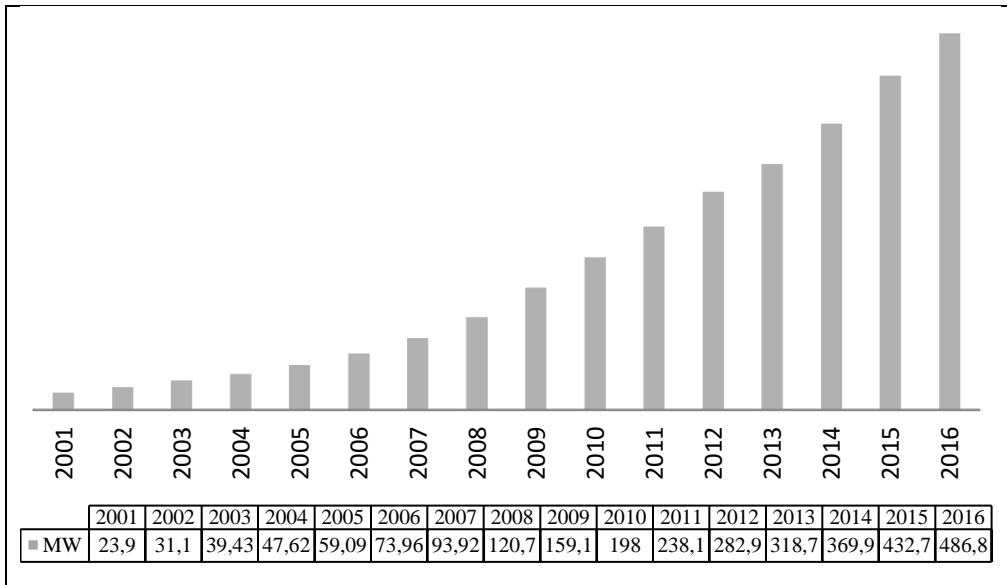
**Ekonomik Potansiyel:** Teknik potansiyel içinde ekonomik olarak gerçekleştirilebilecek potansiyel.

Dünya üzerindeki teknik rüzgâr enerjisi potansiyeli aşağıdaki gibidir:



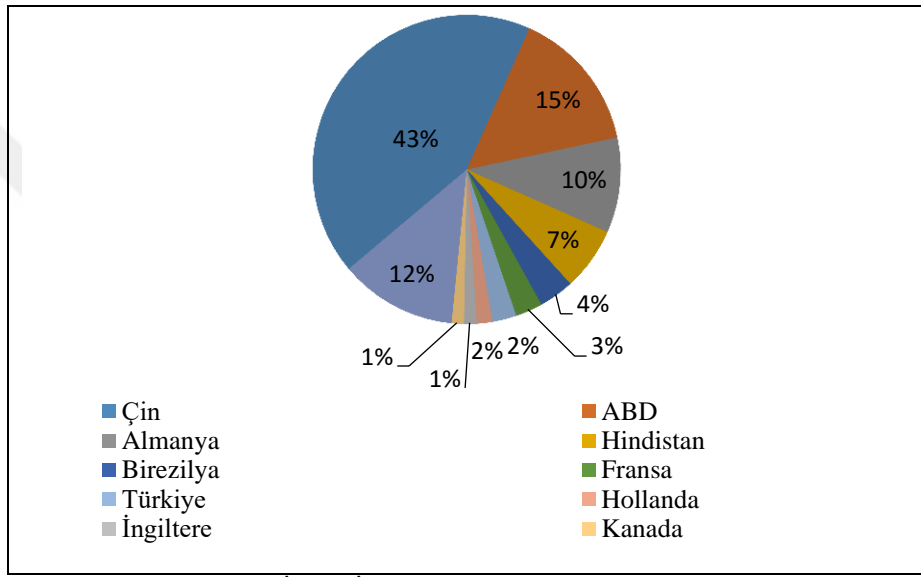
**Şekil 8:** Dünya Teknik Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Kıtalara Göre Dağılımı  
**Kaynak:** Koç ve Şenel, 2015: 49

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yapılan bir çalışmaya göre, dünyanın teknik rüzgâr enerji potansiyeli 53.000 TWh/yıldır. Teknik rüzgâr enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bölgeler, sırasıyla şu şekildedir: 14.000 TWh/yıl ile Kuzey Amerika, 10.600 TWh/yıl ile Doğu Avrupa ve Rusya, 10.600 TWh/yıl ile Afrika, 5.400 TWh/yıl ile Güney Amerika, 4.800 TWh/yıl ile Batı Avrupa, 4.600 TWh/yıl ile Asya ve 3.000 TWh/yıl ile Okyanusya'dır. Bu veriler ışığında; Kuzey Amerika, Doğu Avrupa, Rusya ve Afrika bölgelerinin dünya teknik rüzgâr enerji potansiyelinin %66'sına sahip oldukları görülmektedir (Koç ve Şenel, 2015: 49).



**Şekil 9:** Küresel Kümülatif Rüzgâr Enerjisinin Kurulu Gücü  
**Kaynak:** GWEC 2016 verilerinden oluşturulmuştur.

Şekil 9’da, 2001-2016 yılları arasındaki dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücü verilmiştir. Bu süreçte, rüzgâr enerjisi kurulu gücünde yirmi bir kat artış görülmüştür ve 2016 yılında 487 MW’a ulaşmıştır. Bu veriler ışığında, dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücünün her yıl, ortalama olarak %10’un üzerinde büyüdüğü sonucuna varılabilir. Bu büyümenin temelinde ise rüzgâr enerjisine yönelik teşvikler ve teknolojik gelişmeler yatmaktadır. Bu büyüme oranları sonucunda rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içinde en hızlı büyüyen kaynak olmuştur.



Şekil 10: 2016 Yılı İtibari İle Dünya Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı  
Kaynak: GWEC 2016 verilerinden oluşturulmuştur.

Şekil 10’da, 2016 yılı rüzgâr enerjisinin dünya üzerindeki kurulu gücü yüzdeler halinde ülkeler bazında gösterilmektedir.

Tablo 18: 2016 Yılı İtibari ile Dünya Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç Dağılımı

Ülkeler	MW	%Payı
Çin	23,37	42,8
ABD	8,203	15
Almanya	5,443	10
Hindistan	3,612	6,6
Brezilya	2,014	3,7
Fransa	1,561	2,9
Türkiye	1,387	2,5
Hollanda	0,887	1,6
İngiltere	0,736	1,3
Kanada	0,702	1,3
Geriye Kalan Dünya Ülkeleri	6,727	12,3
İlk 10 Ülkenin Toplamı	47,915	88
Dünya Toplamı	54,642	100

Kaynak: GWEC 2016 verilerinden oluşturulmuştur.

Tablo 18’de ise 2016 yılı rüzgâr enerjisinin dünya üzerindeki kurulu gücü hem yüzdeler olarak hem de MW olarak ülkeler bazında gösterilmektedir. Dünya genelinde Çin, 23,37 MW ile dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücünün %42,8’ine sahip olup dünyada birinci sırada yer almaktadır. Çin’in ardından, 8,203 MW ile ABD, 5,443 MW ile Almanya, 3,612 MW ile Hindistan, 2,014 MW ile Brezilya, 1,561 MW ile Fransa, 1,387 MW ile Türkiye, 0,887 MW ile Hollanda, 0,736 MW ile İngiltere ve 0,702 MW ile Kanada gelmektedir. 2016 yılı için dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücü 54,642 MW iken; bu on ülkenin kurulu rüzgâr enerjisi gücü 47,915 MW’tır. Oransal olarak, yukarıdaki on ülke, dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücünün %88’ine sahip bulunmaktadır.

#### *1.2.3.2.3. Rüzgâr enerjisi kullanımının olumlu yönleri*

Rüzgâr enerjisi kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (www.yegm.gov.tr, 2017):

- Dünya üzerinde bol miktarda ve serbest bulunur, tükenmez bir enerji kaynağıdır.
- Yerel olarak üretilmektedir böylece dışa bağımlılık yaratmaz.
- Temiz bir enerji kaynağıdır, çevresel zararı ve yakıt masrafı yoktur.
- Rüzgâr türbinlerinin ömrü 20-40 yıl arasındadır ve bu süre zarfında bakım masrafları çok düşük bir seviyededir.
- 3 ay gibi kısa bir süre içerisinde rüzgâr türbinleri kurulup işletilmeye başlanabilmektedir.

#### *1.2.3.2.4. Rüzgâr enerjisi kullanımının olumsuz yönleri*

Rüzgâr enerjisi kullanımının olumsuz yönleri ise şu şekilde sıralanabilir (www.yegm.gov.tr, 2017):

- Rüzgâr türbinlerinin kuruluş maliyeti fazladır. En önemli olumsuz tarafı da budur.
- Rüzgârın şiddetinin yeryüzündeki dağılımı değişebileceği için istenilen her alana rüzgâr türbinleri kurulamaz. Bu yüzden, tesisin kurulacağı alanın ölçüm ve analizi iyi yapılmalıdır.

- Kullanılan teknolojinin ve türbinlerin ithal edilmesi durumunda dışa bağımlılık yaratmaktadır. Bu durumun aşılabilmesi için devlet desteği ve teşviki gereklidir.
- Rüzgâr türbinleri gürültü meydana getirmekte ve bulunduğu alanlardaki hayvanları tedirgin edebilmektedir.

### **1.2.3.3. Jeotermal enerji**

Jeotermal kelimesi Yunancada yeryüzü manasına gelen “geo” ve ısı manasına gelen “therme” kelimelerinin birleşmesinden oluşmuştur (Ataman, 2007: 121). Bu durumda jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli alt katmanlarında meydana gelen, güneş sisteminin ve olaylarının bir parçası olarak basınçlı bir şekilde toprak altında bulunan sıcak ve mineralli su, buhar, kızgın toprak ve kayaların ısı enerjisidir. Başka bir deyişle jeotermal enerji, doğrudan yer kürenin ısısından elde edilen enerji türüdür.

Yer kabuğunun derinliklerinde meydana gelen bu ısı enerjisi, henüz soğumamış magma veya volkanizmalarla ilgilidir. Yer kabuğunun çatlaklarından derinlere inen sular bu sıcak ortamda ısınıp mineral bakımından zenginleştikten sonra basınç farkı dolayısıyla yeryüzüne çıkmaktadır. Yeryüzüne çıkması fay hatları ile doğal yollardan olabileceği gibi sondaj kuyuları ile yapay yollardan da olabilmektedir.

Jeotermal enerji çok eski zamanlardan bu yana bilinmektedir ve tarihin çeşitli zamanlarında çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. Eski devirlerde insanlar; çanak, çömlek ve cam imalatında jeotermal enerjiden faydalanmışlardır. Daha sonra, sıcak su banyoları ve kaplıcalar şeklinde jeotermal enerjiden doğrudan faydalanılmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle, günümüzde, jeotermal enerjinin kullanım alanları oldukça genişlemiştir. Elektrik üretimi, kereste kurutulması, kaplıcalar, konut ısıtılması başta gelen kullanım alanlarındandır.

#### 1.2.3.3.1. Jeotermal enerjinin sınıflandırılması ve kullanım alanları

Jeotermal enerji, fosil yakıtlara göre oldukça az hava kirliliğine neden olması sebebiyle çevre dostu bir enerjidir ve sıcaklıklarına göre üç gruba ayrılmaktadır (Karadaş, 2008: 84):

- Düşük Sıcaklıklı : 20-70<sup>0</sup>C
- Orta Sıcaklıklı : 70-150<sup>0</sup>C
- Yüksek Sıcaklıklı : 150<sup>0</sup>C ve üzeri

Bütün bu sahalarda, jeotermal enerji, doğrudan ve dolaylı kullanım olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır. Doğrudan kullanımın verimi dolaylı kullanıma göre daha yüksektir. Jeotermal enerjinin dolaylı kullanımı, 150<sup>0</sup>C ve üzeri sıcaklıktaki su kaynaklarından elektrik üretilmesini ifade etmektedir. Doğrudan kullanımının başlıcaları ise aşağıdaki gibidir:

**Tablo 19:** Jeotermal Enerjinin Sıcaklıklarına Göre Kullanım Alanları

Sıcaklık (°C)	Kullanım Alanları
180	Yüksek Konsantrasyonlu solüsyonun buharlaşması, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma
170	Hidrojen sülfid yolu ile ağır su elde edilmesi, diatomitlerin kurutulması
160	Kereste vb. eşyaların, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer's yolu ile alüminyum elde edilmesi
140	Konserve üretimi
130	Şeker ve tuz endüstrisi
120	Temiz su elde edilmesi, tuzluluk oranının artırılması
110	Çimento kurutulması
100	Organik madde kurutma (yosun, et, sebze vb.), yün yıkama
90	Balık kurutma
80	Ev ve sera ısıtma
70	Soğutma
60	Kümes ve ahır ısıtma
50	Mantar yetiştirme ve kaplıca tedavisinde
40	Toprak ısıtma, kent ısıtması, sağlık tesisleri
30	Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, sağlık tesisleri
20	Balık çiftlikleri

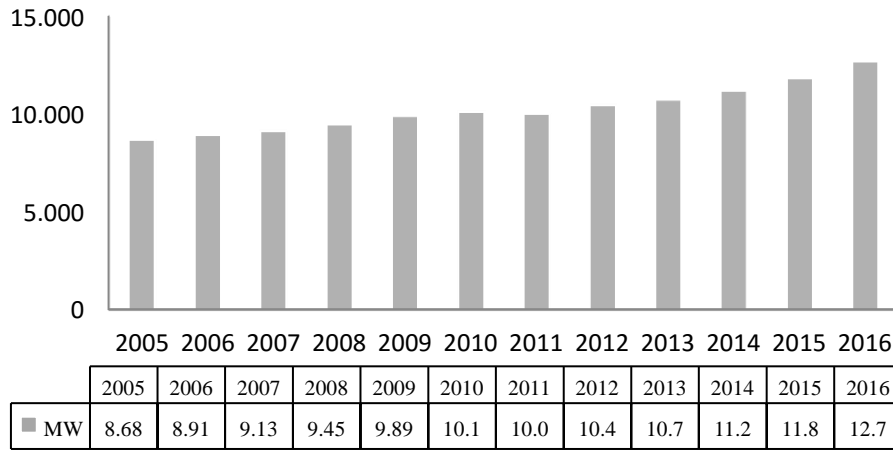
**Kaynak:** <http://www.eie.gov.tr/>, 2017

Dünya jeotermal enerji potansiyelin doğrudan kullanımının %69,6'sı jeotermal ısı pompalarında, %13,2'si yüzme havuzları ve/veya kaplıcalarda,

%10,7'si yerel konut ısıtmasında, %3'ü sera ısıtmasında, geri kalan %3,5'i ise balık çiftliklerinde, endüstriyel alanlarda ve tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılmaktadır (DEKTMK, 2011: 130).

#### 1.2.3.3.2. Küresel jeotermal enerji kurulu gücü

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ve kullanımı yıllar itibariyle artmaktadır. Buna dayalı olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel kurulu güç potansiyeli de artmaktadır. Ama jeotermal enerjinin kullanımı, güneş veya rüzgâr enerjilerine göre biraz gölgede kalmıştır. Jeotermal enerjinin yıllara göre kurulu güç miktarı Şekil 11'de verilmiştir.



**Şekil 11:** Küresel Jeotermal Kurulu Gücünün Yıllara Göre Dağılımı  
**Kaynak:** IRENA, 2017

Şekil 11 ve onun sayısal değerlerini içeren yukarıdaki tabloya göre, 2005 yılında 8.686 MW olan küresel jeotermal enerji kurulu gücü, 2010 yılında 10.12 MW'a ve 2016 yılında 12.70 MW'a yükselmiştir. Bu verilere göre, jeotermal enerjinin kurulu gücü 11 yılda %66,2 oranında artmıştır. Bu oran diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre biraz düşük kalmaktadır.

**Tablo 20:** Ülkelere Göre Jeotermal Enerjinin Net Kurulu Gücü (2016 Yılı)

Ülkeler	Kurulu Güç (MW)
ABD	2511
Filipinler	1916
Endonezya	1534
Kenya	1116
Yeni Zelanda	986
Meksika	951
İtalya	824
Türkiye	821
İzlanda	665
Japonya	533
Kosta Rika	207
El Salvador	204
Nikaragua	155
Rusya Federasyonu	78
Papua Yeni Gine	53

**Kaynak:** IRENA, 2017

Tablo 20’de, ülkeler itibariyle jeotermal enerjinin kurulu gücü gösterilmiştir. Buna göre, 2.511 MW ile ABD dünyada birinci sırada gelmektedir. Ardından, 1.916 MW ile Filipinler, 1.534 MW ile Endonezya, 1.116 MW ile Kenya, 986 MW ile Yeni Zelanda, 951 MW ile Meksika, 824 MW ile İtalya, 821 MW ile Türkiye, 665 MW ile İzlanda, 533 MW ile Japonya, 207 MW ile Kosta Rika, 204 MW ile El Salvador, 155 MW ile Nikaragua, 78 MW ile Rusya ve 53 MW ile Papua Yeni Gine gelmektedir.

#### *1.2.3.3.3. Jeotermal enerji kullanımının olumlu yönleri*

Jeotermal enerji kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (Mutlu, 2013: 52):

- Yenilenebilir, sürdürülebilir ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- Diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi fosil yakıtların yükünü azaltmaktadır. Böylece çevresel sorunların önüne geçme konusunda yardımcı olmaktadır.
- Fosil enerji kaynaklarına göre daha ekonomiktir.
- Konut, işyeri ve sanayi gibi çoklu ısıtma için elverişlidir.
- Hava koşullarının ve ekonomik krizlerin etkisinden uzaktır.



- Yanma, patlama veya zehirlenme gibi tehlikeleri yoktur. Güvenli bir enerji kaynağıdır.
- Doğrudan kullanımlarda %95 verimlilik sağlanabilmektedir.

#### *1.2.3.3.4. Jeotermal enerji kullanımının olumsuz yönleri*

Jeotermal enerji kullanımının olumsuz yönleri ise şu şekilde sıralanabilir (Adıyaman, 2012: 72):

- Çevreci bir kaynak olmasına rağmen, atık suları kirletici mineraller barındırmaktadır. Atık suların yer altına tekrar geri gönderilmesi veya iyi muhafaza edilmesi gerekmektedir. Çevre sularıyla veya toprakla karışması durumunda kirletici durumundadır. Gerekli önlemlerin alınması ve denetiminin yapılması durumunda çevre kirliliği söz konusu olmayacaktır.
- Uzak yerlere nakliyesi zordur, çıkarıldığı yerde kullanılması gerekmektedir. Uzak mesafeler söz konusu olduğunda maliyet artmakta, verimlilik düşmektedir. Fakat teknoloji yardımıyla ve izolasyon teknikleri ile bu sorun ortadan kaldırılabilir.

#### *1.2.3.4. Biyokütle enerjisi*

Biyokütle enerjisi; odun, insan ve hayvan dışkı, orman ürünleri, tarım ürünleri, su bitkileri, atık ve çöpler, alkol ve metan mayalanması gibi canlı kaynaklar vasıtasıyla üretilen bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisini diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayıran en önemli unsur, belirli bir kaynağının ve mekânının olmamasıdır. Biyokütle enerjisi, yukarıda bahsedilen mevcut enerji kaynaklarından üretilmekte veya bu enerji kaynakları özellikle yetiştirilebilmektedir.

Biyokütle enerji kaynakları; aydınlatma, ısıtma, pişirme, yakıt ve elektrik üretimi gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Biyoenerji, biyokütle vasıtasıyla elektrik ve ısı üreten sistemleri ifade ederken; biyoyakıt ise biyokütle ile elde edilen katı, sıvı ve gaz yakıtları ifade etmek için kullanılan terimdir.

Biyokütle enerjisi, geleneksel ve modern olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bunlardan geleneksel biyokütle enerjisi; doğada var olan odun, hayvan ve bitki artıklarının ısınma ve pişirme amaçlı kullanılmasını kapsamaktadır. Geleneksel biyokütle enerjisi, en yaygın, en bilinen ve en eski zamanlara dayanan kullanım şeklidir. Modern biyokütle enerjisi ise enerji ormanları, orman atıkları ve tarım atıkları gibi atıklarla elektrik, ısı, sıvı ve gaz yakıtların üretilmesini kapsamaktadır. Aşağıdaki Tablo 21’de, geleneksel ve modern biyokütle enerjisinde kullanılan atıklar verilmektedir:

**Tablo 21:** Klasik ve Modern Biyokütle Ayrımı

<b>Tarımsal / Klasik Biyokütle</b>	<b>Kentsel / Modern Biyokütle</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Orman atıkları ve odun atıkları</li> <li>-Tarımsal atıklar (mısır, buğday gibi)</li> <li>-Tarla ürünleri (yeşillik, çimen gibi)</li> <li>-Çiftlik hayvanları atıkları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Kentsel odun atıkları (tahta kutular, paketler)</li> <li>-Atık su</li> <li>-Çöp gazı</li> <li>-Belediye atıkları</li> <li>-Gıda işleme atıkları</li> <li>-Organik atık ile karışan sanayi atıkları</li> </ul>

**Kaynak:** Deloitte, 2014: 6

Günlük hayatta bu kaynaklarla çok sık karşılaşmaktayız. Örnek verecek olursak; odun, soya, ayçiçeği, fındık kabuğu, yosun, çay atıkları, evsel atıklar, tarımsal atıklar, deniz bitkileri birer biyokütle kaynağıdır (Deloitte, 2014: 6).

#### 1.2.3.4.1. *Biyokütle yetiştiriciliği*

Biyokütle enerjisi, doğaya zarar vermemesi, karbondioksit salınımı yapmaması ve hatta iyi bir atık değerlendirme yöntemi olması dolayısıyla önemli bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisinden yararlanmak için atıklara ek olarak, *biyokütle yetiştiriciliği* ile yeni kaynaklar elde edilmektedir. Biyokütle yetiştiriciliğinin amacı, enerji ormancılığı ve enerji tarımı ile modern biyokütle üretimi için gerekli olan hammaddeyi meydana getirmektir.

**Enerji Ormancılığı:** Ormanlardaki mevcut olan ağaçları kesmek yerine söğüt, kavak ve karakavak gibi hızlı büyüyen ağaçlar enerji üretiminde kullanılmak üzere yetiştirilmektedir. Bu tür ağaçlar, çoğu iklim koşullarında yetişebildikleri gibi, diğer ağaç türlerine göre 10-20 kat daha hızlı

büyümektedirler. Günümüzdeki biyoloji ve ilaç teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde enerji ormanlarından elde edilen verim daha da artmaktadır. Bu ağaçlar, genellikle beş yılda bir budanırlar; bu sayede hem yeniden büyümeleri sağlanır hem de atık dallar biyokütle enerjisi üretiminde kullanılır. Enerji ormanlarında hektar başına ortalama yıllık verim 22 ton biyokütledir (Ablabekova, 2008: 97).

Bazı ülkelerde biyokütle enerjisi açısından büyük gelişmeler yaşanmaktadır. İtalya'nın bazı çiftliklerinde bina ve seraların ısıtılmasında odun ve kozalak kullanılmakta ve elde edilen buhar ve elektrikten de faydalanılmaktadır. Avustralya'da üretim kapasitesi günlük dört bin ton olan bir enerji tesisinin gereksinimleri için, on yıl süreliğine işletilen ve yıllık verimi 24 m<sup>3</sup>/hektar olan 740 bin hektar genişliğindeki orman işletilmektedir (Çağlar, 2007: 41).

**Enerji Tarımı:** Yüksek büyüme hızına sahip ve verimsiz topraklarda bile yetişebilen enerji bitkilerinin enerji için yetiştirilmesidir. Bu alanda kullanılan bazı bitkilerin tohumları ise genetik mühendisliği aracılığıyla üretilmektedir. Şekerkamışı, şeker pancarı, mısır, sorgum gibi bitkiler enerji tarımı bitkilerine örnek olarak verilebilir. Bu bitkilere C<sub>4</sub> tipi bitki grubu da denmektedir.

C<sub>4</sub> tipi bitki grubunun özellikleri aşağıda belirtilmektedir (www.eie.gov.tr, 2017):

- Yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyarlar.
- Su ihtiyaçları azdır.
- Mevsimsel kuraklıktan etkilenmezler.
- Başlangıcında 4 karbon atomunu içeren organik molekülleri bağlarlar.
- Işık şiddetinden fazlasıyla yararlanabilmektedirler.

C<sub>4</sub> tipi bitkilerin taşınması ve işlenmesi, odun türevi biokütleden daha kolaydır. Avrupa'da ekilmesi daha çok tercih edilen miscanthusun ortalama 15 yıl üretimi yapılabilir ve yılda 15 ton/hektar verim elde edilebilmektedir.

Miscanthusun en önemli dezavantajı, köklerinin uzun olmasından dolayı tarlaların tekrar kullanımını zorlaştırmasıdır (Ablabekova, 2008: 101).

#### 1.2.3.4.2. *Biyoyakıt çeşitleri ve kullanım alanları*

Günümüzde en bilinen ve en çok kullanılan biyoyakıtlar; biyogaz, biyodizel ve biyoetanoldür. Bu kaynakların kullanım alanı ülkelerin gelişmişlik seviyesine göre değişmektedir. Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler bu yakıtlardan ısınma ve pişirme alanlarında faydalanırken; gelişmiş olan ülkeler ise elektrik, sıvı veya gaz yakıt üretmek için faydalanmaktadırlar.

**Biyodizel:** Biyokütleden elde edilen bir yakıt türüdür. Başka bir ifadeyle biyodizel; kanola, ayçiçek ve aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitki ve hayvansal yağlardan üretilen, petrol içermeyen bir yakıt türüdür. Biyodizel saf halde kullanılabileceği gibi, her oranda petrolle karıştırılarak da kullanılabilir. Tarımsal ve doğal ürünlerden elde edilmesinden dolayı sera etkisini artırıcı bir sonucu yoktur (www.eie.gov.tr, 2017).

**Etanol:** Şeker pancarı, mısır, buğday, nişasta veya selülozlu tarım ürünlerinin fermantasyonu sonucunda ortaya çıkan bir alternatif yakıt türüdür. Etanol, üretiminden sonra belirli oranlarda benzin ile karıştırılarak kullanılmaktadır (www.eie.gov.tr, 2017). Karıştırıldığı yakıtın oksijen seviyesini artırarak verimini yükseltmektedir. Biyokütle kaynaklı bir yakıt olması sebebiyle egzoz salınımını da azaltmaktadır.

**Biyogaz:** Organik maddelerin (hayvansal, bitkisel ve endüstriyel atıklar gibi) oksijensiz bir ortamda fermantasyonu sonucunda ortaya çıkan, renksiz, kokusuz, havadan hafif ve ağırlıklı olarak metan ve karbondioksitten oluşan gazdır (www.eie.gov.tr, 2017). Biyogazdan elde edilen bu tür yakıtlar, hem atık maddeleri değerlendirme imkânı vermekte hem de yeni bir enerji kaynağı sunmaktadır.

#### 1.2.3.4.3. *Biyokütle çevrim teknolojileri*

Biyokütleden enerji elde etmek için kullanılan çevrim teknolojileri aşağıda verilmektedir (www.eie.gov.tr, 2017):

***Doğrudan Yakma:*** Biyokütleden yararlanmak için kullanılan en eski ve en yaygın tekniktir. Ama elde edilen verimi artırmak için yeni yakma teknikleri geliştirilmektedir. Söz konusu yanma işleminde, yanıcı maddeler oksijenle kimyasal tepkimeye girmekte ve bunun sonucunda, ısı enerjisi, karbondioksit, su buharı ve bazı metal oksitler açığa çıkmaktadır.

***Havasız Çürütme:*** Havasız çürütme tekniği, biyolojik bir işlem olmakla birlikte, oksijenin bulunmadığı ortamda yaşamını sürdürebilen mikroorganizmalar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu işlem sonucunda, değerli bir gübre, metan gazı ve karbondioksit açığa çıkmaktadır.

***Fermantasyon:*** Fermantasyon tekniği; selüloz, seker veya nişasta açısından zengin olan bazı bitki türlerine, bazı ağaç türlerine ve kentsel atıklara uygulanan bir tekniktir. Bu yöntem, biyokütlerdeki sıvıları yanabilir sıvıya, yani alkole dönüştürmektedir. Bu işlem sonucunda, etanol, bütanol, aseton ve bazı kimyasal ürünler açığa çıkmaktadır.

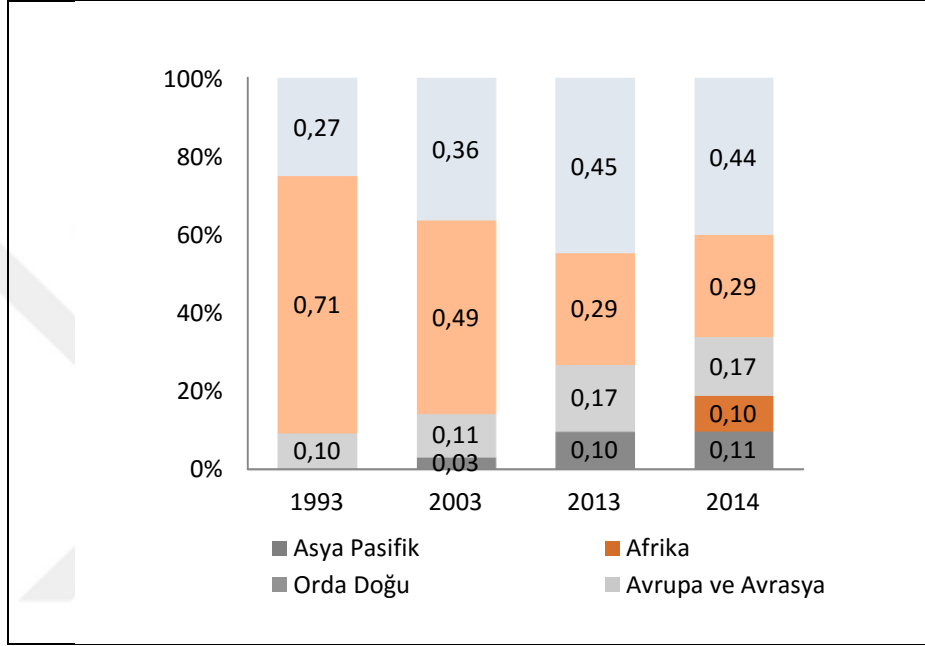
***Piroliz:*** Biyokütleden gaz meydana getirmek için kullanılan en eski, en bilindik ve basit bir yöntemdir. Piroliz, oksijensiz bir ortamda odunun 900<sup>0</sup>C'ye kadar ısıtılması sonucunda ortaya çıkan kimyasal ve fiziksel tepkimeler dizisidir. Bu işlem sonucunda, çeşitli gazlar, katran, organik bileşenleri, odun ve su açığa çıkmaktadır.

***Biyofotoliz:*** Biyofotoliz tekniği, güneş enerjisi vasıtasıyla bazı alglerden hidrojen ve oksijen elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Denizde bulunan algler güneş pili gibi işlev göstererek deniz suyunu ayrıştırılmaktadır.

***Gazlaştırma:*** Gazlaştırma tekniği, karbon içeren katı biyokütlerin yüksek sıcaklığa maruz bırakılması suretiyle yanabilir gaz elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu işlem sonrasında, hidrojen, metan, karbonmonoksit, karbondioksit ve azot açığa çıkmaktadır.

#### 1.2.3.4.4. Dünyada biyokütle enerjisi

2015 yılı verilerine göre, biyokütleden enerji üreten ülkelerin miktar sıralamasının başında 69 TWh ile ABD yer almaktadır. Devamında 50 TWh ile Almanya, 48 TWh ile Çin, 40 TWh ile Brezilya ve 36 TWh ile Japonya gelmektedir. Bu ülkelerin ardından Birleşik Krallık ve Hindistan gelmektedir (REN21, 2016: 46).



Şekil 12: Biyoyakıt Üretiminin Bölgelere ve Yıllara Göre Dağılımı  
Kaynak: World Energy Council, 2006: 24

Küresel biyokütleden biyoyakıt üretiminin bölgeler arasında yüzdelerle dilimleri, yıllar itibariyle, Şekil 12’de verilmiştir. Buna göre, biyokütleden yakıt üretimi günümüze gelinceye dek bölgeler arasında yaygınlaşmıştır. 1993 yılında Asya-Pasifik’te biyoyakıt üretimi bulunmazken; 2000’li yıllarda üretim yapılmaya başlanmış ve bu bölgenin, yıllar itibariyle, küresel üretimdeki payı artmıştır. 2014 yılında ise küresel biyoyakıt üretiminin %44’ünü Kuzey Amerika, %29’unu Güney Amerika, %17’sini Avrupa ve Avrasya, %10’unu Afrika ve %12’sini Asya-Pasifik bölgesi gerçekleştirmiştir.

#### 1.2.3.4.5. *Biyokütle enerjisi kullanımının olumlu etkileri*

Biyokütle enerjisi kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (www.eie.gov.tr, 2017):

- Üretimi için sabit bir kaynağa muhtaç değildir. Hammaddeleri hemen hemen her yerde bulunur ve hemen hemen her bölgede yetiştirilebilir.
- Çok karmaşık üretim teknolojilerine ihtiyaç yoktur ve kullanılan çevrim teknolojileri iyi bilinmektedir.
- Kurulacak tesisler her ölçekte enerji verimi için uygundur.
- Üretimi için düşük ışık şiddeti yeterlidir.
- Üretilen yakıtlar depolanabilmekte ve taşınabilmektedir.
- Çok fazla sıcaklığa gerek duymaz; 5-35°C arasında bir sıcaklık yeterlidir.
- Çevre kirliliği oluşturmaz, aksine atıkların geri dönüşümünde kullanılan bir yöntemdir.
- Fosil enerji kaynaklarının aksine sera etkisi oluşturmaz.
- Asit yağmurları gibi ekolojik denge bozulmalarına neden olmaz.

#### 1.2.3.4.6. *Biyokütle enerjisi kullanımının olumsuz etkileri*

Biyokütle enerjisi kullanımının olumsuz yönleri ise şu şekilde sıralanabilir (www.enerjibes.com, 2017):

- Biyokütle enerjisinde verim düşüktür.
- Tarım alanlarına rekabet oluşturması olumsuz bir yön olarak belirtilmektedir. Ancak dünya üzerindeki ekilebilir alanların tamamında tarım yapılmamaktadır.
- Enerji ormanlarının su ihtiyacı fazladır.
- Üretilmesi için geniş alanlara ihtiyaç vardır ve geniş yerleşim bölgelerinde uygulanabilir.

- Atıkların geri dönüşümü sırasında koku ve salgın hastalıklar ortaya çıkması ihtimali vardır. Denetleme ve titiz çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

#### **1.2.3.5. Hidroelektrik enerjisi**

Hidroelektrik, hareket halindeki suyun gücü ile üretilen elektrik enerjisi anlamına gelmektedir. Bu işlem sırasında, suyun var olan potansiyel enerjisi kinetik enerjiye çevrilmektedir. Biriken veya biriktirilen su kütlesi kanallar veya borular vasıtasıyla türbinlere aktarılarak elektrik enerjisi üretilmektedir. Bu işlem sırasında elde edilen enerjinin büyüklüğü suyun düşüş yüksekliğine ve debisine bağlı olarak değişmektedir.

Hidroelektrik santralleri barajlı (depolamalı) ve nehir tipi (depolamasız) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır ve en fazla barajlardan faydalanılmaktadır. Başka bir deyişle, hidroelektrik güç üretimi için en çok barajlar kullanılsa da her daim barajlara gerek yoktur. Küçük bir kanal ve türbin ile daha basit tesisler kurularak enerji üretilebilmektedir. Nehir tipi sistemde su kanalları vasıtasıyla basınçlı su türbinlere gönderilerek, hidrolik enerji mekanik enerjiye çevrilmektedir. Barajlı sistemde ise su kütlesinin önü baraj vasıtasıyla kapatılmakta ve belirli bir yükseklikten serbest bırakılan suyun hidrolik enerjisinden elektrik üretilmektedir. Nehir tipi hidroelektrik santralleri, baraj tipi santrallere göre daha küçük kapasitelidir. Barajlı sistemin avantajı, yağışlı havalarda suyun muhafaza edilip yağışsız zamanlarda da gerekli potansiyel enerjinin elde edilebilmesidir (Mahmutoğlu, 2013: 17).

#### **1.2.3.5.1. Hidroelektrik santral sınıflaması**

Hidroelektrik santrallerinin sınıflandırılması ülkeden ülkeye değişen çok farklı kıstaslara göre yapılmaktadır. Genel olarak su ve enerji ekonomisinin yanında teknik ve topoğrafik özellikler sınıflandırma kriterleri arasında yer almaktadır (www.eie.gov.tr, 2017).



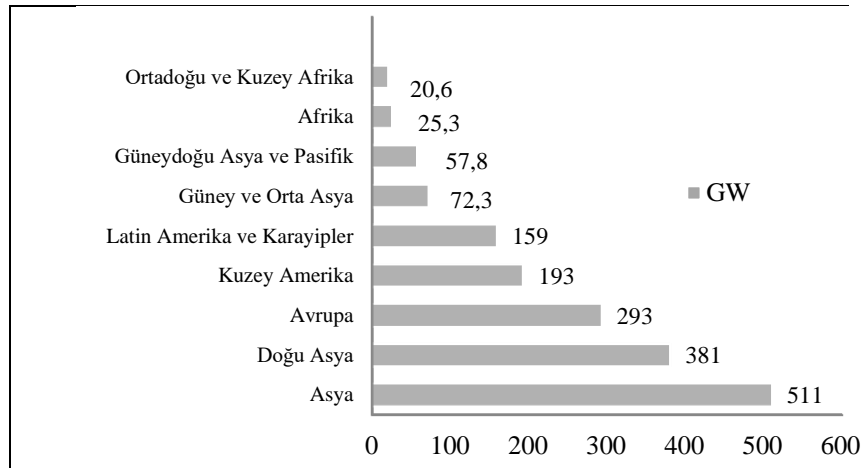
Genel olarak, hidroelektrik santrallerinin sınıflandırması, çoğu ülkede, santralin kurulu gücüne göre yapılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre;

- 100 kW altı HES’ler, Çok Küçük Kapasiteli HES’ler (Mikro HES)
- 100-1000 kW arası HES’ler, Küçük Kapasiteli HES’ler (Mini HES)
- 1000-10000 kW arası HES’ler, Orta Kapasiteli HES’ler
- 10000 kW üzeri HES’ler, Büyük Kapasiteli HES’ler olarak sınıflandırılmaktadır.

Küçük hidroelektrik santrallerinin işletme ömrü 25 yıl ve üzeri iken büyük hidroelektrik santrallerinin işletme ömrü 150-200 yıl arasındadır. Santrallerin yapılan yatırımı geri ödeme süresi ise 10-20 yıl arasında değişmektedir.

#### 1.2.3.5.2. Dünyanın hidroelektrik kurulu gücü

Hidroelektrik enerjisinin kaynağı, diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi güneştir. Yüksek verimliliğe sahip olmasından dolayı, dünyada yaklaşık 35 ülkenin başlıca enerji kaynağı durumundadır (Şen, 2002: 162). Aşağıdaki grafikte hidroelektrik enerjisinin bölgelere göre kurulu gücü yer almaktadır.



Şekil 13: Bölgelere Göre Hidroelektrik Kurulu Gücü (2015 yılı)  
Kaynak: World Energy Council 2016 verilerinden oluşturulmuştur.

2015 yılı verileriyle hazırlanmış Şekil 13’e göre, 511 GW ile Asya bölgesi, hidroelektrik enerjisi kurulu gücü bakımından dünyada birinci sırada yer almaktadır. Asya bölgesinin ardından, 381 MW ile Doğu Asya, 293 MW ile Avrupa, 193 MW ile Kuzey Amerika, 159 MW ile Latin

Amerika ve Karayipler, 72,3 MW ile Güney ve Orta Asya, 57,8 MW ile Güneydoğu Asya ve Pasifik, 25,3 MW ile Afrika, 20,6 MW ile Orta Doğu ve Kuzey Afrika gelmektedir.

#### *1.2.3.5.3. Hidroelektrik santrallerinin olumlu yönleri*

Hidroelektrik enerji kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (www.eie.gov.tr, 2017):

- Yenilenebilir, temiz, atmosferi kirletmeyen ve sera gazı etkisine neden olmayan bir enerji türüdür.
- Tesislerin kurulumu ülke imkânlarıyla gerçekleştirilebilmekte ve enerjide dışa bağımlılığı azaltmaktadır.
- Tesislerin kullanım ömrü uzundur ve yakıt masrafları yoktur.
- İşletme bakım giderleri düşüktür.
- Barajsız HES'ler çevre açısından en yararlı ve zararsız enerji kaynağı olarak görülmektedir.
- Kırsal bölgelerde sağlamış olduğu ekonomik ve sosyal faaliyetler açısından en önemli yenilenebilir enerji türüdür.

#### *1.2.3.5.4. Hidroelektrik santrallerinin olumsuz yönleri*

Hidroelektrik enerji kullanımının olumsuz yönleri ise şu şekilde sıralanabilir (Yaylalı, 2009: 127):

- Barajlı hidroelektrik santrallerinin kurulum maliyeti yüksek ve inşaat süresi uzundur.
- Uzun süreli kuraklık gibi köklü iklim değişikliklerinde verimliliğini kaybedebilmektedir.
- Baraj kapaklarının kontrolsüz açılması durumunda su taşkınları meydana gelebilmekte; bu durum can ve mal kaybına neden olabilmektedir.
- Baraj gölü sahası içinde yerleşmiş halkın göç ettirilmesi sosyal sorunlara neden olabilmektedir.

#### 1.2.4. Hidrojen enerjisi

Hidrojen, doğadaki elementlerin en basiti ve en çok bulunanıdır. Renksiz, kokusuz, zehirsiz ve havadan 14,4 kat daha hafif bir gazdır. Hidrojen, doğada bileşik halde bulunur; tek başına serbest bir element değildir. Bileşiklerinin en çok bilineni ise sudur. Hidrojen, bilinen tüm yakıtlardan daha fazla birim kütle başına enerjiye sahiptir (www.eie.gov.tr, 2017).

Isı ve patlama enerjisinin gerekli olduğu her alanda hidrojen enerjisi kullanılabilir. Kullanımı sonucunda atmosfere sadece su veya su buharı bırakır, zararlı ve tehlikeli bir çıktısı yoktur. Hidrojen enerjisi, petrol ve türevlerine göre ortalama 1,33 kat daha verimli bir enerji türüdür (www.eie.gov.tr, 2017).

Hidrojen üretimi eski zamanlara dayanıyor olmasına rağmen hidrojen enerji sistemleri oldukça yenidir. 1500'lü yıllarda keşfedilen hidrojenin, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliği fark edilmiştir (www.eie.gov.tr, 2017). Günümüzde ise her yıl toplamda 500 milyar m<sup>3</sup> hidrojen üretilmekte ve tüketilmektedir (Karadaş, 2008: 87).

Hidrojenin kullanım alanları aşağıdaki Tablo 22'de gösterilmektedir.

**Tablo 22:** Dünya Hidrojen Kullanım Alanları

	<b>Hidrojen Kullanım Alanları</b>
<b>1</b>	Petrokimya Endüstrisi
<b>2</b>	Suni Gübre Sanayi
<b>3</b>	Bitkisel Margarin Üretimi
<b>4</b>	Gaz veya Sıvı Hidrojen Üretimi
<b>5</b>	Rafineriler
<b>6</b>	Hayvansal Yağ Üretimi

**Kaynak:** Uçak, 2010: 89

Hidrojen, günlük yaşamın önemli alanlarında kullanılmaktadır. Hidrojen enerjisi, kullanım alanları ve tercih edilme sebepleri göz önünde bulundurulduğunda, geleceğin enerjisi olarak nitelendirilmektedir. Bundan dolayı, hidrojen enerjisinin üretilmesi ve teknolojisinin geliştirilmesi için daha çok araştırma ve yatırıma gerek vardır. Ayrıca, toplum da bu konu hakkında daha fazla bilinçlendirmelidir.

#### 1.2.4.1.1. Hidrojen üretilmesi, depolanması ve taşınması

Hidrojen üretilmesinde kullanılan teknik ve teknolojiler şu şekilde sıralanmaktadır (İder, 2003: 102):

- Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan birtakım kimyasal yöntemlerle hidrojen üretilmektedir. En yaygın kullanılan yöntem ise buharlı reaksiyon yöntemidir.
- Elektrik kullanılarak su elektrolize edilmektedir. Bu yöntemle su; oksijen ve hidrojene ayrılmakta ve hidrojen elde edilmektedir.
- Elektroliz yöntemine benzer bir şekilde güneş enerjisinden hidrojen üretilmektedir. Normal elektroliz yöntemine göre daha verimli bir yöntemdir.
- Yeşil yosunlardan fotobiyolojik yöntem ve doğal fotosentez yardımıyla hidrojen üretilmektedir.

Hidrojen, üretildikten sonra belirli koşullarda depolanmakta ve kullanım alanlarına taşınmaktadır. Hidrojenin taşınmasında ve depolanmasında sıvı veya gaz hali kullanılmaktadır. Diğer gazlara göre daha fazla sızma özelliği olmasına rağmen; günümüz teknolojisi sayesinde bu, bir sorun teşkil etmemektedir. Üretilen hidrojen depolanabilmekte veya taşınabilmektedir. Hidrojen gazı depolanacağına, genel olarak,  $-235^{\circ}\text{C}$ 'de sıvı hale dönüştürülmektedir (www.eie.gov.tr, 2017). Taşıma işleminde tankerlerden veya boru hatlarından faydalanılmaktadır. Tankerlerle gaz hidrojen, boru hattıyla sıvılaştırılmış hidrojen taşınmaktadır.

#### 1.2.4.1.2. Hidrojenin olumlu yönleri

Hidrojen enerjisi kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (Gönül, 2012: 67; Işıktaş, 2016: 11):

- Hidrojen yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bundan dolayı temiz ve çevre dostudur.
- Fosil yakıtların aksine sera gazı etkisi yapmaz.

- Atık olarak sadece su ve/veya su buharı salınımı yapar. Zararlı bir çıktısı yoktur.
- Güneş ve suyun olduğu her bölgede üretimi yapılabilir.
- Üretim kaynakları oldukça fazladır. Hemen hemen tüm fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilebilmektedir.
- Taşınması güvenlidir ve nakliyesinde petrol boru hatları kullanılabilir.
- Fosil enerji kaynaklarına göre daha verimlidir.

#### *1.2.4.1.3. Hidrojenin olumsuz yönleri*

Hidrojen enerjisi kullanımının olumsuz yönleri şu şekilde sıralanabilir (Işıktaş, 2016: 12):

- Hidrojenin yoğunluğu diğer gazlara göre daha az olduğu için, bir kaçak durumunda hızla atmosfere dağılmakta ve daha fazla maddi zarara yol açmaktadır.
- Renksiz ve kokusuz olması kolay bir şekilde fark edilememesine neden olmaktadır.
- Hidrojen, diğer yakıtlara göre daha pahalıdır.
- Boru hatlarının kurulumu oldukça masraflıdır. Hidrojen taşımacılığı için boru hatlarının kurulması durumunda ekstra bir masraf meydana gelmektedir.

#### *1.2.4.2. Deniz kökenli enerjiler*

Dünyanın dörtte üçünün su olması ve enerjiye olan ihtiyacın gün geçtikçe artması, deniz ve okyanuslardan enerji üretme fikrini ortaya çıkarmıştır. Deniz ve okyanuslardan sistemli bir şekilde enerji üretme tekniğinin diğer enerji üretme tekniklerinden daha yeni ve az keşfedilmiş olmasına rağmen, bu enerji türünün kullanılabilir hale getirilmesi fikri yeni değildir. Eski Yunanlılarda gelgit enerjisi ile çalışan değirmenler mevcuttu. 1100 ve 1900 yılları arasında İngiltere ve Kuzey Avrupa’da da gelgit enerjisiyle çalışan değirmenler yaygın olarak kullanılmıştır. 1882 yılında ise

okyanus ısısından faydalanma fikri gündeme gelmiştir. 1970'lerdeki enerji krizinden sonra, okyanuslardan ticari amaçlı enerji üretimi daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır (Tester, J. W. ve öte., 2005: 590).

Deniz kökenli enerji; dalga, gelgit ve okyanus ısı enerjilerini kapsamaktadır. Bu enerji kaynaklarından enerji üretmek için herhangi bir girdiye ihtiyaç yoktur ve enerji üretimi sonrasında herhangi bir atık oluşmamaktadır. Ayrıca, doğa yaşamını ve canlıları etkilememektedir; doğa ve canlılar için zararsız, çevreci ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Deniz kökenli enerjilerin başlıcaları aşağıda açıklanmaktadır.

#### *1.2.4.2.1. Dalga enerjisi*

Güneş ışınlarının yeryüzünün farklı bölgelerini farklı ölçüde ısıtması sonucunda basınç farklılıklarının meydana geldiğini ve bunun sonucunda rüzgâr oluştuğunu daha önce açıklamıştık. Rüzgârların deniz ve okyanus gibi sularda meydana getirdiği su hareketlerine ise dalga denilmektedir. Sonuç olarak, dalga enerjisinin kökeninde diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kökeninde olduğu gibi güneş vardır.

Dalga enerjisi, denizde meydana gelen dalgalardan faydalanarak enerji üretme işlemini ifade etmektedir. Dalga enerjisi tesisi, dalga açısından zengin kıyılarda, açık denizlerde veya okyanuslarda kurulmaktadır. Bu tesisler su yüzeyine kurulabileceği gibi su altında da kurulabilmektedir. Genel olarak, dalgaların su türbinlerini döndürmesiyle elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Elektrik üretiminin yanında hidrojen üretimi ve depolama işlemleri de yapılmaktadır.

Okyanus ve denizlerdeki dalgalar hemen hemen günün her saatinde kullanılmaya elverişlidir. Buradan hareketle, dalga enerjisinden elektrik üretimi her zaman yapılabilmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle ve araştırmaların artmasıyla, dalga enerjisinin kullanımı ve verimliliği yıllar itibarıyla artış göstermektedir.

#### *1.2.4.2.2. Gelgit enerjisi*

Ay ve güneşin konumlarının değişmesinden dolayı meydana gelen kütle çekim kuvvetleri sonucunda deniz ve okyanusların yükselip alçalmasına

gelgit (med cezir) denilmektedir. Gelgit olayı günde iki kez meydana gelmekte ve zamanı önceden tahmin edilebilmektedir (www.muhendisbeyinler.net, 2017).

Gelgit enerjisi de bu doğa olayından, yani suların yükselip alçalmasından yararlanarak enerji üretilmesi işlemidir. Gelgit enerji tesisleri, gelgit yoğunluğunun yüksek olduğu ırmak ağzlarına veya deniz girişlerine barajlar inşa edilerek yapılmaktadır. Suların, yükseldiği zaman içeri girebilecekleri ve alçaldığı zaman da dışarı çıkabilecekleri bir tünel bulunmaktadır. Tünelin içerisine yerleştirilen türbinler su hareketleri ile harekete geçmekte ve bağlı bulunan jeneratörler vasıtasıyla da elektrik üretilmektedir. Bu enerji üretim yöntemi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde olup geleceğin enerjileri arasında düşünülmektedir (Gezer, 2013: 57).

#### 1.2.4.2.3. Okyanus ısısı enerjisi (OTEC)

Kıtalar arasında kalan büyük ve derin çukurları dolduran su kütleleri okyanus olarak isimlendirilmektedir. Okyanuslar derinliği çok fazla olan büyük su kütleleri olduğundan; su yüzeyi ile derin kesimler arasında sıcaklık farkı bulunmaktadır. Güç sistemleri vasıtasıyla bu sıcaklık farkından enerji üretilmekte ve bu enerji okyanus ısısı enerjisi (OTEC) olarak isimlendirilmektedir.

Okyanus ısısı enerji üretiminde, okyanusların güneş enerjisinden aldığı sıcaklık elektriğe dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm işleminin verimli olabilmesi için okyanusun yüzey ve derin kesimleri arasındaki sıcaklık farkının minimum 20°C olması gerekmektedir (Üçgül ve Elibüyük, 2015: 2).

Kaynama noktası çok düşük olan amonyak ve propan gibi bileşikler, okyanusun yüzeyindeki ısınmış sular yardımıyla buharlaştırılmakta ve bu buharın türbinleri döndürmesiyle de elektrik üretilmektedir. Borularda dolaşan bu buhar, okyanusun derin kesimlerindeki soğuk su yardımıyla yoğunlaştırılarak tekrar dolaşıma gönderilmektedir. Kullanılan bu döngü ile okyanus ısısından elektrik üretilmektedir.

#### 1.2.4.2.4. Küresel deniz kökenli enerji potansiyeli

Deniz kökenli enerji kaynaklarından olan gelgit, dalga ve okyanus ısısının teknik potansiyeli ve kullanılabilir potansiyeli aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

**Tablo 23:** Küresel Okyanus Enerjisinin Teknik ve Kullanılabilir Potansiyeli

Enerji Kaynağı	Teknik Potansiyel (GW/Yıl)	Kullanılabilir Potansiyel (GW/Yıl)
Gelgit	2500	20
Dalga	Kıyıda: 2700 Kıyıdan Uzakta: 10000	500
Okyanus Isısı (OTEC)	$2 \times 10^5$	Kıyıda: 40 Kıyıdan Uzakta: 10000

**Kaynak:** Ablabekova, 2008: 127

Deniz kökenli enerjilerin teknik potansiyeli çok yüksek iken; kullanılabilir enerji potansiyeli, diğer enerji kaynaklarında olduğu gibi, daha düşüktür. Buna rağmen, değerlendirilmesi gereken önemli bir enerji kaynağıdır. Küresel deniz kökenli enerji kaynaklarının kullanılabilir potansiyeline bakıldığında; gelgit enerjisinin 20 GW, dalga enerjisinin 500 GW, okyanus ısısı enerjisinin kıyılarda 40 GW ve kıyıdan uzak alanlarda 10.000 GW olduğu görülmektedir.

#### 1.2.4.2.5. Küresel okyanus enerjisinin kurulu gücü

Küresel dalga ve gelgit enerjisi kurulu gücü 2.000'lerin başında 265 MW iken, 2010 yılında 271 MW'a ve 2014 sonunda 534 MW'a ulaşmıştır. Asya kıtası 259 MW ve Avrupa kıtası 250 MW ile küresel üretim kapasitesinin yaklaşık %95'ini oluşturmaktadır.



**Tablo 24:** Ülkeler Bazında Okyanus Enerjisinin Kurulu Gücü (2016 )

	<b>Dalga Enerjisi (MW)</b>	<b>Gelgit Enerjisi (MW)</b>	<b>Okyanus Isı Enerjisi OTEC (MW)</b>
<b>Avustralya</b>	1.25	-	-
<b>Kanada</b>	0.759	20.5	-
<b>Çin</b>	0.5	4.3	0.015
<b>Fransa</b>	-	242.5	-
<b>Japonya</b>	0.15	0.61	-
<b>Hollanda</b>	-	1.3	-
<b>Norveç</b>	0.2	-	-
<b>Portekiz</b>	0.5	-	-
<b>Güney Kore</b>	0.5	255.5	0.2
<b>İspanya</b>	0.3	-	-
<b>İsveç</b>	0.2	0.008	-
<b>İngiltere</b>	1	2.1	-

**Kaynak:** Ernst & Young 2016 verilerinden oluşturulmuştur.

2016 yılı verileriyle oluşturulmuş, ülkeler bazında okyanus enerjisi kurulu gücü tablosuna bakıldığında; en çok kullanılan deniz kökenli enerjinin gelgit enerjisi olduğu görülmektedir. Gelgit enerjisi üretiminde Fransa ve Güney Kore, küresel üretimin çok büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Gelgit enerjisinden sonra en çok kurulu güce sahip deniz kökenli enerji, dalga enerjisidir. Dalga enerjisi kurulu gücü bakımından, Avustralya ve İngiltere lider ülkeler konumundadırlar. Okyanus ısı enerjisinin kurulu gücü ise diğer deniz kökenli enerjilere göre daha azdır (Tablo 24).

**Tablo 25:** Ülkeler Bazında Planlanmış Okyanus Enerjisi Gücü (2016 )

<b>Ülkeler</b>	<b>Dalga Enerjisi (MW)</b>	<b>Toplam Gelgit Enerjisi (MW)</b>	<b>Okyanus Isı Enerjisi OTEC (MW)</b>
<b>Avustralya</b>	3	-	-
<b>Kanada</b>	-	22	-
<b>Çin</b>	2.8	5.3	-
<b>Danimarka</b>	0.05	-	-
<b>Fransa</b>	1.5	14	10
<b>Japonya</b>	350	-	-
<b>Hollanda</b>	-	1.6	-
<b>Norveç</b>	40	9.8	-
<b>Portekiz</b>	5	-	-
<b>Güney Kore</b>	0.3	0.2	1
<b>İsveç</b>	-	10.4	-
<b>İngiltere</b>	40	96	-

**Kaynak:** Ernst & Young 2016 verilerinden oluşturulmuştur.

Ülkeler, önümüzdeki yıllarda deniz kökenli enerji kaynaklarında daha fazla yararlanmayı planlamaktadırlar. Planlanmış küresel okyanus enerjisi gücünü gösteren Tablo 25'e bakıldığında bu durum açıkça görülmektedir. Planlanmış dalga enerjisinde 350 MW ile Japonya, planlanmış toplam gelgit enerjisinde 96 MW ile İngiltere ve planlanmış okyanus ısı enerjisinde 10 MW ile Fransa lider ülke konumundadır.

#### 1.2.4.2.6. *Deniz kökenli enerji kullanımının olumlu yönleri*

Deniz kökenli enerji kullanımının olumlu yönleri şu şekilde sıralanabilir (Koca, T. ve Çıtlak, A., 2008):

- Deniz alanlarında kurulması sebebiyle, tarım alanlarını işgal etmez ve tarım yapılmasını engellemez.
- Yerel bir enerji kaynağı olduğu için enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasına destek olur.
- Yenilenebilir bir enerji kaynağı olup yakıt maliyeti olmamasından dolayı her türlü kriz etkisinden uzaktır.
- İhtiyaç duyulan enerjiye göre tesisin boyutları ayarlanabilmektedir.
- Dalga enerjisi santrallerinin üzerine restoran, sosyal tesis gibi turizm amaçlı yapılar kurulabilir.
- Dalyan görevi görerek balık türleri ve denizdeki canlı ekolojisi için olumlu katkı yapmaktadır.

#### 1.2.4.2.7. *Deniz kökenli enerji kullanımının olumsuz yönleri*

Deniz kökenli enerji kullanımının olumsuz yönleri ise şu şekilde sıralanabilir (Koca, T. ve Çıtlak, A., 2008: 12; Çukurçayır, M. A. ve Sağır, H. 2008: 257):

- Kurulacak tesislerin ilk yatırım maliyetleri yüksektir.
- Kıyıya yakın yerlerde kurulan tesisler gürültü ve görüntü kirliliğine neden olabilmektedir.
- Kıyıdan uzak yerlerde iyi planlanmamış bir biçimde kurulan tesisler, deniz taşımacılığına ve deniz ticaretine engel olabilmektedir.

- Köklü iklim değişikliği veya su seviyelerinin aşırı düşmesi gibi doğa olaylarında, kurulan tesisler etkinliğini ve verimliliğini kaybedebilir.
- Bazı bölgelerde kurulan tesisler suyun bulanmasına neden olmakta ve deniz canlıları için negatif bir ortam ortaya çıkarmaktadır.





## 2. BÖLÜM

### TÜRKİYE'DE NÜKLEER ENERJİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Türkiye, hem fosil hem de yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olmasına rağmen enerjide kendine yetemeyen ve dışa bağımlı bir ülke konumundadır. Bunun altında yatan en önemli nedenlerin başında Türkiye'nin yetersiz fosil enerji kaynaklarına sahip olması ve yenilenebilir enerji kaynaklarını tam ve verimli bir şekilde değerlendirememesi sayılabilir. Ayrıca, kıt fosil enerji kaynaklarına sahip olan Türkiye'nin, elektrik üretiminin ortalama %55'ini ithal kaynaklardan elde etmesi enerjide dışa bağımlılığın bir göstergesidir. Türkiye'nin yenilenebilir enerjideki durumu ise aşağıda başlıklar halinde ele alınmaktadır.

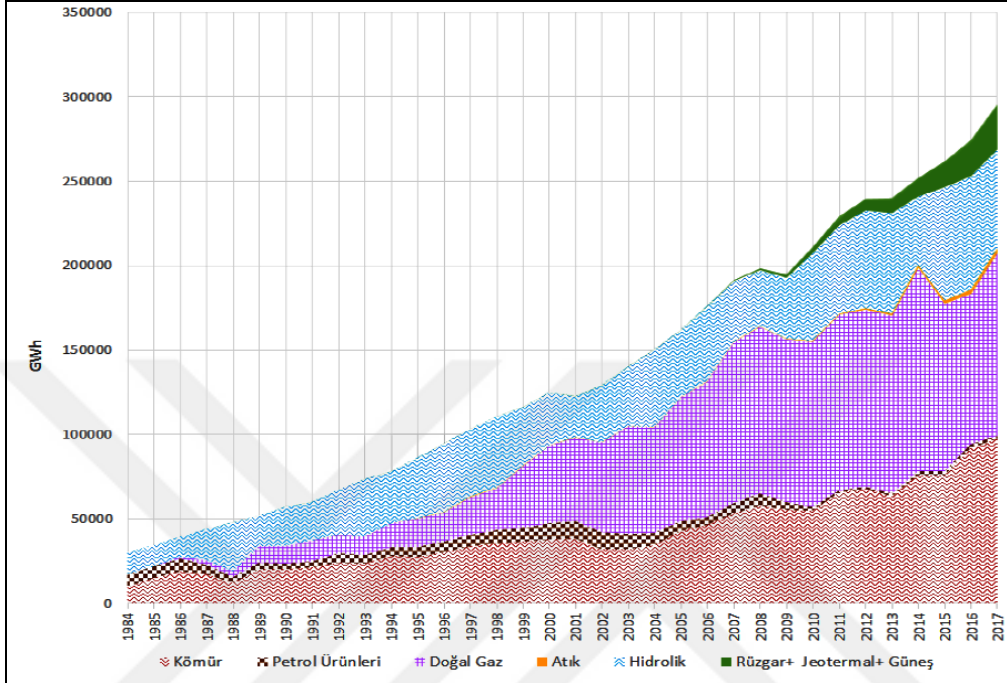
#### 2.1. Türkiye'de Elektrik Enerjisi ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payı

Türkiye, coğrafi konumu sayesinde yenilenebilir enerji kaynakları açısından oldukça avantajlı bir konumda olmasına rağmen; yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim seviyesi düşük kalmaktadır. Potansiyel enerji seviyesi ile enerjiden yararlanma arasındaki farkın büyük olmasının altında maliyetler ve yasal düzenlemeler gibi faktörler yatmaktadır. Enerjide dışa bağımlılığın azaltılması için yenilenebilir enerji kaynaklarının iyi değerlendirilmesi hayati önem taşımaktadır.

Türkiye'de toplam enerji üretiminin kaynaklara göre gelişimi Şekil 14'te gösterilmektedir. Grafiğe göre, Türkiye'nin enerji üretimi yıllar itibariyle önemli ölçüde artmıştır. Fakat bu artışın temelinde yenilenebilir enerji kaynakları değil kömür ve doğalgaz gibi fosil enerji kaynakları yer almaktadır. 2009 yılına kadar yenilenebilir enerji kullanımı gölgede kalmıştır.

Türkiye'nin 2009 yılı yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü 15,5 GW seviyesinden 2015 yılında 31,7 GW seviyesine, 2016 yılının sonunda

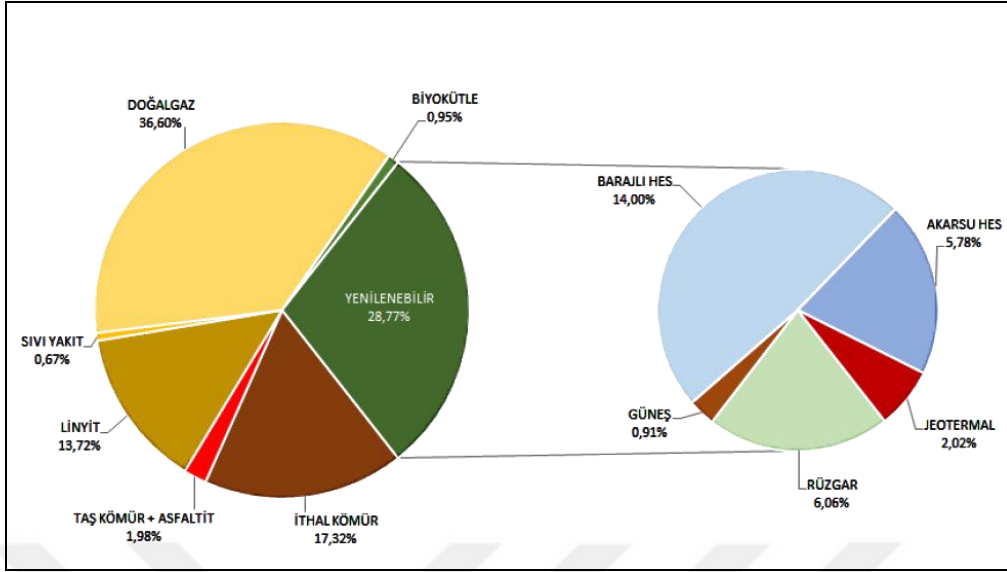
ise 34,2 GW seviyesine yükselmiştir. Buradan da anlaşılabilir gibi, 2009 yılından itibaren yenilenebilir enerjide önemli gelişmeler kaydedilmiştir (IEA, 2016: 166-167).



**Şekil 14:** Türkiye’de Toplam Enerji Üretiminin Kaynaklara Göre Gelişimi  
**Kaynak:** TMMOB, 2018: 81

2017 yılında, toplam elektrik üretimi içinde hidroelektriğin payı %19,8’e düşmüştür. Bu düşüşte kuraklık ve su miktarındaki azalmanın etkili olduğu belirtilmelidir. Son üç yılda güneş, rüzgâr ve jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ise büyük bir artış gözlemlenmiş ve 2017 yılında toplam enerjinin %9’u bu kaynaklardan karşılanmıştır (TMMOB, 2018: 82).

Doğalgazdan elektrik üretiminde 2014, 2015 ve 2016 yıllarında bir düşüş görülmüş ve bu yıllarda sırasıyla 120.576 GWh, 99.219 GWh ve 89.227 GWh elektrik üretilmiştir. 2017 yılında ise yeniden artış göstererek 108.169 GWh seviyesine yükselmiştir. Toplam elektrik üretimi içinde doğalgazın payı 2016 yılında %32,5 iken; bu oran 2017 yılında %36,6’ya yükselmiştir. Kömürün payı ise her ne kadar önceki yıllarda sürekli artış göstermiş olsa da 2016 ve 2017 yıllarında değişmemiş ve %33 bandında kalmıştır (TMMOB, 2018: 83).



Şekil 15: 2017 Yılındaki Türkiye Elektrik Üretim Kaynaklarına Göre Dağılımı

Kaynak: TMMOB, 2018: 82

Yukarıdaki Şekil 15'te, 2017 yılına ait Türkiye elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı gösterilmekte, grafiğin sayısal değerleri ise aşağıda (Tablo 26'da) yer almaktadır.

Tablo 26: 2017 Yılındaki Türkiye Elektrik Üretim Kaynaklarına Göre Dağılımı

Enerji Kaynağı	GWh	Toplam içindeki % Payı
İthal Kömür	51.172,2	71,23
Taş Kömürü + Asfaltit	5.848,5	
Linyit	40.540,4	
Sıvı Yakıt	1.971,5	
Doğalgaz	108.168,8	
Biyokütle	2.796,6	
<b>Termik Toplam</b>	<b>210.498</b>	
Rüzgâr	17.909,3	28,77
Güneş	2.683,7	
HES (Barajlı)	41.368	
HES (Akarsu)	17.082	
Jeotermal	5.969,7	
<b>Yenilenebilir Toplam</b>	<b>85.012,6</b>	
<b>Toplam Enerji Üretimi</b>	<b>295.510,6</b>	<b>100</b>

Kaynak: TMMOB, 2018: 82

Tablo 26'ya göre, 2017 yılında Türkiye elektrik üretiminin %71,23'ü termik santrallerden elde edilmiştir. Bunlar içindeki en büyük pay ise 108.168,8 GWh ile doğalgaza aittir. Diğer taraftan, 2017 yılında Türkiye

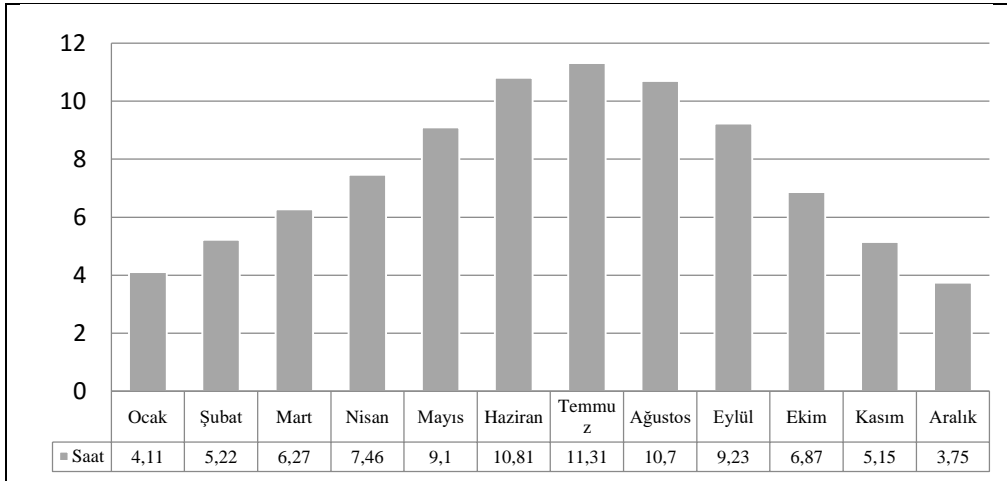
elektrik üretiminin %28,77'si yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Burada en büyük pay 41.368 GWh ile barajlı hidroelektrik santrallerine aittir.

## 2.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi

Türkiye’de 2010 yılına kadar güneş enerjisinden sadece binaların çatılarında, su ısıtma amacıyla yararlanılmaktaydı. 2010 yılından itibaren güneş enerjisinden elektrik üretme çalışmaları gündeme gelmiş ve ilk kurulu güç 2014 yılında faaliyete başlamıştır. 2017 yılı güneş enerjisi kurulu gücü ilk yıllara göre 50 kat artmıştır. Ancak, güneşlenme sürelerinin ve radyasyon değerlerinin çok fazla olduğu Türkiye’de, güneş enerjisi kurulu güç miktarının toplam kurulu güç içindeki payı %4,01 gibi düşük bir seviyede kalmaktadır. Türkiye her ne kadar güneş enerjisinden elektrik üretme konusunda geç kalsa da bu oranların artarak devam edeceği öngörülmektedir.

### 2.2.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, coğrafi konumu neticesinde güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeye göre avantajlı durumdadır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü’nün yapmış olduğu çalışmaya göre Türkiye’nin güneşlenme süreleri Şekil 16’da gösterilmektedir.



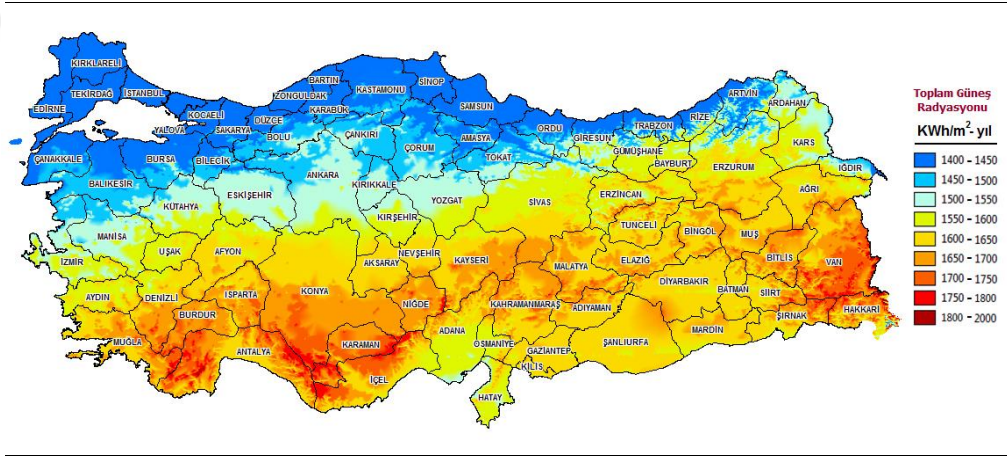
Şekil 16: Türkiye’nin Günlük Güneşlenme Süreleri (Saat)

Kaynak: www.yegm.gov.tr, 2017



Türkiye’de yıllık toplam güneşlenme süresi ortalama 2.740 saat, günlük ise ortalama 7,5 saat olarak hesaplanmıştır. Yaz aylarında günlük güneşlenme süreleri artarken kış aylarında azalmaktadır. Buna rağmen Türkiye’de, 110 gün verimli güneş enerjisi kapasitesi vardır ve bu diğer ülkelerle karşılaştırıldığında önemli bir kapasitedir.

Türkiye’de üç dereceden düşük eğimli, yıllık ortalama güneşlenme süresi 1650 kWh/m<sup>2</sup>’den yüksek ve enerji santrali kurmaya elverişli bölgeler göz önünde bulundurularak, Türkiye’nin termik güneş enerji potansiyeli yılda 380 milyar kWh olarak belirlenmiştir (TEİAŞ, 2017: 1).



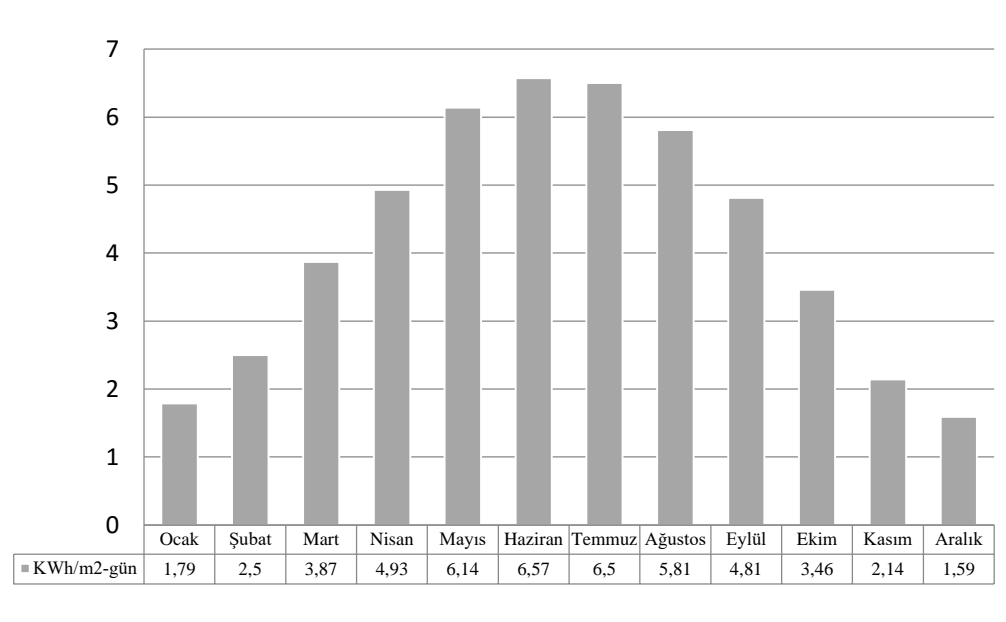
Şekil 17: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

Kaynak: www.yegm.gov.tr, 2017

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası, Türkiye’de güneş enerjisinin özelliklerini ve dağılımını göstermek amacıyla oluşturulmuştur. Bu harita yardımıyla, güneşten faydalanılarak enerji üretilecek bölgeler belirlenebilmekte ve verimlilik analizi yapılabilmektedir.

Şekil 17’deki Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası incelendiğinde, güneyden kuzeye gidildikçe güneşlenme potansiyelinin azaldığı görülmektedir. Karadeniz bölgesi, yağmurlu gün sayısının fazla olması ve coğrafi konumundan dolayı ez az ışınımına sahip bölgedir. Marmara ve Ege bölgeleri orta düzeyde ışınımına sahipken, diğer bölgeler daha fazla ışınımına sahiptir. Türkiye’de en fazla güneş alan bölgelerin başında Güneydoğu Anadolu, ardından Akdeniz Bölgesi gelmektedir ve bu bölgelerde güneş

enerjisinden bütün yıl boyunca verimli bir şekilde faydalanılabilmektedir. Diğer bölgelerde ise yılın %70'inde verim elde edilebilmektedir.



**Şekil 18:** Türkiye Global Radyasyon Değerleri

**Kaynak:** www.yegm.gov.tr, 2017

Günlük güneşlenme sürelerinin yıl içinde dalgalanmasına paralel olarak radyasyon değerleri de yıl içinde dalgalanmaktadır. Şekil 18'de, bir günde m<sup>2</sup>'ye düşen ortalama radyasyon değerlerinin aylara göre dağılımı verilmiştir. Yaz aylarında m<sup>2</sup>'ye düşen enerji miktarı artıp haziran ayında maksimum seviyeye ulaşırken, kış aylarında bu miktar azalmakta ve aralık ayında minimum seviyeye düşmektedir.

### **2.2.2. Türkiye Elektrik üretiminde Güneş Enerjisinin Payı ve Gelişimi**

Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretiminde kullanılmakta olan iki yöntem vardır:

Lisanssız üretim modeli, şebekeye ihtiyaç duymadan kendi öz elektriğini üreten izole tesisler ile kendi öz elektriğini ürettikten sonra kalanını şebekeye aktaran küçük santrallerden oluşmaktadır. Bu tesislerin kurulu gücü azami 1 MW'tır.

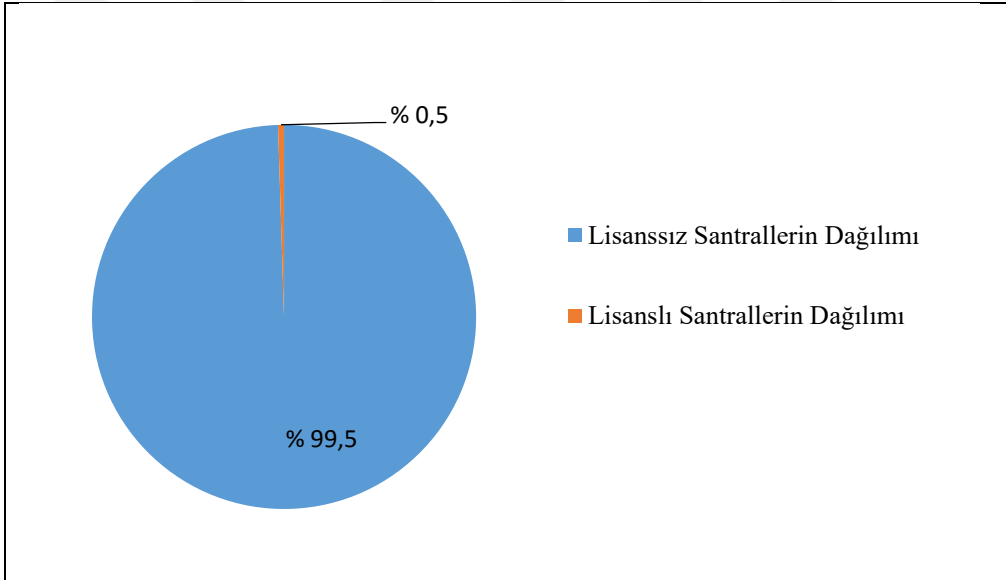
Lisanslı üretim modeli, şebekeye bağlantılı, piyasada faaliyet göstermek üzere kurulmuş, kurulu gücü 1 MW'ı aşan daha büyük santrallerden oluşmaktadır.

**Tablo 27:** Güneş Enerjisi Santrallerinin Sayısında ve Kurulu Gücündeki Değişim

Yıllar	Lisanslı		Lisanssız	
	Santral Sayısı	Toplam Kurulu Gücü(MW)	Santral Sayısı	Toplam Kurulu Gücü(MW)
2016	2	12,9	1043	819,6
2017	3	17,9	3613	3402,8

Kaynakça: TMMOB, 2018: 359

Tablo 27 ışığında, lisanslı güneş enerjisi santral sayısının 2016 yılına göre 2’den 3’e, lisanssız santral sayısının ise 1.043’ten 3.613’e çıktığı görülmektedir. Güneş enerjisi santrallerinin kurulu gücü incelendiğinde, lisanslı santrallerin kurulu gücünün 12,9 MW’tan 17,9 MW’a, lisanssız santrallerin ise 819,6 MW’tan 3402,8 MW’a yükseldiği görülmektedir.



**Şekil 19:** Güneş Enerjisindeki Kurulu Gücün Dağılımı (%)

Kaynak: TMMOB, 2018: 360

EPDK 2017 yılı verilerine göre, tam kapasite ile işletmede olan 2 adet lisanslı güneş enerjisi santrali bulunmaktadır. Bu santrallerden birincisi Elazığ’da bulunan 8 MW ve Erzurum’da bulunan 4,9 MW kapasiteli santrallerdir.

Şekil 19’da görüldüğü üzere, lisanslı güneş enerjisi santrallerinin çok küçük bir yüzdeye sahip olması dikkat edilmesi gereken bir sorundur. Lisans almadaki zorluklar, bürokratik süreçler, bu süreçlerin uzun olması ve bölgeler arası uygulama farklılıkları bu sorunun temel nedenlerindedir. Güneş enerjisinin en iyi şekilde değerlendirilmesi için lisanslı santrallerin

daha fazla yaygınlaşması gerekmektedir. Çünkü usulüne ve tekniğine uygun olmadan kurulan santrallerin verimi düşük olmakta ve bu santraller, kapasiteyi dolduran boş yatırımlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

**Tablo 28:** Türkiye’de Güneş Enerjisinin Durumu

Yıl	Güneş Enerjisi Kurulu Gücü (MW)	Toplam Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücü (MW)	Türkiye Toplam Enerji Kurulu Gücü (MW)	Toplam Kurulu Güç İçerisinde Güneş Enerjisinin Payı (%)	Kurulu Yenilenebilir Enerji İçinde Güneş Enerjisinin Payı (%)
2014	40,2	28.017,1	69.519,8	0,06	0,14
2015	248,8	31.613,8	73.146,7	0,34	0,79
2016	832,5	34.582,2	78.497,4	1,06	2,41
2017	3.420,7	38.848,8	85.200,0	4,01	8,81

Kaynak: TMMOB, 2018: 364

Tablo 28’e bakıldığında; toplam enerjinin kurulu gücünün, yenilenebilir enerjinin kurulu gücünün ve güneş enerjisi kurulu gücünün yıllar itibariyle arttığı görülmektedir. Ayrıca, Türkiye’nin güneş enerjisinden faydalanma seviyesi ve güneş enerjisi kurulu gücünün yenilenebilir enerji kaynakları içindeki payı da yıllar itibariyle katlanarak artmaktadır. Bu durum, güneş enerjisinden elektrik üretme potansiyeli oldukça fazla olan ülkemizde enerjide dışa bağımlılığı azaltmada doğru bir adım olmakla birlikte henüz yeterli bir seviyede değildir.

### 2.3. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi

Türkiye’de ticari boyutta rüzgâr enerjisinden elektrik üreten ilk türbin 1984 yılında Çeşme’de kurulmuştur. 1998 yılında yine Çeşme’de kurulan ve her biri 500 kW olan 3 rüzgâr türbini ile rüzgâr enerjisi santralleri kurulumu başlatılmıştır (EMO, 2016: 26). Ancak, 2001 yılına kadar kurulan tesisler, yenilenebilir enerjiye dair herhangi bir kanun ve yönetmelik olmadan kurulmuştur. 2001 yılında çıkarılan “Elektrik Piyasası Kanunu”, yenilenebilir enerji kaynaklarının ele alındığı ilk yasadır. 2005 yılında çıkarılan 5346 sayılı YEK kanunu ise rüzgâr enerjisi hakkında yapılan en önemli hukuki çalışma niteliğindedir. Bu kanunla beraber yenilenebilir enerjilerin garanti

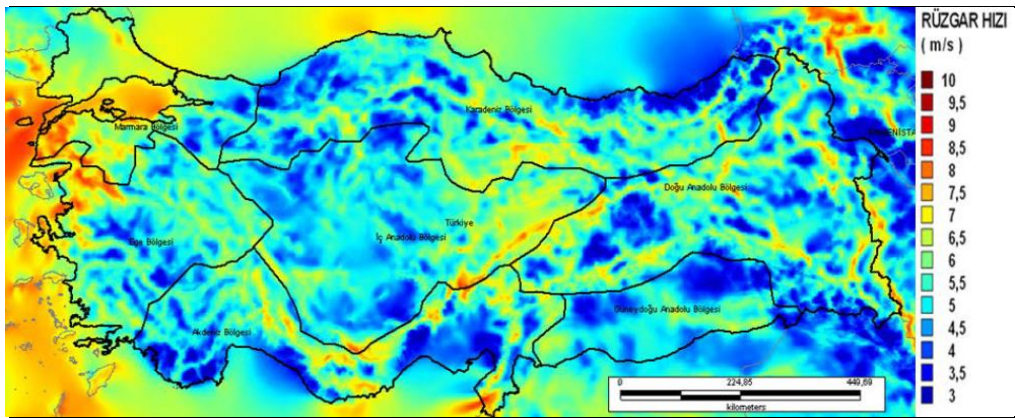
alım süreleri 7 yıldan 10 yıla çıkarılmıştır. Buna ilaveten elektrik taban fiyatı 7,3 ABD doları/kWh olarak belirlenmiş ve bunun sonucunda yatırımlar hız kazanmıştır (Adıyaman, 2012: 60-61).

### 2.3.1. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olan Türkiye, rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından da zengin ülkeler arasındadır. Üç tarafı denizlerle kaplı olan Türkiye’nin yaklaşık 3.500 km kıyı şeridi bulunmaktadır. Marmara ve Ege bölgelerinin kıyı şeritleri ise düzenli olarak rüzgâr almaktadır (TMMOB, 2016: 238).

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA), Türkiye’deki rüzgâr kaynaklarının özelliklerini ve dağılımını belirleme amacıyla 2006 yılında oluşturulmuştur. REPA’dan yararlanılarak rüzgâr enerjisi yatırımlarının yapılacağı aday bölgeler tespit edilebilmektedir.

Yıllık ortalama değerlerden görüleceği gibi; Türkiye’nin en şiddetli rüzgâr alan bölgeleri arasında kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların yüksek kesimleri yer almaktadır. Açık alanlarda en yüksek rüzgâr potansiyeline sahip bölgeler arasında Türkiye’nin batı kıyıları, Marmara Denizi çevresi ve Antakya yakınlarındaki küçük bir bölge yer almaktadır. Orta şiddetli rüzgâr alan bölgeler ise Türkiye’nin orta kesimleridir.



Şekil 20: Türkiye Rüzgâr Atlası (REPA) (50 Metre Yükseklikteki)

Kaynak: www.yegm.gov.tr, 2017

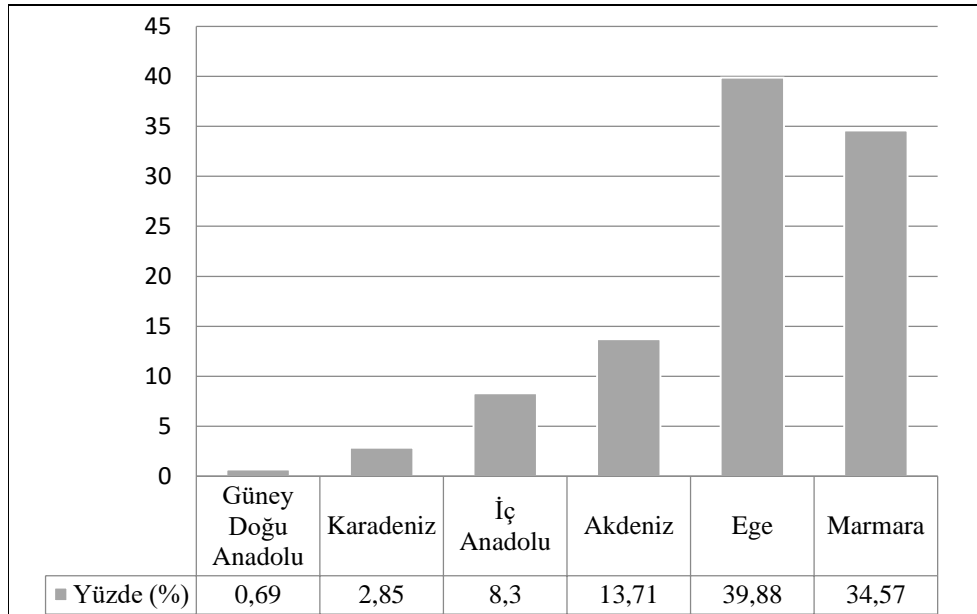
Şekil 20’deki REPA incelendiğinde; Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz Bölgelerinin yerden 50 metre yükseklikteki rüzgâr potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir.

**Tablo 29:** REPA'ya göre Türkiye Rüzgâr Potansiyeli (YEGM)

Rüzgâr Kaynak Derecesi	Rüzgâr sınıfı	50 m'de Rüzgâr Gücü Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )	50 m'de Rüzgâr Hızı (m/s)	Toplam Alan (km <sup>2</sup> )	Rüzgârlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç (MW)
Orta	3	300	6,5	16.781,39	2,27	83.906,00
İyi	4	400	7,0	5.851,87	0,79	29.259,36
		500	7,5			
Harika	5	500	7,5	2.598,86	0,35	12.994,32
		600	8,0			
Mükemmel	6	600	8,0	1.079,98	0,15	5.399,92
		800	9,0			
Sıradışı	7	> 800	> 9,0	39,17	0,01	195,84
<b>Toplam</b>				<b>26.351,28</b>	<b>3,57</b>	<b>131.756,40</b>

Kaynakça: TMMOB, 2018: 332

Yine REPA'ya göre, Türkiye'nin iyi, harika ve mükemmel dereceli enerji potansiyeli toplam 47.849,44 MW olarak belirlenmiştir. Söz konusu araziler ise Türkiye'nin toplam arazilerinin %1,30' una denk gelmektedir (Tablo 29).



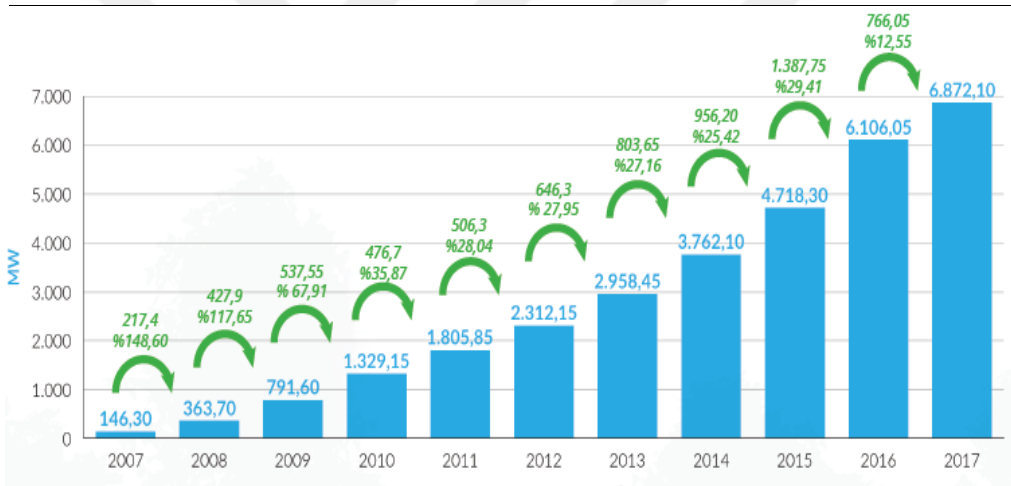
**Şekil 21:** Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücünün Bölgelere Göre Dağılımı (Temmuz 2017 itibarıyla)

Kaynak: TMMOB, 2018: 333

Şekil 20 ve Şekil 21 beraber incelendiğinde; rüzgâr enerjisi kurulu gücünün bölgelere göre dağılımının, rüzgâr enerjisi potansiyeli haritası ile paralellik gösterdiği görülmektedir. Dolayısıyla REPA, oluşturulma amacına uygun olarak rüzgâr enerjisinin Türkiye’deki durumunu ve özelliklerini gösteren bir alt yapı oluşturmaktadır.

### 2.3.2. Türkiye Elektrik Üretiminde Rüzgâr Enerjisinin Payı ve Gelişimi

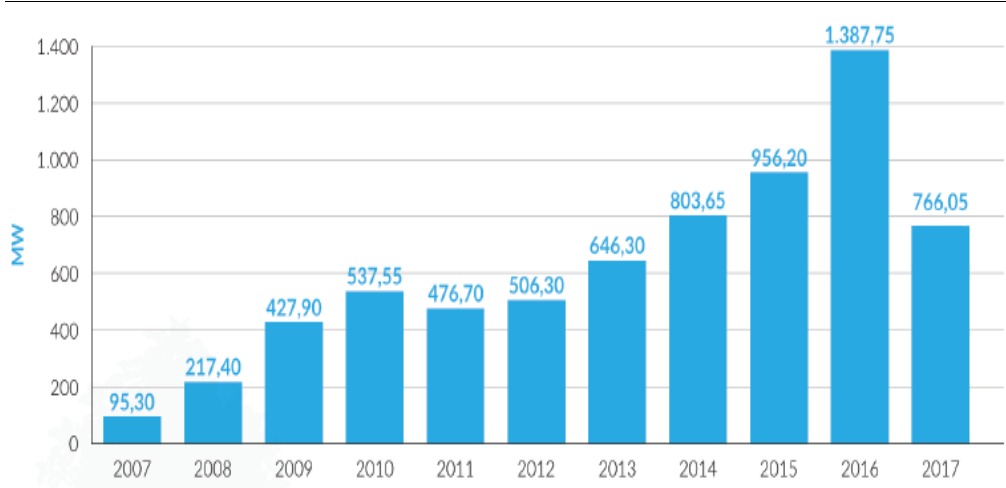
Türkiye’de şebekeye bağlı ve lisanslı rüzgâr enerjisinden elektrik üreten 160 santralin toplam kurulu gücü (2017 itibariyle) 6.872,10 MW’tır. Bu ise Türkiye toplam kurulu gücünün yaklaşık %8’ine denk gelmektedir. Türkiye’deki rüzgâr enerjisi santrallerinin yıllara göre değişimi şekil 22’de gösterilmektedir.



Şekil 22: Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Kümülatif Kurulumu

Kaynak: TUREB, 2018: 5

Kümülatif olarak oluşturulmuş Şekil 22 incelendiğinde, rüzgâr enerjisi kurulu gücünün yıllar itibariyle hep arttığı görülmektedir. 2017 yılında, 2016’ya göre %12,5’lik bir artış yaşanmış ve Türkiye toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 6.872,10 MW’a ulaşmıştır.



**Şekil 23:** Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Yıllık Kurulum  
**Kaynak:** TUREB, 2018: 6

Şekil 23’te, Türkiye’de yıllar itibariyle kurulan rüzgâr enerjisi kurulu gücü verilmiştir. 2007-2017 dönemi incelendiğinde; 2016 ve 2017 yılları haricinde çok büyük dalgalanmalar yaşanmamıştır. 2016 yılında rüzgâr enerjisi kurulumunda büyük bir artış görülürken 2017 yılında ise büyük bir azalış görülmektedir.

#### 2.4. Türkiye’de Jeotermal enerji

Jeotermal enerji, tektonik hareketlilik sonucunda ortaya çıkan önemli ve yerli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Elektrik üretimi, ısıtma, kurutma ve termal-sağlık turizmi jeotermal enerjinin Türkiye’deki başlıca kullanım alanlarıdır.

Türkiye’de jeotermal enerjinin kullanılması ile ilgili ilk çalışma 1962 yılında yapılmıştır ve bu çalışmalar günümüze kadar Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmüştür. Ayrıca, 2007 yılında çıkarılan ”Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu” ile jeotermal anlamında ilk ciddi kanuni çalışma yapılmıştır. Bunun sonucunda, bu alana yapılan yatırımlarda ciddi bir artış gözlenmiştir. MTA tarafından günümüze kadar 227 jeotermal bölge tespit edilmiştir. Elektrik üretimi ve doğrudan kullanım amaçlı, yaklaşık 650’si MTA tarafından olmak üzere, 1.250 civarında sondaj kuyusu açılmıştır. Özellikle 2016-2017 döneminde, elektrik üretimi amaçlı yaklaşık 600 sondaj kuyusu açılmıştır (TMMOB, 2018: 383).







**Şekil 25: Jeotermal Kaynakların Dağılımı ve Uygulama Alanları**  
**Kaynak:** www.mta.gov.tr, 2018

Şekil 25’deki haritada jeotermal kaynakların dağılımı ve bu kaynakların kullanım alanları gösterilmektedir. Türkiye’nin jeotermal enerji kaynaklarının %95’ini düşük sıcaklıklı (20°C - 70°C) kaynaklar oluşturmakta ve bu bölgelerde jeotermal enerjiden doğrudan kullanım olarak yararlanılmaktadır. Sıcaklığı 150°C’nin üzerinde olan sular ise yüksek sıcaklıklı su olarak nitelendirilmekte ve bu bölgelerde elektrik üretimi yapılmaktadır. Harita incelendiğinde, elektrik üretim tesislerinin genelde Batı Anadolu’da bulunduğu görülmektedir.

#### **2.4.2. Türkiye Elektrik Üretiminde Jeotermal Enerjisinin Payı ve Gelişimi**

1994 - 2004 yılları arasında uygulanan yanlış politikalar sebebiyle durma noktasına gelen jeotermal enerji arama çalışmalarına 2004 yılından sonra hız verilmiştir. Jeotermal aramalarında sondaj derinliği 2.000 metreden 28.000 metreye kadar çıkarılmıştır. Bu arama çalışmaları için MTA’ya ayrılan ödenek ise yaklaşık 10 katına çıkarılmıştır (www.mta.gov.tr, 2018).

Türkiye’de jeotermal enerjinin doğrudan ve dolaylı kullanım alanları ve enerjinin dağılımı Tablo 30’da gösterilmektedir.

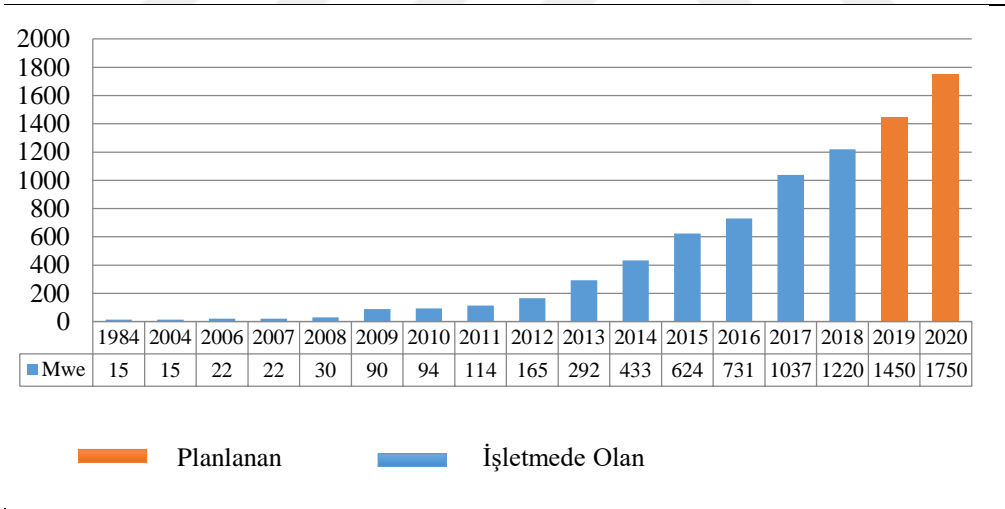
**Tablo 30:** Türkiye’de Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı (2017 )

	<b>Kullanım Alanları</b>	<b>Kurulu Güç</b>
<b>Doğrudan Kullanım</b>	Konut Isıtma	805 MWt
	Sera Isıtması	612 MWt
	Termal Tesis Isıtması	380 MWt
	Kaplıçalarda Kullanım	1005 MWt
	Meyve Kurutma	1,5 MWt
	Isı Pompası Uygulaması*	42,8 MWt
	Diğer Alanlar	33,7 MWt
<b>TOPLAM:</b>		2880 MWt
<b>Dolaylı Kullanım</b>	Elektrik Üretimi	1037,3 MWe

\*Isı Pompası: Isı enerjisinin belirli şartlar altında bir ortamdan diğer ortama aktarılmasını sağlayan sistemdir.

**Kaynak:** TMMOB, “Türkiye’nin Enerji Görünümü 2018” raporundan türetilmiştir.

2017 verileri ile hazırlanmış Tablo 30’a göre, Türkiye’de doğrudan kullanım olarak yararlanılan jeotermal enerji 2.880 MWt düzeyindedir. Bu alanlar arasında en fazla kullanılan ise 1005 MWt ile kaplıçalardır.



**Şekil 26:** 1984-2020 Jeotermal Kurulu Gücü (İşletmede Olan/Planlanan)

**Kaynak:** TMMOB, “Türkiye’nin Enerji Görünümü 2018” raporundan türetilmiştir.

Şekil 26’da, Türkiye’de 1984-2018 yılları arasında işletmede olan ve 2019-2020 yılları için planlanan santrallerin kurulu gücü gösterilmektedir. Grafiğe göre, 1984-2007 yılları arasında Türkiye, jeotermal enerji santralleri kurma açısından durağan bir seyir izlemiştir. 2007 yılından itibaren santrallerin kurulu gücünde sürekli bir artış görülmektedir.

Günümüz Türkiye’inde, jeotermal elektrik santrallerinin toplam kurulu gücü 1.000 MWe seviyesini geçmiştir. Türkiye, son yıllarda yapılan yatırımların bir sonucu olarak, dünyada jeotermal alanında en hızlı büyüyen ülke olmuştur ve 2017 verilerine göre dünyada 4. sırada yer almaktadır. 2019 ve 2020 yılları için planlanan yatırımlar gerçekleşirse, jeotermal enerji santrallerinin kurulu gücü artmaya devam edecektir.

## **2.5. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi**

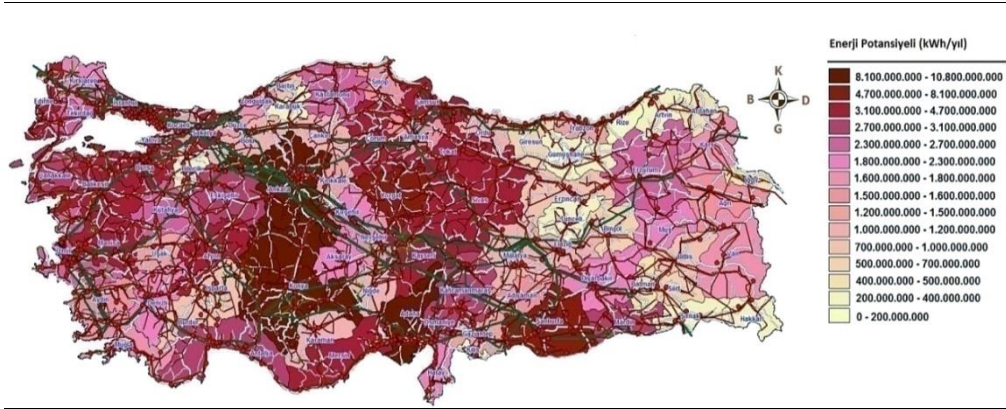
Türkiye’de biyodizel ve biyoetanol ile ilgili çalışmalar ilk kez 2000’li yılların başında başlamıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na yürütülen biyokütle enerjisine yönelik çalışmalar ilk olarak sıvı biyoyakıtlar üzerine yapılmış ve bu çalışmalar büyük ilgi görmüştür. Bu gelişmelerin yanı sıra biyoenerji, kamu gündeminde tartışılan bir konu olmuş ve petrol piyasasındaki aktörler tarafından olumsuz eleştirilmiştir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu ve Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından çeşitli düzenlemeler yapılarak küçük oranlı ÖTV muafiyetleri uygulanmıştır. 30.12.2011 tarihinde Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’na bağlı olarak Enerji Tarımı Araştırma Merkezi kurulmuştur. Bu kuruluş genel olarak, ileri biyoyakıt teknolojileri üzerine yoğunlaşmıştır. Bir diğer çalışma ise YEGM tarafından oluşturulan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası’dır (Karayılmaz ve diğerleri, 2011: 67). Bu çalışmalarla birlikte biyokütle enerji üretiminin önündeki engeller bir miktar da olsa hafifletilerek biyokütle enerji çalışmaları desteklenmiştir.

### **2.5.1. Türkiye’nin Biyokütle Potansiyeli**

Biyokütle enerjisi, fosil olamayan bütün organik maddeleri içeren, maddenin tüm hallerini ve çok geniş bir hammadde yelpazesini kapsayan, çok çeşitli enerji dönüşüm tekniklerini içeren ve ufak devlet müdahalelerinden etkilenebilen bir enerji kaynağıdır. Bu nedenlerle potansiyelini belirlemek diğer enerji kaynaklarına göre oldukça zordur.

Türkiye’de biyokütle enerjisinin brüt potansiyeli, teorik olarak, 135 - 150 MTEP/yıl (milyon ton eşdeğeri petrol), net potansiyeli ise 90 MTEP/yıl olarak belirlenmiştir. Son olarak, ekonomik kısıtlamalar sonucunda,

biyokütle enerjisinin ekonomik potansiyeli 25 MTEP/yıl olarak belirlenmiştir (TMMOB, 2018: 398-399).



Şekil 27: Türkiye'nin Toplam Biyokütle Potansiyeli  
Kaynak: www.bepa.yegm.gov.tr, 2018

Şekil 27'de, Türkiye'nin toplam biyokütle potansiyelinin illere göre dağılımı harita üzerinde gösterilmiştir. Türkiye'nin toplam biyokütle potansiyeli, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından 168,7 TWh/yıl olarak belirtilmiştir. BEPA 2017 verilerine göre, Türkiye'de atıkların toplam enerji potansiyeli 44.228.795,34 TEP/yıl olarak hesaplanmakta bunun yaklaşık %90'ını bitkisel atıklar oluşturmaktadır.

Biyokütle enerjisi çok farklı kaynaklardan beslenmektedir. Farklı biyokütle kaynaklarına ve bu kaynaklar için kullanılan enerji hesaplama yöntemlerine göre biyokütle enerji potansiyeli değişiklik göstermektedir. Biyokütle enerjisinde girdi olarak kullanılan farklı atık türleri, bunların enerji yaratma potansiyelleri ve ısıl değerleri alt başlıklar halinde incelenmiştir.

#### 2.5.1.1. Bitkisel üretim atıklarının biyokütle potansiyeli

Tarım ülkesi olarak nitelendirilen Türkiye'de büyük alanlarda tarla ve bahçe bitkileri yetiştirilmekte ve buna bağlı olarak tarım sektöründen önemli derecede tarımsal atık elde edilmektedir. Bu atıkların kontrolsüz ve bilinçsizce yakılması sonucunda hem çevreye zarar verilmekte hem de kontrollü bir biçimde değerlendirilmesi durumunda elde edilecek ısı enerjisinden mahrum kalınmaktadır.

**Tablo 31:** Bitkisel Üretim Sonucunda Ortaya Çıkan Atıklar ve Enerji Değerleri (2016 yılı)

Bitkisel Üretim Türleri	Üretim(Ton)	Toplam Atık (Ton)		Toplam Isı Değeri(GJ)
		Teorik	Gerçek	
<b>Tarla Bitkileri</b> (buğday, arpa, çavdar, yulaf, mısır, pirinç, tütün, pamuk, ayçiçeği, yerfıstığı, soya)	39.206.241	67.887.816	57.447.290	378.480.341
<b>Bahçe Bitkileri</b> (kayısı, vişne, zeytin, antepfıstığı, ceviz, badem, fındık, limon, portakal, mandalina, greyfurt)	7.555.507	6.225.630	5.470.460	78.777.195
1 GJ = 0.0238845896627496 TEP <b>Kaynak:</b> TMMOB verilerinden türetilmiştir.				<b>TOPLAM 457.257.536</b>

2016 yılı verileri ile hazırlanmış olan Tablo 31’de, Türkiye’de bitkisel üretim sonucunda ortaya çıkan atıklar ve bunların ısı değerleri verilmektedir. Tabloya göre tarla bitkilerinin yıllık atık miktarı yaklaşık 57,5 milyon ton ve bundan elde edilecek yıllık ısı miktarı yaklaşık 378,5 PJ’dir. Bahçe bitkilerinin ise yıllık atık miktarı yaklaşık 5,5 milyon ton ve bundan elde edilecek ısı miktarı yaklaşık 78,8’PJ’dir.

#### 2.5.1.2. Hayvansal atıklarının biyokütle potansiyeli

TÜİK verilerine göre, 2017 Haziran ayı itibariyle, Türkiye’deki büyükbaş hayvan sayısı 14 milyon 324 bin, küçükbaş hayvan sayısı 44 milyon 34 bin ve kümes hayvanı sayısı ise 323 milyondur (Tablo 32).

**Tablo 32:** Hayvansal Atık Miktarları ve Elde Edilebilecek Enerji Değerleri (2017)

Hayvan	Hayvan Sayısı	Atık Miktarı (Ton/Yıl)	Kuru Gübre Miktarı (Ton/Yıl)	Kullanılabilir Kuru Madde (Ton/Yıl)	Elde Edilebilir Biyogaz (M <sup>3</sup> /Yıl)	Toplam Isı Değeri (GJ/Yıl)
<b>Büyükbaş</b>	14.324.000	142.523.800	18.528.094	12.043.261	2.408.652.220	54.676.405.394
<b>Küçükbaş</b>	44.034.000	36.548.220	9.137.055	1.187.817	237.563.430	5.392.689.861
<b>Kümes</b>	323.000.000	9.690.000	2.422.500	2.398.275	479.655.000	10.888.168.500
<b>TOPLAM</b>						<b>70.957.263.755</b>

1 GJ = 0.0238845896627496 TEP

**Kaynak:** TMMOB verilerinden türetilmiştir.

Tablo 32’de, Türkiye’nin yıllık hayvansal atık miktarları ve elde edilebilecek enerji değerleri gösterilmiştir. 2017 verilerine göre Türkiye, toplam 381.358.000 hayvana ve bu hayvanların atıklarından toplam 70.957.263.755 GJ ısı enerjisi üretme potansiyeline sahiptir.



çöplüklere ve %9,8'i geri dönüştürme tesislerine gönderilmiştir. Arta kalan %0,2'si ise yakılmış, gömülmüş veya muhtelif bölgelere dökülmüştür (TÜİK, 2017: 1).

**Tablo 33:** Belediye Atıkları (2017)

Belediye Atıkları	Atık Miktarı (Ton)	Isı Değeri (MJ/Kg)		Enerji Değeri (GJ)		
		Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Ortalama
-Katı Atık	31.584.000	7,1	19,9	224.246.400	628.521.600	426.384.000
-Atık Su Çamuru	299.000	9	29	2.691.000	8.671.000	5.681.000
<b>TOPLAM</b>						<b>432.065.000</b>

1 GJ = 0.0238845896627496 TEP

**Kaynak:** TMMOB Verilerinden Türetilmiştir.

Tablo 33'te belediye atıklarının miktarı ve bu atıklardan elde edilebilecek ısı enerjisinin potansiyeli verilmiştir. Buna göre, Türkiye'de toplam 32,6 milyon ton belediye atığından elde edilebilecek ısı enerjisi yaklaşık 432.065.000 GJ'dir.

#### 2.5.1.5. Enerji bitkilerinin biyokütle potansiyeli

Verimsizleşmiş ve nadasa bırakılan veya verimsiz olması nedeniyle hiç ekilmeyen alanlar kolay yetişen enerji bitkilerinin ekimi ile ekonomiye kazandırılabilir. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın yapmış olduğu araştırmaya göre, Türkiye'de enerji tarımına uygun, ancak kullanılmayan 1 milyon 900 bin hektar arazi bulunmaktadır. Bu alanların enerji tarımı yapılarak değerlendirilebileceği tespit edilmiştir (Günay, 2008: 168).

Türkiye'de enerji tarımına yönelik çalışmalar uzun yıllar önce ve küçük ölçekli olarak başlamıştır. *Mischantus* ve tatlı sorgum bitkilerine ait çalışmalar buna örnek olarak verilebilir. Türkiye'de enerji tarımı alanında henüz çok fazla tanınmayan, ama dünya genelinde en fazla üretilen bitkiler C4 enerji bitkileridir. *Fil çimeni*, *tatlı sorgum*, *dallı darı* bu bitki türlerine örnek olarak verilebilir.

Türkiye'de enerji tarımı yapılarak diğer kaynaklara göre çok daha ekonomik enerji üretimi yapma imkânı vardır. Özellikle tatlı sorgum bitkisi, Türkiye iklim şartlarında yetişebilmesi, toprak seçici özelliğinin



olmaması ve 4.000 - 4.200 kcal/kg enerji değerine sahip olması ile yurdumuz açısından ümit vaat eden bir bitki türüdür (MMO, 2017: 156).

Bu bitki türlerinin, gazlaştırılma sonucunda atmosfere zararlı gaz salınımı yapmaması, kül miktarlarının kömür külüne göre çok daha az olması, özellikle kırsal kesimlerde istihdam olanağı sunması, ekonomik olarak enerji üretimine olanak tanınması ve kullanılmayan arazilerin kullanıma açılması açısından enerji tarımı Türkiye için önemli bir alandır.

### 2.5.2. Türkiye'nin Enerji Üretiminde Biyokütlenin Yeri

2013 ve 2014 yıllarında Türkiye'de üretilen biyokütle enerjisi Tablo 34'te gösterilmektedir.

**Tablo 34:** Türkiye'de Biyokütle Üretimi

Yıllar	Üretilen Enerji	Miktar	Birim
2013	Biyokütleden Brüt Elektrik Üretimi	3.010	TEP
	Biyogazdan Brüt Elektrik Üretimi	72.571	TEP
	Biyogazdan Brüt Isı Üretimi	35.803	TEP
2014	Biyokütle Üretimi	3.152.193	TEP
	Biyogaz Üretimi	232.738	TEP
	Sıvı Biyoyakıt Üretimi	58.000	TON

**Kaynak:** World Energy Council, 2016 raporundan türetilmiştir.

Tablo 34'e göre Türkiye'de, 2014 yılında, 3.152.193 ton petrol eşdeğeri enerji, 232.738 ton petrol eşdeğeri biyogaz ve 58.000 ton sıvı Biyoyakıt üretilmiştir.

TEİAŞ 2017 verilerine göre, Türkiye'de faaliyet gösteren enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 85.200 MW ve yıllık üretilen enerji ise 295.510 GWh'dir. Bunun yanında, biyokütle enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 634,2 MW olmakla birlikte, yıllık üretimi 2.796 GWh'dir (TMMOB, 2018: 407).

### 2.6. Türkiye'de Hidroelektrik Enerjisi

Türkiye'de ilk hidroelektrik üretimi, küçük çaplı bir santralle, 1902 yılında Tarsus'ta yapılmıştır. Daha sonra 1913 yılında, İstanbul'da ilk büyük çaplı santral kurulmuştur. Türkiye'nin su gereksinimini belirlemek, elektrik üretiminde kapsamlı araştırmalar yapmak ve elektrik üretiminin organizasyonunu sağlamak amacıyla Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) 1932

yılında kurulmuştur. Ardından 1933 yılında, hidroelektrik santraline bağlı ilk elektrik şebekesi Ödemiş'te kurulmuştur (Urgun, 2015: 38-39).

1950-1969 dönemindeki HES'ler; DSİ, Etibank, Sümerbank ve İller Bankası tarafından inşa edilmiştir. 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumu'nun (TEK) kurulmasıyla küçük resmi kurumların (Etibank, İller Bankası ve belediyeler gibi) elektrik santrali kurma dönemi sona ermiştir (Mutlu, 2013: 32). Bu gelişmelerin sonucunda daha uzak yerleşim yerlerine elektrik hizmeti sağlanmış olmasına rağmen; bu hizmet o dönemde Türkiye'nin her yerine ulaşmamıştır. 1970-1990 döneminde ise elektrik sistemi Türkiye geneline yayılmış ve tüm kasaba ve köylere elektrik ulaştırılmıştır.

1991-2003 döneminde DSİ tarafından baraj ve HES yapımına başlanmıştır. Bu dönemden sonra enerji piyasasına girmek ve kâr payı almak isteyen özel sektör için yasal düzenlemeler yapılmıştır. 2003-2005 yıllarında enerjide serbest piyasa dönemi başlamış ve özel sektör tarafından HES yatırımları yapılmaya başlanmıştır (Mutlu, 2013: 33). 2014 yılından itibaren, mini, mikro ve küçük enerji santrallerin inşası tamamen yerli imkânlarla, ithal edilmeden yapılabilmektedir.

### **2.6.1. Türkiye'nin Su Potansiyeli**

Türkiye'de yıllık ortalama yağış miktarı 574 mm'dir. Bu da yıllık ortalama 450 milyar m<sup>3</sup> suya denk gelmektedir. Türkiye'nin yerüstü su potansiyeli brüt olarak 172 milyar m<sup>3</sup>'tür. Teknik ve ekonomik unsurlar göz önünde alındığında, kullanılabilir yerüstü su potansiyeli, yıllık ortalama, 94 milyar m<sup>3</sup>'tür. Türkiye'nin yeraltı su potansiyeli ise 18 milyar m<sup>3</sup>'tür. Bu iki su kaynağı birlikte düşünüldüğünde, Türkiye'nin kullanılabilir su potansiyeli, yılda ortalama, 112 milyar m<sup>3</sup>'tür (TMMOB, 2018: 309).

Türkiye 26 adet drenaj (su toplanma) havzasına sahiptir. Bunlardan 15'i nehir havzası, 7'si büyüklü küçük nehirlerden oluşan müteferrik (dağımık) havza ve 4'ü ise kapalı (gideri olmayan) havzadır (Şekil 29).



**Şekil 29:** Türkiye'nin Drenaj Havzalarını Gösteren Harita  
**Kaynak:** dsi.gov.tr, 2018

Türkiye'nin su potansiyeli en fazla sulama alanına aktarılmaktadır. Türkiye'de kullanılabilir suların %11'i sanayi alanında, %16'sı evsel tüketimde ve %73'ü tarım alanında kullanılmaktadır. 2016 verilerine göre ise sanayi için 7 milyar m<sup>3</sup>, evsel kullanım için 7 milyar m<sup>3</sup> ve sulama için 40 milyar m<sup>3</sup> su kullanılmıştır. Toplam olarak 54 milyar m<sup>3</sup> su kullanılmış olup bu, Türkiye'nin toplam kullanılabilir su potansiyelinin %48,2'sine karşılık gelmektedir (TMMOB, 2018: 310).

Dünya genelinde ülkeler, su varlığı bakımından üçe ayrılmaktadır (www.dsi.gov.tr, 2018):

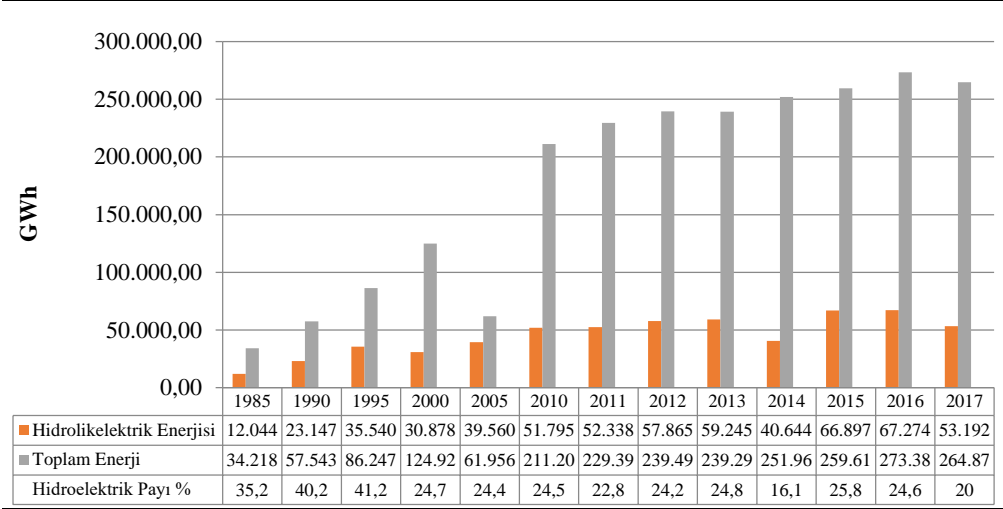
- Su Fakiri Olan Ülkeler:* Yıllık kişi başına düşen temiz ve kullanılabilir su miktarı 1.000 m<sup>3</sup>'ten az olan ülkelerdir.
- *Su Azlığı Olan Ülkeler:* Yıllık kişi başına düşen temiz ve kullanılabilir su miktarı 1.000 m<sup>3</sup> - 2.000 m<sup>3</sup> arasında olan ülkeler.
- *Su Zengini Olan Ülkeler:* Yıllık kişi başına düşen temiz ve kullanılabilir su miktarı 8.000-10.000 m<sup>3</sup>'ten fazla olan ülkeler.

Türkiye, su kaynakları bakımından zengin olmasına karşın, yukarıdaki sınıflandırma açısından su zengini bir ülke değildir. Türkiye'de kişi başına düşen yıllık ortalama kullanılabilir su miktarı yaklaşık 1.519 m<sup>3</sup>'dür. Dolayısıyla Türkiye, su azlığı olan bir ülke durumundadır (www.dsi.gov.tr, 2018).



### 2.6.3. Türkiye Elektrik Üretiminde Hidroelektrik Enerjisinin Payı ve Gelişimi

Şekil 31’de, Türkiye hidroelektrik üretiminin toplam enerji üretimi içindeki payı gösterilmiştir.



Şekil 31: Türkiye Hidroelektrik Üretiminin Toplam Enerji Üretimi İçindeki Payı

Kaynak: TMMOB, 2018: 321

Türkiye'nin elektrik üretiminde hidroelektriğin payı 90'lı yılların başında %40 civarında iken, 90'lı yılların sonlarından itibaren doğalgazın, 2000'li yıllardan itibaren ithal kömürün elektrik üretim sahasına girmesi ve yanlış politikaların izlenmesiyle, 2017 yılında %20'ye kadar düşmüştür. Bu durumda, Türkiye'nin toplam enerji üretimi ve tüketiminin yıllar itibariyle artmasına karşılık, hidroelektrik santralleri yeterince büyümemiştir. 2017 yılında Türkiye'de, 264.876,9 GW/h elektrik enerjisi üretilmiştir. Üretilen elektrik enerjisinin %20'lik kısmına denk gelen 53.192,9 GW/h ise hidroelektrik santrallerinden elde edilmiştir.

Türkiye hidroelektrik potansiyeli bakımından oldukça iyi durumdadır ve enerji sektöründe lider olabilecek avantajlara sahiptir. Fakat, bu potansiyelleri harekete geçirmede başarılı değildir. Stratejik ve politik eksikliklerinden dolayı kaynaklarını yeterince iyi değerlendirememektedir.

## 2.7. Türkiye’de Hidrojen Enerjisi

Türkiye’nin dünya genelindeki hidrojen enerjisi alanındaki çalışmalarını yakından takip ettiğini söyleyemiyor olsak bile Türkiye’de bu alanda bazı dikkat çekici çalışmaların olduğunu söyleyebiliriz.

Türkiye’nin 7. Beş yıllık kalkınma planının yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili raporunda hidrojen teknolojilerine kısaca değinilmiştir ama hidrojen enerjisi olarak ele alınmamıştır. Bu dönemlerde hidrojen enerjisi çok sığ ve sınırlı bir konu olarak kalmıştır. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi’nde hidrojen enerjisi alanında çalışmalar başlatılmak istenmiş ama bu girişimler 1996 yılında kesintiye uğramıştır. Birleşmiş Milletler Endüstri Geliştirme Organizasyonu’nun (UNIDO) desteği ile Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) projesi dâhilinde, Türkiye’de de Hidrojen Enerjisi Enstitüsü kurulmasına karar verilmiştir (Öztürk, Bilgi ve Arslan, 2009: 1).

ICHET’in görevleri, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında hidrojen enerjisi bakımından bir köprü kurmak, gerekli AR-GE yatırımlarıyla hidrojen teknolojilerini geliştirmek ve bu teknolojilerin kullanımının yaygınlaşmasını sağlamaktır. ICHET’in işlevleri arasında, kısa ve uzun dönemli eğitimler vermek, danışmanlık hizmetleri vermek, bilimsel toplantılar organize etmek ve benzer kuruluşlarla iş birliği içerisinde olmak gibi maddeler sıralanmıştır. ICHET’in çalışma konuları ise hidrojen enerjisi politikaları, hidrojen teknolojileri ve ekonomisi, depolama teknikleri ve uygulamalarından oluşmaktadır (Öztürk, Bilgi ve Arslan, 2009: 1).

Çok çeşitli insan ihtiyaçlarını karşılayabilen ve birçok alanda kullanılması amaçlanan hidrojenin, ticari amaçla kullanılması yolunda gerekli çalışmalar 2010 yılından sonra başlatılmıştır. Sonraki yıllarda ise bu planlamalar doğrultusunda uygulamalar başlatılmıştır.

Çanakkale’nin Bozcaada ilçesindeki UNIDO ve ICHET tarafından çalıştırılan pilot tesiste, 2011 yılında hidrojen enerjisinden elektrik üretimine başlanmıştır. Bu tesisten elde edilen elektrikle ilk başta 20 konut eşdeğerinde elektrik üretimi gerçekleştirilmiş ve 55kW’lık hidrojen motoru ve yakıt pili sistemi vasıtasıyla Bozcaada şebekesine aktarılmıştır. Her ne

kadar pilot bölgelerde küçük çaplı uygulamalar yapılırsa da hidrojen enerjisi alanındaki çalışmalar oldukça yetersiz kalmıştır.

### ***2.7.1. Türkiye’de Hidrojen Enerjisinin Potansiyeli***

Türkiye’de hidrojen enerjisinde kullanılacak kaynaklar; hidrolik enerjisi, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, deniz kökenli enerjiler ve kuruluş aşaması henüz tamamlanmamış olan nükleer enerjidir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler açısından uzun dönem için en uygun yöntem ise güneş-hidrojen sistemidir. Bu sistemin uygulanması ile fotovoltaik kanallardan elde edilen elektrik, suyun elektrolizinde kullanılır. Bu yöntem kullanılarak 1 m<sup>3</sup> sudan 108,7 kg hidrojen elde edilebilir ve bu da 422 litre benzine eşdeğerdir (Öztürk, Bilgi ve Arslan, 2009: 2).

Türkiye’nin hidrojen üretmesi açısından bir avantajı da uzun bir kıyı şeridinde sahip olan Karadeniz’in tabanında, kimyasal formda depolanmış olarak bulunan hidrojenidir. Karadeniz’in suyu %90 oranında oksijensizdir ve hidrojen sülfür içermektedir (Çelik, 2012: 60).

Karadeniz sularının oksijensiz olmasının sebebi kirliliktir. Şöyle ki; Karadeniz; Bulgaristan, Romanya, Rusya ve Gürcistan gibi ülkelere gelen sularla beslenmektedir. Bu ülkelere gelen su kaynaklarındaki kirliliğe ek olarak Asya ve Avrupa bölgesinden 21 ülkenin akarsularındaki kirletici maddeler de Karadeniz’e taşınmaktadır. Bütün bunların yanında, Karadeniz’de su sirkülasyonunun olmaması, 150-200 metre derinlikte oksijensiz bir tabakanın oluşmasına neden olmaktadır.

Karadeniz alt tabaklarında bulunan hidrojen sülfür dikkate alındığında bu bölge, hidrojen enerjisi açısından büyük önem arz etmektedir. Bahsedilen hidrojen sülfürün tamamının ayrıştırılması sonucunda 268,823x10<sup>6</sup> ton hidrojen elde edilmesi mümkündür. Karadeniz bölgesinde 10 milyon ailenin yaşadığı ve her ailenin yıllık ortalama 3.600 kWh enerji tükettiği varsayımıyla; Karadeniz’in dip sularından elde edilecek hidrojen enerjisi ile Karadeniz bölgesinin 180 yıllık enerji ihtiyacının karşılanabileceği savunulmaktadır (Öztürk, Bilgi ve Arslan, 2009: 2).

## 2.8. Türkiye’de Deniz Kökenli Enerjiler

Deniz kökenli enerjiler başlıca dörde ayrılmaktadır:

- Deniz dalga enerjisi
- Deniz sıcaklık gradyent enerjisi
- Deniz akıntıları enerjisi
- Gel-git enerjisi

Türkiye’nin okyanusa kıyısı olmadığı için gel-git enerjisi potansiyeli yoktur. Boğazlarda deniz akıntı enerjisi potansiyeli olmasına rağmen deniz trafiği bu potansiyelden yararlanmayı sınırlamaktadır. Buradan hareketle, Türkiye açısından en önemli deniz kökenli enerji kaynağı deniz dalga enerjisidir.

Deniz dalga enerjisi, rüzgâr enerjisi sayesinde ortaya çıkan bir enerji türüdür. Türkiye’nin, Marmara Denizi dışında açık kıyılarının toplam uzunluğu 8.210 km’dir. Ancak deniz trafiği, balıkçılık, kıyı tesisleri gibi nedenlerden dolayı tüm kıyılara dalga enerjisi tesisi kurulumu yapmak olanaklı değildir. Türkiye’nin toplam kıyılarının beşte birine dalga enerjisi tesisi kurulumu yapıldığı takdirde elde edilecek teknik enerji potansiyeli 18,5 TWh’dır (Ablabekova, 2008: 156).

Dalga gücü, okyanus dışında kalan kıyılarda 10 kW/m ile 40 kW/m arasında değişmekte olup Akdeniz kıyıları için ortalama 13 kW/m olarak belirlenmiştir. Ancak, Türkiye’de dalga gözlemleri ve bunlara ait veri tabanı bulunmamaktadır (Akın, 2010: 1).

Türkiye’de deniz dalga enerjisinin kullanımı konusunda profesyonel şekilde olmasa da ufak çaplı çalışmalar yapılmaktadır. 2007 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından küçük bir sistem kurulmuş ve 5 kW/h miktarında bir enerji üretimi gerçekleştirilmiştir (Akın, 2010: 1).

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde, bir metrenin üzerindeki dalga enerjisi, fosil enerji kaynaklarına bir alternatif olarak kullanılabilir durumdadır. Ayrıca, ilk yatırım ve bakım giderlerinin dışında gideri olmayan, ham maddesine ücret ödenmeyen, doğayı kirletmeyen, ucuz, temiz ve çevreci bu enerji kaynağının değerlendirilebilmesi için AR-GE



çalışmaları yapılmalıdır. İlk olarak, dalga gözlemlerinden başlanarak bir veri tabanı oluşturulmalıdır. Ayrıca, teknik ve ekonomik incelemeler de yapılarak veri tabanı zenginleştirilmelidir (Mutlu, 2013: 55).

## **2.9. Türkiye’de Nükleer Enerji**

Türkiye, 1956 yılında kurulmuş olan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı’na aynı yıl üye olmuştur. İlk nükleer enerji santrali kurulum çalışmalarına ise 1965 yılında başlanmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde, 1976 yılında ilk nükleer enerji santrali için saha lisansı alınmıştır. 1977-2009 yılları arasında toplam 4 kez nükleer enerji santrali ihalesine çıkmış ama ihaleler her defasında sonuçsuz kalmıştır. İlk nükleer enerji santralinin kurulmasına yönelik anlaşma 12 Mayıs 2010 tarihinde Rusya ile imzalanmıştır. İkinci nükleer enerji santralinin kurulmasına yönelik anlaşma ise 3 Mayıs 2013 tarihinde Japonya ile imzalanmıştır (ETKB, 2017: 55).

### **2.9.1. Akkuyu Nükleer Santral Projesi**

Kurulum araştırmalarına 12 Mayıs 2010 tarihinde Rusya ile imzalanan anlaşma sonucunda başlanan Akkuyu Nükleer Enerji Santrali’nin yapımı, 2023 yılına kadar devam edecektir. Mersin’in Gülnar ilçesinde bulunan Büyükeceli Kasabası’nda inşa edilmekte olan Akkuyu Nükleer Enerji Santrali, tamamlanması durumunda Türkiye’nin ilk nükleer enerji santrali olacaktır (TMMOB; 2016: 187).

Her bir ünitenin gücü 1.200 MW olan ve toplamda dört üniteden oluşacak nükleer santralin ilk güç ünitesinin 2020 yılında işletmeye alınması planlanmaktadır. Akkuyu Nükleer Enerji Santrali’nin işletme ömrü 60 yıl ve yaklaşık maliyeti 20 milyar dolar olarak belirtilmiştir (TMMOB; 2016: 187).

Akkuyu Nükleer Enerji Santrali’nin birinci ve ikinci ünitelerinden elde edilecek elektriğin %70’ine, kalan ünitelerden elde edilecek elektriğin %30’una, her ünitenin tamamlanmasından itibaren 15 yıl süreyle devlet tarafından satın alma garantisi verilmiştir (ETKB, 2017: 55).

### **2.9.2. Sinop Nükleer Santral Projesi**

Akkuyu Nükleer Enerji Santrali'nden sonra projelendirilen ikinci nükleer enerji santrali, Sinop Nükleer Enerji Santrali'dir. 3 Mayıs 2013 tarihinde imzalanan santralin Sinop ili İnceburun Yarımadası'nda kurulması planlanmaktadır. Sinop Nükleer Enerji Santrali'nin, her biri 1.120 MW gücünde 4 üniteden oluşması planlanmıştır. Anlaşma gereğince, birinci ve ikinci ünitenin, sırasıyla, 2023 ve 2024 yılında, üçüncü ve dördüncü ünitenin ise sırasıyla 2027 ve 2028 yılında işletmeye alınması planlanmaktadır (ETKB, 2017: 57).

Sinop Nükleer Enerji Santrali'ni işletecek konsorsiyum Fransa, Japonya ve Türkiye'den oluşmaktadır. Bu şirketler birliğinin %49'unu Türkiye adına Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), %30'unu iki Japon şirketi ve %21'ini Fransa oluşturmaktadır. Sinop Nükleer Enerji Santrali'nin işletme ömrü 60 yıl ve yaklaşık maliyetinin 22 milyar dolar olacağı belirtilmiştir (TMMOB; 2016: 188). Ayrıca, Sinop Nükleer Enerji Santrali'nden elde edilecek enerjinin tamamına 20 yıllık satın alma garantisi verilmektedir.

### **2.9.3. Türkiye'de Nükleer Santrallerin Potansiyeli**

Yukarıda belirtildiği gibi; Türkiye'de yapım aşamasında bulunan iki adet nükleer enerji santrali bulunmaktadır. Bu santrallerin toplam enerji potansiyeli 9.280 MW, yaklaşık maliyeti ise 42 milyar dolar olacaktır.

Nükleer enerji santrallerinden birincisi olan Akkuyu Nükleer Enerji Santrali'nde üretilecek toplam enerjinin %50'sine, 15 yıllık süre için, KDV ve yakıt hariç 12,35 cent \$/kWh ile alım garantisi verilmektedir. Bu santrallerden ikincisi olan Sinop Nükleer Enerji Santrali'nde üretilecek toplam enerjinin ise tamamına, 20 yıllık süre için, yine KDV ve yakıt hariç 10,83 cent \$/kWh ile alım garantisi verilmektedir (TMMOB; 2016: 187-188).

Türkiye'de nükleer enerji santrali kurulumunun uygun olmamasının nedenleri şu şekilde sıralanabilir (TMMOB, 2018: 299-307):

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2017 yılında yayınlamış olduğu rapora göre Türkiye'de 1 kWh elektriğin fiyatı ₺0,41'dir.

2018 Ekim ayı döviz kuru ile hesaplandığında; Akkuyu Nükleer Enerji Santrali'nde üretilecek 1 kWh elektriğin fiyatı KDV ve yakıt giderleri hariç ₺0,72 (12,35 cent \$/kWh), Sinop Nükleer Enerji Santrali'nde üretilecek 1 kWh elektriğin fiyatı ise KDV ve yakıt giderleri hariç ₺0,66 (10,80 cent \$/kWh) olacaktır. Ayrıca, bu santrallerin yapım maliyetleri olan 42 milyar dolar, bu fiyatlara eklenecek olan KDV miktarı ve birim başına düşecek olan hammadde fiyatı da göz önünde bulundurulduğunda, 1 kWh elektriğin fiyatı oldukça pahalıya gelecektir. Başka bir deyişle, nükleer enerji santrallerinden üretilecek elektriğin birim fiyatı, mevcut durumdan çok daha pahalı olacaktır.

- Nükleer enerji santrallerinin kurulumunun yabancı devletler tarafından yapılması ve yarım bırakılması durumunda Türkiye'nin kurulumu devam ettirecek teknolojiye sahip olmaması, Türkiye'nin nükleer enerji santrallerinde dışa bağımlı olmasına neden olmaktadır.
- Kurulacak nükleer enerji santrallerinin elektrik üretmesi için gerekli hammaddeler ithal edilecektir. Çünkü Türkiye'de bulunan uranyum ve plütonyum rezervleri teknolojik yetersizliklerden dolayı ekonomik olarak kullanıma uygun değildir. Nükleer enerji santrallerinin hammaddelerinin ithal edilmesi, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını artıracak diğer bir nedendir.
- Nükleer enerji santrali atıklarının depolanması önemli bir problemdir. Elektrik üretimi sonucunda ortaya çıkan, radyasyon yayma oranı çok yüksek ve yarı ömrü milyonlarca yıl olan bu atıkların güvenli bir şekilde depolanması henüz çözülebilmemiş bir sorun değildir.
- Nükleer enerji santrallerinde her ne kadar üst derecede güvenlik önlemi alınsa da, ortaya çıkacak bir arıza durumunda radyasyon yayılma tehlikesi vardır. Bu tehlikenin sonucunda ise çok büyük can ve mal kayıpları yaşanabilir. Nitekim bugüne kadar, dünya üzerinde 600 adet nükleer reaktör kapatılmış. Bunlardan beş tanesinin

patlayarak radyasyon yayması ise büyük insan ve çevre felaketlerine neden olmuştur.

Fosil enerji kaynaklarının çevreye olan olumsuz etkileri ve Türkiye gibi fosil enerji kaynakları bakımından fakir ülkelerin enerjiyi ithal etmesi gibi konular fosil enerji kaynaklarının dezavantajlarıdır. Nükleer enerjinin dezavantajları ise radyoaktif atık, radyoaktif sızıntı, yüksek kurulum maliyetleri, hammadde ithalatı ve kurulumunda gerekli olan ileri teknoloji gibi konulardır. Fosil enerji kaynakları ve nükleer enerjinin aksine yenilenebilir enerji ise temiz, yerli, güvenli ve hammadde ücreti olmayan enerji kaynaklarıdır. Fosil enerji kaynaklarının ve nükleer enerjinin dezavantajları karşısında yenilenebilir enerji kaynakları oldukça avantajlı bir konumdadır

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da belirli bir teknolojik altyapıyı gerektirmektedir. Bu bakımdan düşünüldüğünde yenilenebilir enerji kaynaklarından optimum seviyede yararlanabilmek için ülkelerin bu teknolojiye sahip olması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji tesislerinin kurulumu sırasında gerekli olan teknolojinin ithal edilmesi durumunda ise sadece ithalat bileşenleri değişecek ama ithalat miktarlarında önemli bir değişiklik olmayacaktır. Başka bir açıdan düşünüldüğünde ise yenilenebilir enerji tesislerinin kurulumundan sonra hammadde maliyeti bulunmamaktadır ve ilk kurulum maliyetlerinin karşılanmasından sonra tesis sadece kar getirmektedir.

Bu noktada temiz, güvenli, sürekli ve milli yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları kurulumunda gerekli olan teknolojiye sahip ülkeler oldukça avantajlıdır. Özellikle Türkiye gibi ülkeler, verimli yenilenebilir enerji kaynaklarına uzun dönemli yatırımlar yapmalı ve gerekli olan teknoloji kollarında uzmanlaşma yoluna gitmelidir. Böyle bir durumda yenilenebilir enerji kaynakları, ithalatın ve çevreye verilen tahribatın azaltılmasına ve enerji arz güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunacaktır.

### **3. BÖLÜM**

## **TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ EKONOMİ VE ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Dünya nüfusunun artışına bağlı olarak mal ve hizmet tüketimi ve dolayısıyla mal ve hizmet üretimi her geçen gün artmaktadır. Buna bağlı olarak, teknolojiye gelişmeler ve enerji ihtiyacında artışlar görülmektedir. Dünya üzerindeki rakip ülkeler enerji ihtiyaçlarını düşük maliyetle ve en üst derecede verimlilikle sağlamayı hedeflemektedir. Ayrıca enerji ve ekonomi arasındaki ilişki, teknoloji ve kaynak dağılımından oldukça fazla etkilenmektedir (Adaçay, 2014: 88).

Dünya üzerindeki küresel güçler ve sermaye grupları, doğal kaynakların kontrolü için birbirleri ile rekabet içindedir. Özellikle sanayi devriminden sonra teknolojinin ilerlemesiyle enerjiye olan ihtiyaç artmıştır. Buna bağlı olarak, enerji kaynaklarına olan rağbet artmış, enerji ve üretim yarışları başlamıştır. Bu süreç, enerji kaynakları üzerinde hâkimiyet kurma mücadelesi ve enerji kaynaklarının ekstra önem kazanması olarak görülmektedir (Eniş, 2003: 175-176).

Küreselleşmiş bir dünyada, ülkelerin, kendi vatandaşlarına ve diğer ülkelerin vatandaşlarına yeterli üretimi sağlayabilmesi için yeni enerji kaynaklarına yönelmesi veya mevcut enerji kaynaklarından daha fazla enerji üretmesi gerekmektedir. Bu noktada, dünya üzerinde sınırlı miktarda bulunan ve dünya geneline eşit olarak dağılmayan fosil enerji kaynaklarına yönelmek yerine, dünya geneline daha adil ve eşit dağılan, kullanıldıkça kendini yenileyen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek daha akılcı bir davranış olacaktır.

### **3.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Ekonomi Üzerindeki Etkileri**

Türkiye, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına oldukça fazla yatırım yapmasına rağmen hala enerjide dışa bağımlı olarak gelişen bir ülkedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin Türkiye ekonomisi üzerinde meydana getireceği etkiler; enerji bağımlılığı, ekonomik büyüme, cari açık, istihdam ve enerji arz güvenliği açısından başlıklar halinde aşağıda yer almaktadır.

#### ***3.1.1. İthal Enerji ve Enerji Bağımlılığı İlişkisi***

Bir ülkenin enerji bağımlılığı, o ülkenin enerjide kendi kendine yetebilme gücünü ortaya koymaktadır. Ülke ekonomisine doğrudan etki eden bu gösterge, ülkenin enerji üretimi ile tüketiminin oranlanmasıyla bulunmaktadır. Bu oranın %100 olduğu ülkeler, tüketileceği enerjinin tamamını üretebilen ülkeler, %100’ün üzerinde olan ülkeler enerji ihtiyacından fazlasını üreten ve artı kalanını ihraç eden ülkeler ve bu oranın %100’ün altında olduğu ülkeler ise enerji ihtiyacını üretemeyip diğer ülkelerden ithal eden ülkelerdir. Özellikle bu oranın %50’nin altında olması, ülkelerin enerjide ciddi oranda dışa bağımlı olduğunu göstermektedir.

Sürdürülebilir ve yüksek büyüme oranlarını amaçlayan gelişmekte olan ülkeler, bu amaçlarını yerine getirebilmek için üretimlerini ve dolayısıyla da enerji tüketimlerini artırmak zorundadır. İç kaynakları kısıtlı ve enerjide dışa bağımlı olan gelişmekte olan ülkeler, büyüme hedeflerine ulaşmak için daha fazla üretim yapacaklar, daha fazla üretim yapmak için daha fazla ithalat yapacaklar ve daha fazla ithalat yaparak daha fazla bağımlı hale geleceklerdir. Görüldüğü gibi, bu ülkelerin önlerindeki en büyük engel, enerji ithalat oranları ve buna bağlı olarak ortaya çıkan ithalat giderleridir.

#### ***3.1.1.1. Türkiye’de ithal enerjinin enerji bağımlılığı üzerindeki etkisi***

Sürdürülebilir ve yüksek büyüme oranları amaçlayan gelişmekte olan ülkelerden biri de Türkiye’dir. Türkiye’nin bu amaçlarını yerine getirebilmesi için üretimini ve dolayısıyla da enerji tüketimini artırması gerekmektedir. Böyle bir durumda, enerjide dışa bağımlı bir ülke konumunda olan Türkiye’nin enerji tüketimini artırması, enerjide dışa

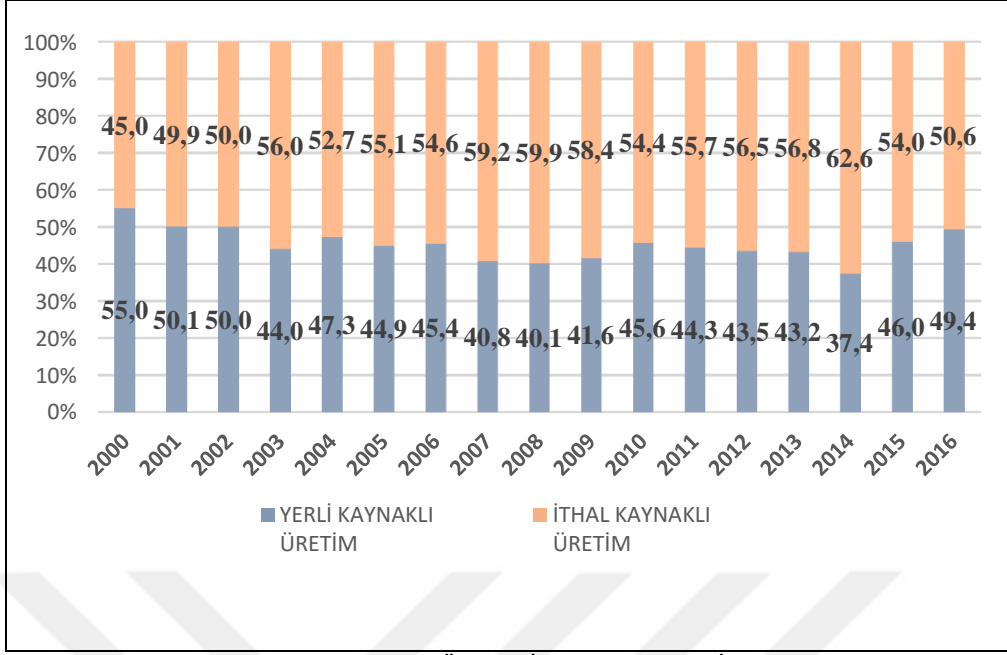
bağımlılığı da artıracaktır. Görüldüğü gibi Türkiye'nin önündeki en büyük engellerden biri, enerji ithalat oranları ve buna bağlı olarak ortaya çıkan ithalat giderleridir.

**Tablo 35:** Türkiye’de Yerli Kaynaklardan Üretilen Elektrik Enerjisinin Toplam Üretim İçindeki Payı

YILLAR	YERLİ KAYNAK ÜRETİMİ (GWh)	TÜRKİYE TOPLAM ÜRETİMİ (GWh)	YERLİ KAYNAK PAYI %
2000	68.750,8	124.921,6	55,0
2001	61.469,0	122.724,7	50,1
2002	64.712,2	129.399,5	50,0
2003	61.878,9	140.580,5	44,0
2004	71.266,1	150.698,3	47,3
2005	72.747,7	161.956,2	44,9
2006	80.125,2	176.299,8	45,4
2007	78.159,9	191.558,1	40,8
2008	79.647,5	198.418,0	40,1
2009	81.101,4	194.812,9	41,6
2010	96.352,3	211.207,7	45,6
2011	101.626,1	229.395,1	44,3
2012	104.148,4	239.496,8	43,5
2013	103.845,0	240.154,0	43,2
2014	94.155,5	251.962,8	37,4
2015	120.354,7	261.783,3	46,0
2016	135.536,5	274.407,7	49,4

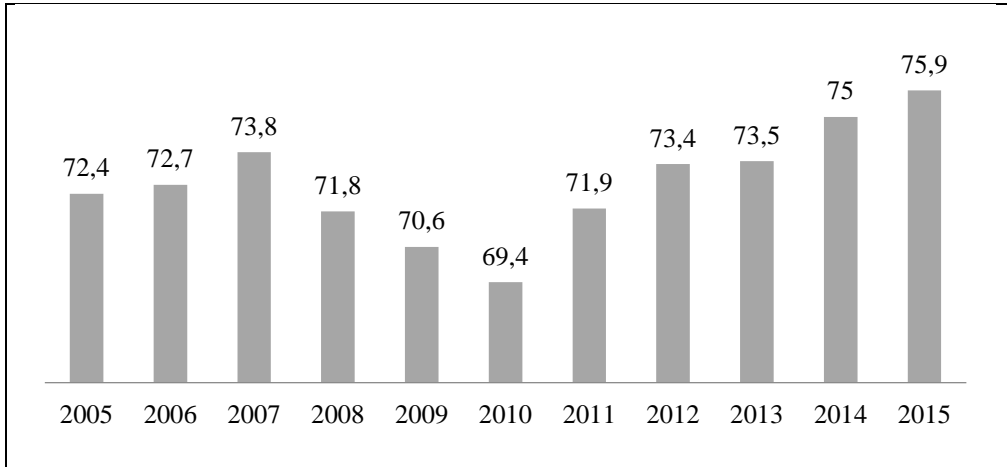
**Kaynak:** www.teias.gov.tr, 2018

Yukarıdaki Tablo 35 'te Türkiye’de yerli kaynaklardan üretilen elektrik enerjisinin toplam üretim içindeki payı gösterilmektedir. Türkiye’nin toplam elektrik enerjisi tüketimi 2000 yılında 124.921,6 GWh iken yıllar itibarıyla artmış ve 2016 yılında 274.407,7 GWh’a yükselmiştir. Türkiye’nin yerli kaynaklarla ürettiği elektrik enerjisi ise 2000 yılında 68.750,8 GWh iken 2016 yılında 135.536,5 GWh’a ulaşmıştır. Bu dönemde yerli kaynaklardan üretilen elektrik enerjisinin toplam üretim içindeki payı ise ortalama olarak %45 dolaylarında seyretmiştir. Başka bir deyişle Türkiye, tükettiği elektrik enerjisinin ortalama %55’ini ithal kaynaklardan elde etmektedir. Bu durum aşağıdaki grafikte daha belirgin olarak görülmektedir.



**Şekil 32:** Türkiye Toplam Elektrik Üretimi İçindeki Yerli ve İthal Kaynaklı Elektrik Enerjisi Üretiminin Payı(%)  
**Kaynak:** www.teias.gov.tr, 2018

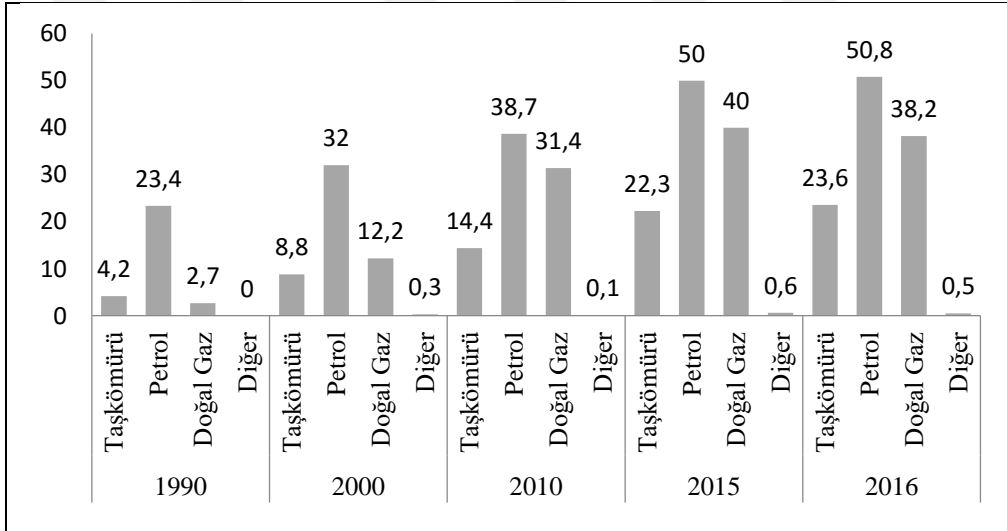
Şekil 32’de, Türkiye toplam elektrik üretimi içindeki yerli ve ithal kaynaklı elektrik enerjisi üretiminin yüzdelerik payı görsel olarak gösterilmektedir. Grafîğe göre Türkiye toplam elektrik üretimi içindeki yerli kaynaklı elektrik enerjisi oranının en yüksek olduğu yıl (%55 ile) 2000 yılı iken en düşük olduğu yıl ise (%37,4 ile) 2014 yılıdır. Bu rakamlar elektrik enerjisindeki dışa bağımlılığı göstermektedir. Türkiye’nin birincil enerjide dışa bağımlılığı ise aşğıdaki Şekil 33’te gösterilmektedir.



**Şekil 33:** Türkiye’nin Birincil Enerjide Dışa Bağımlılığı (%)  
**Kaynak:** TMMOB, 2017: 19



Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli bakımından zengin olduğu kadar fosil enerji kaynakları bakımından fakir ve gelişmekte olan bir ülkedir. Türkiye'nin sürdürülebilir ve yüksek büyüme amaçlarına rağmen enerji kaynaklarının yetersiz olması, enerjide dışa bağımlılığın artmasına neden olmaktadır. 2005-2015 dönemi verileri ile oluşturulmuş Şekil 33'e bakıldığında, Türkiye'nin birincil enerjide dışa bağımlılığının ciddi seviyelere ulaştığı görülmektedir. Bu dönemde, birincil enerjide dışa bağımlılık oranının en düşük olduğu yıl %69,4 ile 2010 iken en yüksek olduğu yıl ise %75,9 ile 2015'tir. Neticede Türkiye'nin birincil enerjide dışa bağımlılık oranları yıllar itibarıyla dalgalansa da bu dalga aralığı %70-%75 gibi çok yüksek bir seviyededir.



**Şekil 34:** Türkiye Enerji İthalatının Kaynaklara Göre Dağılımı (Milyon Ton Eşdeğeri Petrol)  
**Kaynak:** TMMOB, 2018: 28

1990-2016 döneminde Türkiye'nin artan enerji ithalatı, ithal edilen kaynaklar bazında incelendiğinde son 26 yılda;

- doğalgaz ithalatının 14 kat artarak 38,2 Mtep'e yükseldiği,
- petrol ithalatının %117 artarak 50,8 Mtep'e yükseldiği,
- taşkömürü ithalatının ise 5,6 kat artarak 23,6 Mtep'e yükseldiği görülmektedir.

Türkiye enerji üretiminin %31,9'u yenilenebilir enerji kaynaklarıyla, %68,1'i ise fosil enerji kaynaklarıyla yapılmaktadır (Şekil 15). Fosil enerji kaynaklarının ithalatı ise yıllar itibarıyla artmaktadır (Şekil 34). Bu nedenle,

yukarıda da belirtildiği gibi, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı yıllar itibariyle artmaktadır.

Türkiye'nin enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları payının artırılması ve bunun için yatırım ve teşviklerin yapılması, enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasında etkili ve mantıklı bir yoldur. Ancak Türkiye'de uygulanan plansız ve/veya yanlış politikalar buna engel olmaktadır.

### **3.1.2. Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi**

Enerji, insanlık tarihi boyunca en önemli kaynaklardan bir tanesi olmuştur. Tarihin ilk dönemlerinde tarımsal faaliyetler için gerekli olan enerji, endüstrileşme ile birlikte sanayinin lokomotifi haline gelmiştir. Özellikle bu dönemden itibaren dünya nüfusunun artması ve dolayısıyla enerjiye olan talebin artması, enerjiyi daha da önemli hale getirmiştir. Artan enerji talebi ile birlikte kullanılan enerji miktarının ve mal ve hizmet üretimin artması, hayat standartlarını da artırmıştır. Bu nedenlerden dolayı enerji, ekonomik büyümenin önemli hammaddelerinden biri haline gelmiştir. Buradan hareketle, enerji ithalatının ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ele alınacaktır.

#### **3.1.2.1. Türkiye'de enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi**

Bir ülkenin gelişmişlik düzeyi, bahsedilen ülkenin kişi başına elektrik tüketimi ve enerji yoğunluğu ile ifade edilmektedir. Bir ülkede kişi başına elektrik tüketiminin fazla olması, o ülkenin gelişmişlik seviyesinin ve refah düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan enerji yoğunluğunun düşük olması ise aynı miktar enerji ile daha fazla işin yapıldığını göstermektedir (Koç ve Şenel, 2013: 41).

Enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişki, karşımıza dört şekilde çıkmaktadır (Kara, 2013: 70):

**Büyüme Hipotezi:** Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında doğrudan veya dolaylı olarak bir ilişki vardır. Eğer bu ilişki pozitif yönlü ise enerji tüketimi azaltıldığında ekonomik büyüme de negatif yönde etkilenmektedir.

**Konservatif Hipotez:** Sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlayan bu hipoteze göre, enerji tüketiminin azaltılması ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilememektedir.

**Geribildirim Hipotezi:** Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında bağımsız bir ilişki vardır ve bu ikisi birbirini tamamlamaktadır.

**Yansızlık Hipotezi:** Enerji, üretimde kullanılan birçok girdiden sadece biridir ve ekonomik büyüme üzerine ya çok az bir etkisi vardır ya da hiç etkisi yoktur.

Türkiye'nin 1970-2003 verilerini inceleyen çalışmalara göre, Türkiye'de *Büyüme Hipotezi* geçerlidir. Başka bir deyişle Türkiye'de ekonomik büyüme devam ettikçe enerji tüketimi de artmaya devam edecektir (Lise ve Montfort, 2005: 10).

Başka bir şekilde ifade edilirse; Türkiye'de kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi ile kişi başına düşen reel gelir arasında çok güçlü ve doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Geri kalmış ülkelerde söz konusu bu ilişki güçlü değilken, gelişmekte ve gelişmiş ülkelerde çok güçlüdür. Bu da refahın artmasında elektrik enerjisi kullanımının önemini göstermektedir (Kelecioğlu, 2011: 30).

Elektrik tüketimi ve reel GSYİH arasındaki nedensellik ilişkisini araştıran başka bir çalışmada ise, Türkiye ekonomisi için elektrik tüketiminden reel GSYİH'ya doğru bir nedensellik bulunmuştur. Ulaşılan sonuca göre, elektrik tüketimi ekonomik büyümeden önce gerçekleşmekte ve elektrik kullanımının artması ekonomik büyümeyi artırmaktadır (Kelecioğlu, 2011: 30).

Dünya genelinde ise 1971'den bu yana, birincil enerji talebindeki %0,6'lık bir artış, küresel GSYİH'da %1'lik bir artışı beraberinde getirmiştir (Greenpace USA, 2007: 34).

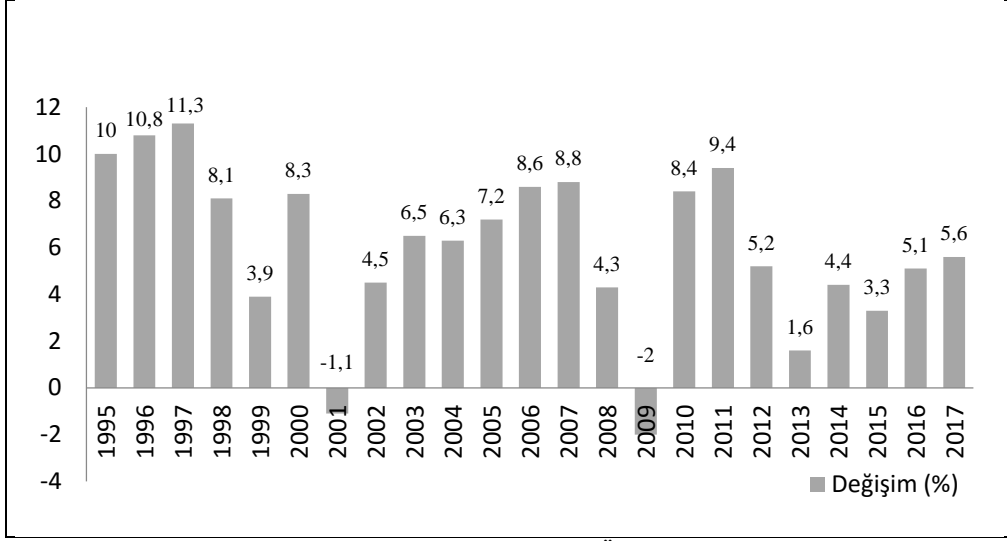
**Tablo 36:** Türkiye Elektrik Üretimi ve Tüketimi (1995-2017 Dönemi)

Yıllar	Brüt Üretim (Milyon kWh)	Önceki Yıla Göre Artış (%)	Dış Alım (Milyon kWh)	Dış Satış (Milyon kWh)	Brüt Tüketim (Milyon kWh)	Önceki Yıla Göre Artış (%)
1995	86247,4	10,1	0	695,9	85551,5	10
1996	94861,7	10	270,1	343,1	94788,7	10,8
1997	103295,8	8,9	2492,3	271	105517,1	11,3
1998	111022,4	7,5	3298,5	298,2	114022,7	8,1
1999	116439,9	4,9	2330,3	285,3	118484,9	3,9
2000	124921,6	7,3	3791,3	437,3	128275,6	8,3
2001	122724,7	-1,8	4579,4	432,8	126871,3	-1,1
2002	129399,5	5,4	3588,2	435,1	132552,6	4,5
2003	140580,5	8,6	1158	587,6	141150,9	6,5
2004	150698,3	7,2	463,5	1144,3	150017,5	6,3
2005	161956,2	7,5	635,9	1798,1	160794	7,2
2006	176299,8	8,9	573,2	2235,7	174637,3	8,6
2007	191558,1	8,7	864,3	2422,2	190000,2	8,8
2008	198418	3,6	789,4	1122,2	198085,2	4,3
2009	194812,9	-1,8	812	1545,8	194079,1	-2
2010	211207,7	8,4	1143,8	1917,6	210433,9	8,4
2011	229395,1	8,6	4555,8	3644,6	230306,3	9,4
2012	239496,8	4,4	5826,7	2953,6	242369,9	5,2
2013	240154	0,3	7429,4	1226,7	246356,7	1,6
2014	251962,8	4,9	7953,3	2696	257220,1	4,4
2015	261783,3	3,9	7135,5	3194,5	265724,3	3,3
2016	274407,7	4,8	6330,3	1451,7	279286,3	5,1
2017	295510,6	7,7	2729,1	3300,1	294939,6	5,6

Kaynak: TMMOB, 2018: 59

Yukarıdaki Tablo 36’da, Türkiye’nin ürettiği ve tükettiği ve buna bağlı olarak ithal ve ihraç ettiği elektrik miktarı gösterilmektedir. Tabloya göre enerji tüketimi, dalgalanmalar yaşamakla beraber genel olarak artmıştır. Tabloda yer alan önemli bir ayrıntı da 2011-2016 yılları arasındaki elektrik ithalat miktarındaki artıştır. Bu dönemde diğer dönemlere göre önemli ölçüde fazla elektrik ithalatı yapılmıştır. Bu durumun fiyatlara ve üretime yansması ise doğal bir sonuçtur.

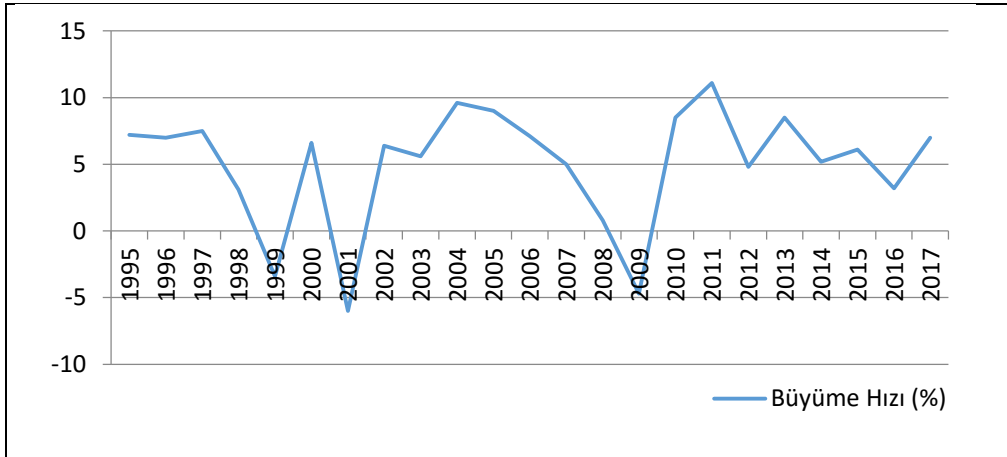
Aşağıdaki grafiğe bakarak enerji tüketimindeki dalgalanmaları daha iyi anlamak mümkündür.



**Şekil 35:** Türkiye Elektrik Tüketiminin Bir Önceki Yıla Göre Değişimi (1995–2017 Dönemi)

**Kaynak:** TMMOB, 2018: 61

Tablo 36 verilerinden türetilen Şekil 35’te Türkiye elektrik tüketiminin bir önceki yıla göre değişimi verilmektedir. Grafiğe göre, söz konusu dönemde, elektrik tüketimi sadece 2001 ve 2009 senelerinde azalmaktadır. Diğer senelerde ise miktarında dalgalanmalar yaşansa dahi artış yaşanmaktadır. Aşağıdaki grafik elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisinin basitçe analizi için hazırlanmıştır.



**Şekil 36:** Türkiye Ekonomisinin Büyüme Hızı (1995-2017 Dönemi)

**Kaynak:** TMMOB, 2018: 60

Tablo 36, Şekil 35 ve Şekil 36 birlikte incelendiğinde; 2001 ve 2009 krizlerinin elektrik tüketimine kuvvetli bir biçimde yansıdığı açıkça görülmektedir. Her iki kriz yılında da elektrik tüketiminde önceki yıla göre bir azalma görülmektedir. Genellikle kriz yıllarından sonra üretimde ve

buna bağı olarak elektrik tüketiminde bir toparlanma görülmektedir. 2001 krizinden sonra elektrik tüketiminde yavaş bir toparlanma görülmüş ve bu gelişme sonraki kriz yılına kadar devam etmiştir. Ancak 2009 yılındaki durum biraz farklı görünmektedir. 2009 krizinden sonraki iki yılda elektrik tüketimi oldukça hızlı bir şekilde artmış ancak daha sonraki yıllarda hızı çok yavaşlamıştır (TMMOB, 2018: 60).

Ülkede kullanılan elektriğin yenilenebilir enerji kökenli olması, enerji fiyatlarındaki dalgalanmaların ve buna bağı olarak enerji talebindeki dalgalanmaların önüne geçilmesinde etkili bir yöntemdir. Yenilenebilir enerji kökenli elektrik hem fosil kökenli elektriğe göre daha ucuz hem de yerli ve millidir. Yerli olması sonucunda enerjide dışa bağımlılığı azaltır ve kur farklarından etkilenmez. Ayrıca kurulan bir yenilenebilir enerji santralinin yatırım maliyetleri karşılandıktan sonra üretilen elektriğin fiyatını değiştirecek bir etmen bulunmamaktadır. Böylece ekonomide dalgalanmaya da neden olmazlar.

### ***3.1.3. Enerji İthalatı ve Cari Açık İlişkisi***

Cari açığın nedenlerini araştırma ve cari açığı azaltma konuları, iktisat literatürünü meşgul eden önemli bir konudur. Cari açığın artmasına neden olan birçok unsur olmakla birlikte en önemlilerinden bir tanesi enerji ithalatıdır. Buradan hareketle, Türkiye’de ithal enerjinin cari açık üzerindeki etkisi aşağıda ele alınacaktır.

#### ***3.1.3.1. Türkiye’de ithal enerjinin cari açık üzerindeki etkisi***

Türkiye de birçok ülke gibi dış ticaret dengesini sağlayamadığı ve dış ticaret açığı verdiği durumlarda bu açığı hizmet gelirleri ve yurt dışında yaşayan Türk vatandaşlarının döviz gelirleri ile kapatmaya çalışmıştır (Güner, 2016: 23). Ancak bu gelir kaynakları ülkenin siyasi, sosyal ve mevsimsel koşullarından oldukça fazla etkilenmekte ve süreklilik arz etmemektedir. Bu durum cari açığın finansmanını da olumsuz yönde etkilemektedir.

Her geçen gün ekonomik olarak büyüyen Türkiye için cari açığın sınırlanması beklenmemektedir. Çünkü üretimde kullanılan yatırım ve ara

malları ithalat yoluyla sağlanmaktadır. Her ne kadar cari açığın sıfırlanması beklenmese de gerekli önlemler alınarak azaltılması sağlanabilir. Bu ise ithal edilen bazı malların yerel imkânlarla üretilmesi ile mümkündür (YASED, 2011: 1).

Aşağıdaki tabloda Türkiye'nin cari açığı, enerji ithalatı ve GSYİH'sı yıllar itibariyle gösterilmektedir.

**Tablo 37:** 2002-2017 Dönemi Cari Açık ve Enerji İthalatı

Yıllar	(Milyar \$)				%			
	Enerji İthalatı	Toplam İthalat	Cari Açık	GSYİH	Cari Açık / GSYİH	Toplam İthalat / GSYİH	Enerji İthalatı / Cari Açık	Enerji İthalatı / Toplam İthalat
2002	9.204	51.554	-15.494	230.494	-6,7	22,3	59,4	17,8
2003	11.575	69.340	-22.086	304.901	-7,2	22,7	52,4	16,7
2004	14.407	97.540	-34.372	390.387	-8,8	25	41,9	14,8
2005	21.256	116.774	-43.297	481.497	-8,9	24,3	49	18,2
2006	28.859	139.576	-54.041	526.429	-10,2	26,5	53,4	20,7
2007	33.883	170.063	-62.790	648.754	-9,7	26,2	53,9	20
2008	48.281	201.964	-69.936	742.094	-9,4	27,2	69	23,9
2009	29.905	140.928	-38.785	616.703	-6,3	22,8	77,1	21,2
2010	38.497	185.544	-71.661	731.608	-9,8	25,3	53,7	20,8
2011	54.118	240.842	-105.934	773.980	-13,7	31,1	51	22,5
2012	60.117	236.545	-84.083	786.283	-10,7	30	71,4	25,4
2013	55.917	251.650	-99.858	820.012	-12,2	30,7	55,9	22,2
2014	54.906	242.117	-84.566	799.370	-10,6	30,3	64,9	22,7
2015	37.843	207.234	-63.395	859.797	-10,5	24,1	59,6	18,2
2016	27.169	198.618	-56.088	863.722	-6,4	22,9	48,4	13,6
2017	37.205	233.799	-76.806	851.102	-9	27,4	48,4	15,9

**Kaynak:** TÜİK ve DÜNYA BANKASI verilerinden türetilmiştir.

Literatürde cari açık/GSYİH oranının maksimum %5 olması gerektiği ve bu değer bir eşik olduğu öne sürülmektedir (Altunöz, 2014: 2). Ama Türkiye verilerini gösteren Tablo 37'de görüldüğü üzere, 2002-2006 yılları arasında, cari açık/GSYİH oranı artış eğilimi göstermekte, diğer yıllarda ise yüksek seviyelerde dalgalanmaktadır. 2008 yılında ABD'de ortaya çıkan ve etkisi tüm dünyayı saran ekonomik kriz nedeniyle tüm ülkelerin dış ticaret taleplerinde bir azalma ortaya çıkmıştır. Bu talep daralmasıyla birlikte Türkiye'de cari açık önemli ölçüde azalmış ama yine de cari işlemler hesabı pozitif düzeye çıkamamıştır. Bunun sebebi ise Türkiye'de üretimde

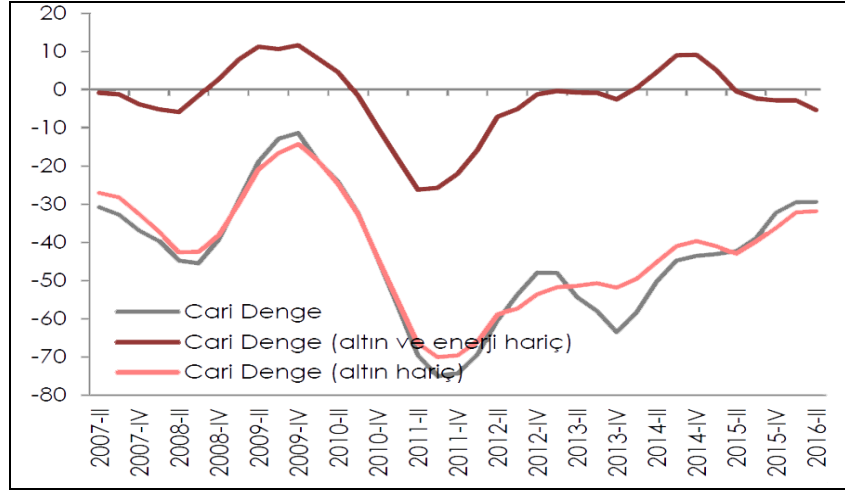
kullanılan enerjinin ithalat yoluyla sağlanmasıdır. Başka bir deyişle, bunun sebebi Türkiye'nin enerjide dışa bağımlı olmasıdır. Cari açığın 105 milyar dolar olduğu 2011 yılında cari açık/GSYİH oranı %13,7 olmasına rağmen, uygulanan ekonomik tedbirler ve küresel likidite bolluğu sayesinde cari açık sürdürülebilmiştir (Kaya, 2016: 56). 2012 yılındaki talep daralması ve ekonomik durgunluk sebebiyle, cari açık 84 milyar dolara, cari açık/GSYİH oranı ise %10 seviyelerine gerilemişken; 2013 yılında cari açık 99 milyar dolara, cari açık/GSYİH oranı ise %12'ye yükselmiştir (Narin ve Öztürk, 2014: 49).

Türkiye ekonomisinin gelişip büyüdüğü dönemlerde cari açık önemli ölçüde artmış, daraldığı dönemlerde ise cari açık azalmıştır. Ekonomideki gelişmelere ve ihracattaki artışa rağmen Türkiye, ithal enerjiye çok büyük bir kaynak ayırmaktadır (Bayrak ve Esen, 2014: 147).

Tablo 37'ye tekrar bakıldığında, 2002 yılında toplam ithalat içindeki enerji ithalatının payı %17,8 iken, sonraki yıllarda bu oran dalgalanarak artmış ve enerji talebinin de artmasıyla 2012 yılında en yüksek seviyesi olan %25,4'e yükselmiştir.

2002 yılında toplam ithalatın GSYİH'ya oranı %22,3 iken 2014 yılında %30 düzeyine çıkmıştır. Dikkat edilirse, cari açık ve enerji ithalatı birbirine paralellik göstermektedir. 2014 yılı ele alındığında, toplamda 54,9 milyar dolar olan enerji ithalatının 31,2 milyar doları ham petrol ve ürünlerine, 20,5 milyar doları doğalgaza ve 3,2 milyar doları ise kömüre aittir. Bu ithalatı yapılan enerji kaynaklarının fiyatlarında bir artışın yaşanması cari açığı artırıcı etkiye sebep olmaktadır (Kıncal, 2012: 8). Buradaki sorunun kaynağı sadece fiyat hareketleri veya döviz kuru değişimleri değildir. Eğer sorun sadece bunlardan ibaret olsaydı, 2015 yılında yaşanan petrol fiyatlarındaki düşüşle beraber cari açığın da azalması gerekirdi. Türkiye'deki sorunun temelinde ülke kaynaklarının yeterince değerlendirilememesi bulunmaktadır. Bu durum doğal olarak, yetersiz ülke içi enerji üretimi ve bundan kaynaklanan enerjide dışa bağımlılıkla sonuçlanmaktadır (Eşiyok, 2012: 78).





Şekil 37: Cari İşlemler Dengesi (Milyar Dolar)

Kaynak: TCMB

Şekil 37’de, 2007-2016 yılları arasında Türkiye’nin cari işlemler dengesi gösterilmektedir. Grafik; cari denge, altın hariç cari denge ve altın ve enerji hariç cari denge olmak üzere 3 göstergeden oluşmaktadır.

2003 yılından sonraki yıllarda meydana gelen cari açığın yaklaşık yarısı, ithal etmek zorunda kaldığımız enerji kaynaklarındaki fiyat artışından kaynaklanmıştır. Bu durum 2009 yılında daha net bir şekilde görülmektedir. Türkiye tarihinde genel olarak ekonomi resesyona girdiğinde cari işlemler hesabı fazla vermiştir. Fakat Türkiye ekonomisi 2009 yılında resesyonda olmasına rağmen GSYİH’nın %6,3’ü kadar cari açık vermiştir. Bu cari açığın tamamına yakın bir miktarı, 2003 sonrası enerji fiyatlarındaki meydana gelen artıştan kaynaklanmıştır. Başka bir deyişle, enerji fiyatları artmamış olsaydı, 2009 yılında verilen cari açığın milli gelire oranı sadece %1 olacaktı. Bu hesaplamalar sonucunda, Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılığını azaltmak için alınması gereken önlemlerin cari açığı azaltmak için de zorunlu olduğu görülmektedir. Kaldı ki Şekil 37’de görüldüğü üzere, Türkiye’nin enerji dışı cari dengesi daha az açık vermekte, hatta bazen fazla vermektedir. Bunun nedeni ise enerji ithalatı/toplam ithalat oranının büyük olmasıdır. Başka bir deyişle bunun nedeni, Türkiye’nin enerjide dışa bağımlı olmasıdır. Enerjide dışa bağımlılığın azaltılması durumunda cari açığın da azalacağı ve ekonomik büyümenin ise hız kazanacağı öngörülmektedir (Kelecioğlu, 2011: 33).

Özetleyecek olursak, enerji tüketimindeki artış GSYİH'ı büyük oranda etkilemekte, enerji tüketimi arttıkça büyümede de artış sağlanmaktadır. Buradan hareketle enerjinin, ekonomik büyümede oldukça önemli bir rol oynadığı, üretim miktarını artırarak ülke hasılasını da artırdığı söylenebilir. Bununla birlikte, büyüme (GSYİH) ile cari açık arasında çift yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Enerji tüketiminin artması büyümeyi meydana getirmekte, büyüme ise cari açığın artmasına neden olmaktadır. Eğer Türkiye'de cari açığın düşürülmesi hedefleniyorsa enerji ithalatının azaltılması gerekmektedir. Bunun için ise dışa bağımlılığı sıfır olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir.

Bu nedenlerden dolayı, yapılması gereken, yalnızca hizmet gelirleri için değil mal ticareti için de çalışmaların yapılması ve ülkenin uluslararası düzeyde rekabet gücünün artırılmasıdır. Bunun için atılması gereken en önemli adımlardan bir tanesi, katma değeri yüksek ve kurdan etkilenmeyen malların üretimine yönelmektir. Enerjinin, mal ve hizmet üretimi için önemli bir girdi olduğu düşünülürse, atılması gereken diğer önemli adım ise ithal enerji kaynakları yerine yerli ve milli enerji kaynaklarına yatırım yapmaktır.

#### ***3.1.4. Enerji Sektörü ve İstihdam İlişkisi***

Bir ülkede ekonomik büyümenin ve kalkınmanın sağlanabilmesi için ülkede bulunan işgücünün aktif bir şekilde üretimde rol alması son derece önemlidir. Bütün ülkeler için işsizlik, sosyal ve ekonomik sorunların başında gelmektedir. Toplumların en değerli kaynaklarından biri olan işgücünün gerektiği gibi kullanılmaması, sosyal ve ekonomik hayatı etkilemektedir (Güney, 2010: 239). Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki bağlantıyı gösteren çalışmaların yanı sıra, enerji ve işsizlik arasında da bir bağlantının olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

Üretim için; emek, sermaye, hammadde, teknoloji ve enerjinin bir araya getirilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan enerji, sosyal ve ekonomik hayatın vazgeçilmez bir unsurudur. Enerji sektöründe istikrar sağlanamadığında, ekonomik göstergeler istikrarlı olsa bile ülkede genelinde bir gelişme sağlanamaz. Enerji sektöründe istikrarın sağlanabilmesi için ise ülkenin

kendi enerjisini üretebiliyor olması gerekmektedir. Başka bir deyişle, enerji sektöründe istikrarın sağlanabilmesi için enerjide dışa bağımlılığın azaltılması gerekmektedir. Bu durumda, enerjisi büyük oranda dışa bağımlı bir ülke düşünüldüğünde, enerji sektöründe istikrarı sağlamak için gerekli olan döviz sağlayacak ekonomi ile ekonomik büyüme için gerekli olan istikrarlı bir enerji sektörü birbirinden çok da farklı değildir (DEK-TMK, 2009: 1-2).

#### **3.1.4.1. Türkiye’de ithal enerjinin işsizlik üzerindeki etkisi**

Küreselleşme olgusu ve küresel ekonomide yaşanan olumsuz gelişmeler, gelişmekte olan ülkelerin ekonomik şartlarının daha da bozulmasına, işsizliğin artmasına ve işsizliğin kronik hale gelmesine neden olmuştur (Karabıyık, 2009: 182). Örneğin, gelişmekte olan ülkelere biri olan Türkiye’de, 2001 ve 2009 yıllarında ekonomide yaşanan olumsuz gelişmelerden dolayı işsizlik artmıştır (Sönmez, 2015: 4).

Türkiye’deki işsizlik oranlarının yüksek ve dalgalı olmasında ithalata dayalı büyüme modelinin etkisi büyüktür. İhracat miktarının artırılmasının dahi ithal girdilere bağlı olduğu Türkiye’de, işsizlik oranlarının bu denli yüksek olması kaçınılmaz bir durumdur. Bu yapının değiştirilmesi ekonomide yapılacak köklü reformlarla mümkündür. Yine bu yapının değiştirilmesi, cari işlemler dengesinin sağlanması için büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda düşünüldüğünde, işsizlik ve cari açık sorununun çözümü için yerli üretim alanlarına yönelmek gerekmektedir. Türkiye’de ithalata dayalı ekonominin değiştirilmesi kısa dönemde pek mümkün olmamakla birlikte uzun dönemde ara malı üreten yerli firmalara sağlanacak teşvik ve desteklerle bu mümkün olabilecektir. Bu destekler neticesinde ithalata olan bağımlılık, cari açık düzeyi ve işsizlik oranları azalacaktır (Telatar, ve Terzi, 2009: 133).

Kısaca Türkiye’nin enerji sektöründeki istihdam durumu değerlendirildiğinde, yukarıda bahsedilen yapısal ve işgücü maliyetlerinin neden olduğu sorunlar asgariye indirildiğinde işsizlik sorununda da bir hafifleme görülmektedir. Çünkü Türkiye’deki enerji ya yurt dışından ithal edilmekte ya da yurt dışına ihraç edilip işlendikten sonra tekrar ithal

edilmektedir. Böyle bir durumu sürdürmek yerine, zengin bir potansiyele sahip olunan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ve bu kaynakların kullanımını artırmak daha akıllıca bir davranış olacaktır. Bu kaynakların işlenmesinde kullanılacak makine ve teçhizatların Türkiye’de üretilmesi ise hem teknolojinin gelişmesine hem de istihdamın artmasına katkıda bulunacaktır (Erdal, 2012: 180).

2017 yılında fotovoltaik güneş enerjisi sektöründe 33.400 kişi, güneş enerjisi ile soğutma ve ısıtma sektöründe ise 16.600 kişi istihdam edilmiştir (DEK-TMK, 2018: 2). Özellikle kırsal bölgelerde yapılacak yenilenebilir enerji yatırımları, söz konusu bölgelerdeki işsizlik sorununa çözüm olabilecektir.

### ***3.1.5. Enerji Sektörü ve Enerji Arz Güvenliği İlişkisi***

Enerji arz güvenliği, ülkeler için oldukça önemli bir konudur; çünkü ülkenin ekonomik gelişmesini ve ulusal güvenliğini doğrudan etkilemektedir. Bu konunun ne kadar önemli olduğunu enerji için yapılan çatışmalardan hatta savaşlardan anlamak mümkündür. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ve enerjinin hem üretimde hem de teknolojiye kullanılması göz önünde bulundurulursa, enerji arz güvenliğinin önemi daha da net görülmektedir.

Enerjinin üretim faktörü olarak görülmesi ile dünyadaki enerji kullanımı geri döndürülemez bir noktaya gelmiştir. Bu bakımdan birçok ülke, enerji arz güvenliğini ulusal güvenliğin bir parçası olarak görmekte ve politikalarını bu doğrultuda yapmaktadırlar.

#### ***3.1.5.1. Enerji arz güvenliğinin tanımı***

Bir tanıma göre enerji arz güvenliği, enerji kaynaklarının makul ve satın alınabilir bir fiyat üzerinden kesintisiz bir şekilde tüketicilere ulaştırılmasıdır. Diğer bir tanıma göre ise enerji arz güvenliği, talep edilen enerjiyi karşılayacak makul miktardaki kaliteli ve temiz enerjinin, satın alınabilecek fiyat düzeyi ile kesintisiz olarak temin edilmesidir.

Bu konuda birbirinden farklı birçok tanım olmakla birlikte genel olarak makul ve satın alınabilir bir fiyata, kesintisiz ve sürekli olmaya, değişen

ihtiyaçlara uyum sağlamaya, ani değişimlere cevap verebilmeye, kaliteli ve temiz olmaya ve erişilebilirliğe vurgu yapılmıştır. Temiz enerji kavramı ise son yıllarda yaşanan küresel iklim değişiklikleriyle gündeme gelmiştir (Sevim, 2009: 94).

Enerji arz güvenliği hususunda birçok tartışma bulunmaktadır. Bu yüzden kavramın iyi anlaşılması gerekmektedir. Özellikle farklı yorumlamalar ve yaklaşımlar enerji arz güvenliğinin anlaşılmasını zorlaştırmaktadır. Enerji arz güvenliğine ekonomik açıdan bakanlar bunun bir sorun olmadığını, tamamen piyasa ile ilgili olduğunu ve devletin sadece piyasa başarısızlığı olması durumunda müdahale etmesi gerektiğini savunmaktadırlar. Enerji arz güvenliği probleminin olmadığını savunan bu yaklaşım, klasik iktisat görüşlerine paralellik göstermektedir. Diğer görüşleri savunanlar ise enerji kaynaklarının millileştirilmesi gerektiğini ve enerji arz güvenliğinin milli güvenlikle eş değer olduğunu ileri sürmektedirler (Arianna, Behrens ve Egenhofer, 2009: 1).

Enerji arz güvenliği birçok faktörden olumlu veya olumsuz şekilde etkilenmektedir. Bunlar genel hatlarıyla ekonomik faktörler, siyasi faktörler ve coğrafi faktörler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Enerji kaynağının fiyatı, talep esnekliği, ikame edilebilirliği, ülkenin ithalat bağımlılığı, enerji yönetimi, ulusal düzenlemeler, ulusal işbirliği ve anlaşmalar ekonomik faktörleri oluştururken; siyasi istikrarsızlıklar, ambargo ve terörizm gibi faktörler siyasi faktörleri oluşturmaktadır. Coğrafi faktörler ise enerji kaynağı ile olan uzaklık, güzergâh, konum, jeopolitik konum, iklim değişikliği ve çevre gibi faktörlerden oluşmaktadır (Erdal, 2011: 15-51).

### **3.1.5.2. Enerji arz güvenliğinin bileşenleri**

Enerji arz güvenliği; piyasaların değişken yapısı, üretimde yaşanan sıkıntı ve zorluklardan dolayı önemli bir politika haline gelmiştir. Bu sorunlardan dolayı politikacıların karar alma süreçlerinde bir araca ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji arz güvenliği endeksi politikacıların bu ihtiyaçlarını karşılar niteliktedir. Bu endeks, 4 ölçütün kullanılmasıyla oluşturulan bir matristen ibarettir. Bu ölçütler aşağıdaki gibidir (Hughes ve Shupe, 2010: 3-4):

**Kullanılabilirlik:** Coğrafi koşullar göz önünde bulundurulduğunda, birincil enerji kaynaklarının bilinen rezervlerden elde edilebilir olmasını ifade etmektedir.

**Erişilebilirlik:** Bilinen ve kullanılmak istenilen rezervlerin arz bakımından güvenilirliğini ifade etmektedir.

**Satın Alınabilirlik:** Erişilebilirlik kavramına ekonomik unsurların eklenmesiyle ortaya çıkan ölçüttür. Başka bir deyişle satın alınabilirlik, enerji kaynaklarının fiyatlarını ve ortaya çıkan altyapı giderlerini ifade etmektedir. Bunlara ek olarak, elde edilen enerjinin fiyatlarının tüketicilere yansımaları da analize dâhil edilmektedir.

**Kabul Edilebilirlik:** Enerji kaynaklarının çevre ve insan sağlığına negatif etkisinin olmamasını ve toplum tarafından kabul edilmesini ifade etmektedir. Buna göre, artık sadece enerji kaynaklarının kullanıma sunulması ve ucuz olması değil aynı zamanda çevreye duyarlı olması da önem arz etmektedir.

Bu anlatılanlar ışığında, başarılı bir arz güvenliği politikası şu hedefleri benimsemelidir (Peker, 2014: 87-88):

- Ülkedeki enerji arz ve talebi arasındaki dengesizliğin azaltılması
- Enerji kaynakları arasında optimum bileşimin sağlanması
- Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve ekonomik olarak kullanımının sağlanması
- Enerji altyapısını geliştirmeye yönelik gerekli çalışmaların yapılması
- Alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek gerekli yatırımların yapılması
- Yenilik, rekabet ve teknolojik gelişmelerin teşvik edilmesi
- Enerji fiyatlarında meydana gelebilecek bir dalgalanmaya karşı hassasiyetin azaltılması
- Aktif olarak görev yapan bir enerji yönetiminin kurulması.

### **3.1.5.3. Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arz güvenliği üzerindeki etkisi**

Türkiye’nin enerji dengesini sağlama konusundaki en önemli sorunu, birincil enerji kaynakları bakımından fakir olmasıdır. Aslında Türkiye; linyit, taş kömürü, petrol, asfaltit, doğalgaz, toryum ve uranyum gibi fosil enerji kaynaklarının yanı sıra hidrolik, jeotermal, rüzgâr, güneş ve deniz dalgası gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir. Ancak fosil enerji kaynaklarının potansiyeli ülkenin enerji ihtiyacını karşılamaya yetmemekte, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise kullanım oranı düşük bulunmaktadır. Türkiye’de enerji tüketimi düşünüldüğünde, petrol tüketiminin sadece %10’u ve doğalgaz tüketiminin ise sadece %3’ü yerli kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu probleme rağmen, Türkiye’nin bu fosil enerji kaynaklarını kullanma oranı sürekli artmakta ama üretimi sabit kalmakta veya azalmaktadır.

Son yıllarda doğalgazdan elektrik üretme oranının oldukça hızlı bir şekilde artmasından dolayı, doğalgaz arzının sadece bina ısıtma bakımından değil, elektrik arz güvenliği bakımından da sorun teşkil etme olasılığı artmaktadır. Bu durum petrol açısından da benzer özellikleri taşımaktadır.

Türkiye’nin, enerji arz güvenliğini sağlamak için atması gereken yegâne adım, enerjide dışa olan bağımlılığını azaltmasıdır. Bunun için de yerli üretim kapasitesini ve miktarını artırması gerekmektedir. Türkiye’nin fosil enerji kaynakları bakımından kendine yetmeyen bir ülke olduğu düşünüldüğünde, yenilebilir enerji kaynaklarına yönelmek kaçınılmaz olmaktadır.

Türkiye için enerjide ithalatın azaltılması, dolayısıyla enerjide dışa bağımlılığın azaltılması ve enerjide arz güvenliğinin sağlanması için orta ve uzun vadede uygulanabilecek yegâne çözüm yolu yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir. Nükleer enerji ise, gerekli olan teknolojik altyapının Türkiye’de bulunmaması ve nükleer enerji santralleri için gerekli olan yakıtın kısa vadede ithal edilmesinin gerekli olmasından dolayı, enerjide dışa bağımlılık ve enerji arz güvenliği konularında doğalgaz çevrim santrallerinden bir farklılık arz etmemektedir (Peker, 2014: 163).

Türkiye'nin özellikle ekonomik ve siyasi nedenlere bağlı olarak ileride yaşaması muhtemel olan doğalgaz kesintileri, hem ısınma hem de elektrik arzı için sorun oluşturmaktadır. Türkiye böyle bir durumda doğalgaz arzını artıramayacağı için ülkede bulunan yenilenebilir enerji potansiyelini sonuna kadar kullanmalıdır.

Özellikle güneş enerjisi bakımından oldukça zengin bir ülke olan Türkiye, elindeki bu kaynağı yeterince iyi değerlendirememektedir. Türkiye'de son yıllarda güneş enerjisi santrallerine bir hayli yatırım yapılmaktadır. Buna rağmen, güneş enerjisinden ısıtma amacıyla yararlanma oranı elektrik üretimi oranından daha yüksektir. Bu da güneş enerjisi santralleri teknolojisinden yeterince yararlanılamadığını göstermektedir.

Sonuç olarak; yerli, milli, güvenli ve ucuz yenilenebilir kaynaklarının iyi ve verimli bir şekilde değerlendirilmesi sonucunda enerjide dışa bağımlılık azaltılıp enerjide arz güvenliği sağlanabilecektir. Ayrıca çevresellik açısından düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji arz güvenliğine en yüksek katkıyı yapan enerji kaynaklarıdır. Diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında herhangi bir çevresel kirliliğe neden olmazlar. Ayrıca nükleer enerji santralleri gibi bir risk unsuru da içermezler.

Son olarak, Türkiye'nin enerji arz güvenliği endeksinin objektif olarak, sayısal yöntemlerle en güvenilir biçimde değerlendirilmesi, Türkiye'nin enerji politikalarının doğru bir biçimde belirlenmesinde oldukça önemlidir. Bu bağlamda Türkiye, güncel bir enerji arz güvenliği endeksi oluşturmalı ve meydana gelen değişimleri sürekli takip etmelidir. Ayrıca ciddi bir biçimde enerji arz güvenliği tahminleri yapılmalı ve olası muhtemel şoklara karşı önceden önlem alınmalıdır.

### **3.2. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevre Üzerindeki Etkileri**

Enerjinin olabilecek en düşük maliyette üretilmesi toplumsal refahın artmasında yeterli bir unsur değildir. Olabilecek en düşük maliyetin yanında çevreye de en az düzeyde zarar vermesi şartı aranmaktadır. (Mahmutoğlu, 2013: 10). Enerji sorununun temelinde enerji talebinin gün geçtikçe artıyor olması yatmaktadır. Ekonomi, enerji, kalkınma ve çevrenin korunması



birbiriyle alakalı konulardır ve aralarında oldukça karmaşık bir ilişki bulunmaktadır.

Enerji kaynaklarından enerji üretilirken çevreye verilecek zararın minimize edilmesi gerekmektedir. Bazı enerji kaynakları buna elverişli iken bazıları ise elverişli değildir. Burada, enerji kaynaklarının çevreye etkileri başlıklar halinde ele alınmaktadır.

### **3.2.1. Fosil Yakıtların Sebep Olduğu Çevresel Sorunlar**

Fosil enerji kaynakları hayatımızın hemen hemen her yerine nüfuz etmiştir. Bu enerji kaynakları yararlı olduğu kadar zararlı da olabilmektedir. Gelişen teknoloji ve artan üretim miktarları ile enerjiye olan ihtiyaç artmış ve bunun sonucunda çok ciddi derecede çevre tahribatları ortaya çıkmıştır. Elektrik üretiminde kullanılan yöntemlerden çevreye en çok zarar vereni ise termik santrallerdir.

Ekolojik dengenin bozulmasına neden olan durum, fosil enerji kaynaklarının yakılması sonucu oluşan ve çevreye yayılan yan ürünler yani atıklardır. Bu da canlılar için çok önemli olan hava, toprak ve suyun kirlenmesi anlamına gelmektedir (Ağaçbiçer, 2010: 24).

#### **3.2.1.1. Hava Kirliliği**

Fosil enerji kaynaklarının kullanılması sonucunda salınan karbondioksit fotosentez yapabilen bitkiler tarafından tutulur ancak salınan karbondioksit miktarının fazla olması buna engel olur ve karbondioksit atmosfere yerleşir. Bu durum, güneşten yeryüzüne ulaşan ışınların geri yansımalarına engel olur ve yeryüzü ısınmaya başlar. Bu olay literatürde *sera etkisi* olarak yer almakta ve bu olay uzun vadede küresel ısınma ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır.

#### **3.2.1.2. Sera gazı ve iklim değişiklikleri**

Küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişiklikleri günümüzün en önemli sorunlarından birisi olmakla birlikte sadece bir bölgeyi değil tüm dünyayı ilgilendiren küresel bir sorundur. Aslında bu sorun tarihte zaman zaman yaşanmakla birlikte sanayi devriminden sonra artmıştır. Ayrıca geçmiş

dönemlerdeki iklim değişiklikleri doğal nedenlere dayanmakta iken artık insan faktörüne dayanmaktadır.

Küresel ısınma sadece yeryüzünün ısınması anlamından öte yeryüzünün ısınmasına bağlı olarak yağış miktarlarının, iklim dönemlerinin, kar ve buzul kalınlığının ve deniz seviyesinin değişmesi anlamına gelmektedir.

Küresel ısınma ve iklim değişikliklerinin daha iyi anlaşılması için sera gazı ve etkilerinin anlaşılması gerekmektedir.



**Tablo 38:** 1990 – 2017 Dönemi Sera Gazı Emisyonları (CO<sub>2</sub> Eşdeğeri)(Milyon ton)

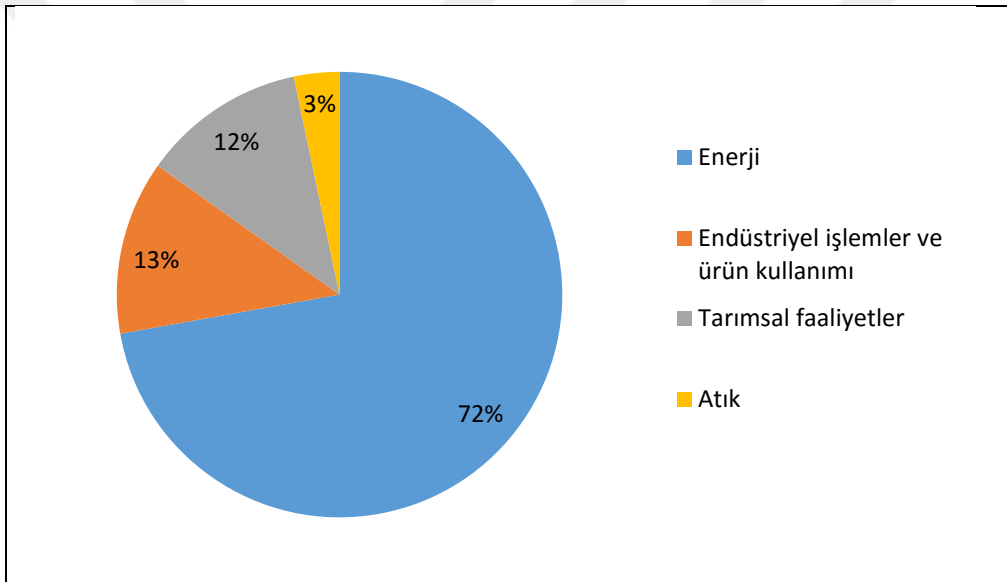
Yıl	Toplam	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	F-gazları
1990	219,2	151,5	42,4	24,7	0,6
1991	226,6	158,0	43,3	24,4	0,9
1992	232,8	163,9	43,2	25,0	0,7
1993	240,1	171,0	43,0	25,8	0,4
1994	234,1	167,4	42,7	23,3	0,7
1995	247,6	180,9	42,5	23,6	0,6
1996	267,2	199,5	42,9	24,3	0,6
1997	278,6	212,0	42,1	23,9	0,6
1998	280,3	212,0	42,3	25,3	0,6
1999	277,8	207,8	43,7	25,7	0,6
2000	298,9	229,8	43,6	24,8	0,7
2001	280,4	213,5	42,8	23,3	0,8
2002	286,1	221,0	40,9	23,2	1,0
2003	305,6	236,5	42,9	25,0	1,2
2004	315,0	244,5	43,5	25,5	1,5
2005	337,2	264,2	45,2	26,1	1,7
2006	358,2	281,6	46,6	28,0	1,9
2007	391,4	312,7	49,0	27,4	2,3
2008	387,6	309,3	49,9	25,9	2,4
2009	395,5	315,4	49,6	28,2	2,4
2010	398,7	314,4	51,3	29,4	3,5
2011	427,6	339,5	53,7	30,5	3,9
2012	446,9	353,7	57,1	31,6	4,6
2013	439,0	345,2	55,5	33,5	4,8
2014	458,0	361,7	57,3	33,9	5,1
2015	472,2	381,3	51,3	34,7	4,8
2016	498,5	401,2	53,9	37,1	6,3
2017	526,3	425,3	54,2	38,5	8,2

**Kaynak:** TÜİK

Dünyadan yansıyan ışınlar, atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulmakta, bunun sayesinde dünya ısınmakta ve yaşanılabilecek sıcaklıkta bir yer olmaktadır. Bu gazların başlıcaları; karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O), F-gazları ve su buharıdır. Aslında sera etkisi, yeryüzü için gerekli ve doğal bir süreçtir. Sera etkisinin olmadığı bir durumda yeryüzünün sıcaklığı ortalama -18 °C olacağı bilim adamlarında

belirtilmiştir. Günümüzdeki sorun ise insan faaliyetlerinden kaynaklı sera gazlarının miktarının artması ve doğal sera gazı olayının şiddetlenmesidir. Bunun sonunda yeryüzü normalinden daha fazla ısınmakta ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır (Koçak, 2012: 60-61).

Tablo 38’de, 1990–2017 dönemi sera gazı emisyonları CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak verilmektedir. Tabloya göre atmosferde bulunan gazların miktarı çok önemli bir derecede artmıştır. En önemli artış ise karbondioksitte görülmektedir. Karbondioksit miktarının artması hem hava kirliliğine neden olarak havanın kalitesini düşürmekte hem de küresel ısınmaya neden olmaktadır.



**Şekil 38:** 2017 Yılı Sektörlere Göre Toplam Sera Gazı Emisyonları (CO<sub>2</sub> Eşdeğeri)  
**Kaynak:** TÜİK verilerinden türetilmiştir.

Yukarıdaki Şekil 38’de 2017 yılının sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak pasta grafiğinde gösterilmektedir. Toplam sera gazı emisyonları; enerji, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, tarımsal faaliyetler ve atıklardan oluşmak üzere grafikte yer almaktadır. Bu oranlara bakıldığında, %3’lük bir kısma atıklar, %12’lik bir kısma tarımsal faaliyetler, %13’lük bir kısma endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ve %72’lik bir kısma ise enerji üretimi neden olmaktadır. Buradan da görüleceği gibi sera gazı emisyonlarının azaltılmasında enerji sektörü ve bu sektörde alınacak önlemler hayati önem arz etmektedir.

### **3.2.1.3. Su Kirliliği**

Su kirliliği, doğal su kaynaklarının başta insan olmak üzere canlıların yaşamlarını olumsuz yönde etkileyecek şekilde bozulmasıdır. Bu bozulmalar fiziksel, kimyasal, bakteri ve ekolojik biçimde olabilmektedir.

Kentleşme, nüfus artışı, sanayileşme, tarım, kontrolsüz salınan lağım atıkları, petrol atıkları, nükleer atıklar ve enerji üretiminde kullanılan termik santraller su kirliliğine neden olabilmektedir. Bu sayılan kalemlerden en fazla su kirliliğine neden olan ise enerji üretiminde kullanılan termik santrallerdir.

Su kaynakları, termik santrallerde buhar üretme, soğutma ve temizleme gibi işlemler için kullanılmaktadır. Termik santrallerde kullanılan sular makinelere zarar vermemesi için çeşitli kimyasal işlemlerden geçmektedir ve bu işlem, atık suların demir 2 sülfat (FeSO<sub>4</sub>) oranını artırmaktadır. Kullanılan suların kaynaklara geri gönderilmesi sonucunda ise su kirliliği ortaya çıkmaktadır (Eskin, 2018: 72).

Ayrıca termik santrallerin bacalarından çıkan gazlar bir miktar kül barındırır ve küller de su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Özellikle santrallerin bacalarından çıkan atıklar su kaynaklarını hakim rüzgar yönünde kirletmektedir. Atık küller sadece bacalardan değil ayrıca kullanılan suyun içinde de bulunmakta ve geri gönderildikleri kaynakları kirletmektedir (Eskin, 2018: 73). Fosil enerji kaynakları, enerji üretiminde büyük rol oynamasının yanında evre tahribatında da büyük etkiye sahip olabilmektedir.

### **3.2.1.4. Toprak Kirliliği**

Toprak kirliliği, üzerinde yaşadığımız ve çeşitli yollarla faydalandığımız toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak kirletilmesi ve bozulmasına neden olunmasıdır. Toprak kirliliği önemli çevresel sorunların başında görülmemesine rağmen aslında insanlara yaşam alanı sunması ve yaşayanlara su ve besin kaynağı sağlaması bakımından oldukça önemlidir. Ancak günümüzde insan faaliyetleri kayaklı olarak toprak da kirletilmekte ve doğal dengesi bozulmaktadır (Koçak, 2012: 70).

Hava ve suyu kirleten etmenler, çeşitli meteorolojik olaylarla toprağa karışmakta ve toprağın da kirlenmesine neden olmaktadır. Ayrıca endüstriyel ve kentsel atıklar, sanayi atıkları, tarımda aşırı gübre ve ilaçlama gibi unsurlar da toprağın kirlenmesine neden olmaktadır. Termik santraller, hava ve su kirliliğinde olduğu gibi toprak kirliliğinde de önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Termik santrallerin bacalarından çıkan duman ve içinde barındırdıkları küller, zamanla toprağın üzerine çökerek toprağın kirlenmesine neden olmaktadır. Buna ek olarak linyit kömüründe %35-55 oranında bulunan kül miktarı da bu kirlenmeyi artırıcı etki yapmaktadır. Ayrıca kömür çıkarma işlemi sırasında toprak kütlelerin düzensiz istifleri de arazilerin optimum kullanımına engel olmaktadır (Goncaloğlu, Ertürk ve Erdal, 2000: 10).

### ***3.2.2. Nükleer Santrallerin Sebep Olduğu Çevresel Sorunlar***

Nükleer enerji santrallerinde kullanılan uranyum ve toryum madenlerinin çıkarılması, işlenmesi ve kullanılması esnasında çevreye düşük ışımalı atıklar yayılmaktadır. Buradan kaynaklı nükleer santrallerinden radyasyon yayılması tehlikesi bulunmaktadır.

Nükleer enerji üretimi sonucunda ortaya çıkan radyoaktif maddelerin yarı ömürleri uzundur ve saklanması veya yok edilmesinde zorluklar yaşanmaktadır. Dolayısıyla, nükleer enerji santrallerinin nihai atık sorunu bulunmaktadır.

Fay hattı üzerinde kurulan nükleer santrallerin deprem gibi şiddetli doğa olayları esnasında veya sonrasında sızıntı yapma ihtimali vardır. Bu yüzden, santrallerin kuruluş yerinin detaylı bir şekilde araştırılması çok büyük önem arz etmektedir.

Radyoaktif atıkların çevreye yayılması sonucunda hava, toprak, su ve çevre kirliliği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca toprağın bu atıkları emmesi ve bu topraklarda yetişen bitkilerin yenilmesi veya bunlarla beslenen hayvanların besinlerinin tüketilmesi ile insan vücudunda zararlı ve radyoaktif maddeler birikmiş olacaktır (Kadıoğlu ve Tellioğlu, 1996: 61).

### 3.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevreye Etkisi

Fosil enerji kaynaklarının kullanımı sonucunda atmosfere yüksek oranlarda sera gazı salınması ve buna bağlı olarak çevre kirliliğinin meydana gelmesi, temiz enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini her geçen gün artırmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları dünyanın geneline yayılmış durumdadır ve ülkelerin kendi enerjilerini üretmelerine olanak tanımaktadır. Bu durum, enerji nakliyesi sırasında ortaya çıkabilecek çevre kirliliklerinin de önüne geçilmesini sağlamaktadır.

Genel olarak yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, hidroelektrik ve denizden oluşmaktadır. Bu kaynakların çevreye etkileri ise aşağıda yer almaktadır.

Güneş enerjisi santrallerinde kullanılan teknolojilerinin ortaya çıkarmış oldukları çevre sorunları diğer teknolojilerle kıyaslandığında önemsizdir. Güneş kollektörlerinin çevreye olan zararları yok denilebilecek düzeydedir. Ancak bazı çalışmalar, zehirli iletken akışkanların ve bunların yüksek sıcaklıklara maruz kalmasının sonucunda çevresel ve sağlık bakımından sorunların oluşabileceğini tahmin etmektedir (Kadıoğlu ve Tellioğlu, 1996: 61).

Rüzgâr enerjisi, diğer enerji türlerine göre çevreye en az zarar veren kaynaktır. Rüzgâr türbinlerinin kanatlarının metal olması sonucunda haberleşme ve sinyalizasyonu bozduğu görülmüştür. Fakat kanatların yapımında kullanılan hammaddenin değiştirilmesi sonucunda bu sorun ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca rüzgâr türbinlerinin çok ses çıkardığı ve bunun sonucunda hayvanları olumsuz etkilediği ve göç yollarının değişmesine neden oldukları öne sürülmektedir. Ancak türbinler kurulmadan önce kurulum yerlerinin ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesi bu sorunun oluşmasını engelleyebilecektir.

Jeotermal enerji genel olarak çevreye uyumlu, temiz ve risksiz bir enerji kaynağıdır. Çevreci bir kaynak olmasına rağmen, atık suları kirletici mineraller barındırmaktadır. Atık suların yer altına tekrar geri gönderilmesi veya iyi muhafaza edilmesi gerekmektedir. Ayrıca atık sular, çevre sularıyla

veya toprakla karışması durumunda kirletici durumundadır. Gerekli önlemlerin alınması ve denetiminin yapılması durumunda çevre kirliliği söz konusu olmayacaktır.

Biyokütle enerjisi de genel anlamda çevreye uyumlu, temiz ve risksiz bir enerji kaynağıdır. Ancak tesiste kullanılan biyokütle türüne göre bazı çevresel sorunlar oluşabilmektedir. Örneğin, enerji üretiminde kullanılan çöp gibi atıkların yakılması sonucunda ortaya çıkan atıklar tehlikeli atık kategorisinde değerlendirilmektedir ve Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY) kapsamına girmektedir. Böyle atıkların oluştuğu bir durumda bazı çevresel önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Diğer taraftan gerekli önlemlerin alınması durumunda biyokütle enerjisi, çevreye uyumlu ve temiz olma özelliğini sürdürmektedir (DPT, 2001: 161).

Hidrolik santrallerinin çevreye olan etkisi olumlu ve olumsuz olmak üzere iki kısımda incelenebilmektedir. Hidroelektrik santralleri taşkınların önlenmesinde, balıkçılığın gelişmesinde ve doğanın güzelleştirilmesinde çevreye katkıda bulunmaktadır. Ancak baraj kapaklarının kontrolsüz açılması durumunda ise su taşkınları meydana gelebilmekte; bu durum can ve mal kaybına neden olabilmektedir. Aynı zamanda baraj gölü sahası içinde yerleşmiş halkın göç ettirilmesi sosyal sorunlara neden olabilmektedir

Üretime geçmiş bir hidroelektrik santralinin kendisinin değil, baraj kısmının çevreye büyük etkisi bulunmaktadır. Baraj gölünün geniş yüzey alanının bulunması, buharlaştırmayı artırmakta bunun sonucunda tuzlanma ve çoraklaşma da artmaktadır. Buna ek olarak, sudan kaynaklanan parazitli hastalıkların artma olasılığı da bulunmaktadır. Diğer yandan, büyük hidroelektrik santralleri yerine küçük hidroelektrik santralleri kurularak bu çevresel sorunların önüne geçilebilmektedir (DPT, 2001: 161-162).



## 4. BÖLÜM

### EKONOMETRİK SONUÇLAR

Bu çalışmada enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi durumunda ekonomiye ve çevreye etkileri incelenmektedir. Bu etki araştırılırken kişi başı reel GSYH, kişi başı reel GSYH'nın karesi, finansal gelişme, doğa üzerindeki reel baskı ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin toplam enerjiye oranı değişkenleri kullanılmıştır.

Daha önce yapılan bir çalışmada doğaya verilen zarar kişi başına hesaplanmış ve şu şekilde formüle edilmiştir (Aşıcı, 2012: 327):

$$\begin{aligned} \text{Kişi başına doğa üzerindeki baskı} = & \text{kişi başına karbondioksit hasarı} \\ & + \text{kişi başına mineral sömürüsü} \\ & + \text{kişi başına enerji tüketimi} \\ & + \text{kişi başına net orman sömürüsü} \end{aligned}$$

Bu çalışmada da kişi başı doğa üzerine baskının hesaplanmasında Aşıcı 2010 çalışması dikkate alınmış ve Türkiye için hesaplanmıştır.

Çalışmamızda kullanılacak olan ve yukarıda formüle edilen *kişi başına doğa üzerindeki baskı* için kullanılan değerlerin açıklaması aşağıda sunulmuştur.

**Tablo 39:** Kişi Başına Doğa Üzerindeki Baskı Değişkenleri

<b>Net Orman Sömürüsü (\$)</b>	Net orman sömürüsü, birim enerji kaynağı kiralınması ve aşırı tomruk kesiminin doğal büyümede meydana getirdiği artış olarak hesaplanmaktadır.
<b>Mineral Sömürüsü (\$)</b>	Mineral sömürüsü, maden kaynakları stokunun değerinin kalan rezerv ömrüne oranıdır. Kalay, altın, kurşun, çinko, demir, bakır, nikel, gümüş, boksit ve fosfat içerir.
<b>Enerji Tüketimi (\$)</b>	Enerji tükenmesi, enerji kaynakları stokunun değerinin kalan rezerv ömrüne oranıdır. Kömür, ham petrol ve doğal gazı kapsar.
<b>Karbondioksit Hasarı (\$)</b>	Fosil enerji kaynakları kullanımından ve çimento üretiminden kaynaklanan karbondioksit emisyonunun zarar maliyetidir. Bir ton CO <sup>2</sup> maliyetinin 30 ABD Doları olduğu tahmin edilmektedir.

**Kaynak:** Dünya Bankası-WDI

#### 4.1. Durağanlık Analizi: Birim Kök Testi

Bir modelin zaman serileri ile analizindeki ilk aşama, her bir değişkene ait olan serilerin durağan olup olmadığını tespit etmektir. Ayrıca bu durağanlık analizine birim kök testi de denilmektedir. Bir zaman serisi analizinde, değişkenler arasında anlamlı bir sonuç çıkması için serilerin birim kök içermemesi gerekmektedir. Başka bir deyişle, değişkenler arasında anlamlı bir sonuç çıkması için serilerin durağan olması gerekmektedir. Serilerin birim kök içerdiği bir durum, serilerin durağan olmamalarına neden olmaktadır. Durağan olmayan seriler arasında ise sahte regresyon sorunu ortaya çıkmaktadır. Böyle bir durumda ise analizden elde edilen sonuçlar gerçeği yansıtmaktan uzak olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, regresyon analizi sonucunda gerçek sonuçlara ulaşabilmek için ilk olarak bir dizi parametrik ve parametrik olmayan testler uygulanarak serinin birim kök içerip içermediği araştırılmalıdır (Kılıç, 2015: 413). Bu çalışmada, serilerin durağanlık analizi Artırılmış Dickey Fuller Birim Kök Testi (ADF) ve Phillips-Perron Birim Kök Testi (PP) kullanılmıştır.

##### 4.1.1. Artırılmış Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi

Dickey-Fuller birim kök testi, analiz edilen serilerde birim kökün olup olmadığının belirlenmesinde kullanılan bir testtir. Bu yöntem ilk olarak 1979 yılında, Dickey D.A. ve W.A.Fuller'ın 'Journal of American Statistical Association' adlı dergide yayınlanan makaleleriyle duyulmuştur. Yapılan uygulamalarda serinin birim kök taşıyıp taşımadığının saptanması için Dickey-Fuller birim kök testinin yapılması şart niteliğindedir.

Dickey-Fuller birim kök testini açıklamak için aşağıdaki model verilmektedir (Hanedar, Akkaya ve Bizim, 2016: 8):

$$Y_t = pY_{t-1} + u_t$$

( $u_t$  = hata terimi)

Eşitlik aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$y_t - y_{t-1} = (p-1)y_{t-1} + u_t$$

Her iki tarafından  $y_{t-1}$  çıkarıldığında, denklem aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + u_t$$

$$H_0: \rho=1, H_1: \rho<1$$

$\rho=1$  veya  $\gamma=0$  olduğu durumda,  $y_t$  serisi bir birim kök içermektedir. Ancak  $|\rho|<1$  olduğu durumda seri durağan olmaktadır.

Dickey-Fuller'in ortaya koyduğu üç denklem türü bulunmaktadır;

$$\text{Kesmesiz ve Trendsiz Model} : \Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + u_t$$

$$\text{Kesmeli ve Trendsiz Model} : \Delta Y_t = a + \gamma Y_{t-1} + u_t$$

$$\text{Kesmeli ve Trendli Model} : \Delta Y_t = a + bt + \gamma Y_{t-1} + u_t$$

Bu üç modelin birbirinden farkı deterministik elemanlar içermesidir. Bu denklemlerde bulunan  $\gamma$  parametresinde  $\gamma=0$  eşitliğinin olması durumu,  $y_t$ 'nin birim kök içerdiğini göstermektedir.

Serinin durağanlığının sınanmasında kullanılan iki hipotez kullanılmaktadır:

$$H_1: \gamma < 0 (\rho < 1) : \text{Seride birim kök yoktur yani seri durağandır.}$$

$$H_0: \gamma = 0 (\rho = 1) : \text{Seride birim kök vardır yani seri durağan değildir.}$$

Dickey-Fuller Birim Kök Testinde bağımlı değişkende gecikmeli değerlerin bağımsız değişken olarak modele dâhil edilmesiyle yeni bir test geliştirilmiş ve buna Artırılmış Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi denmektedir. Bu yaklaşım sayesinde kalıntılardaki otokorelasyon bertaraf edilmiş olmaktadır. Söz konusu gecikmeli değişkene ait gecikme değeri belirlenirken Akaike ve Schwarz kriterlerinden faydalanılmaktadır. Bunlardan başka Breusch-Godfrey veya Lagrange çarpanlarından da yararlanılabilir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 323).

$$\Delta Y_t = a + bt + \gamma Y_{t-1} + c \sum \Delta Y_{t-1} + u_t$$

Son şekli yukarıdaki gibi oluşturulan artırılmış Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi, kullanılan zaman serilerinin birim kökün olup olmadığının belirlenmesinde daha yüksek işlevsellik kazanmıştır.

#### 4.1.2. Phillips-Perron (PP) Birim Kök Testi

Dickey-Fuller birim kök testi hataların istatistiksel olarak bağımsız ve sabit varyansa sahip olduklarını varsaymaktadır. Başka bir deyişle Dickey-Fuller testinde rassal hatalar arasında bir otokorelasyon olmadığı varsayılmaktadır. Phillips ve Perron, Dickey-Fuller birim kök testinin hata terimleri ile ilgili varsayımını geliştirmişlerdir ve Phillips-Perron birim kök testi parametrik olmayan yeni bir test niteliğini kazanmıştır. Bu durumda Phillips-Perron testi rassal hataların dağılımları ile ilgili yeni bir varsayımda bulunmaktadır. Phillips-Perron testi de Dickey-Fuller testindeki gibi üç model için geliştirilmektedir. Ancak en basit model aşağıdaki gibidir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 364-365):

$$Y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \mu_t$$

$$Y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 (t-T/2) + \mu_t$$

Yukarıdaki denklemlerdeki T gözlem sayısını ve  $\mu_t$  hata terimlerinin dağılımını göstermektedir. Ayrıca hata teriminin ortalaması sifıra eşittir. Ayrıca buradaki hata terimleri arasında içsel bağlantının olmadığı varsaymak gerekli değildir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, Dickey-Fuller birim kök testindeki bağımsızlık varsayımı Phillips-Perron birim kök testinde terk edilmiş ve hata terimlerinin zayıf bağımlılığı kabul edilmiştir. Sonuç olarak Phillips-Perron, Dickey-Fuller t istatistiklerini geliştirmede hata terimlerinin varsayımları konusundaki varsayımları terk etmiştir (Hanedar, Akkaya ve Bizim, 2016: 12).

#### 4.2. Eşbütünleşme ve Hata Düzeltme Modelleri

Yapılan ampirik çalışmalar, makroekonomik zaman serilerinin çok büyük bir kısmının durağan olmayan seriler olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle durağan olmayan birim kök içeren bu serilerde sahte regresyon sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Serilerin farkları alındıktan sonra regresyona sokulması, bu yöntemlerden bir tanesidir. Ancak bu durumda uzun dönem dengesi için önemli bazı bilgilerin kaybedilmesi sorunu ortaya çıkmaktadır. Çünkü değişkenlerin farklarının alındığı bir durumda bazı

değişkenler arasındaki ilişkiyi görme ihtimali ortadan kaybolmaktadır (Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul, 2007: 72-80). İşte bu sorunlar eşbütünleşme analizlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu çalışmada, Engle-Granger ve Johansen eşbütünleşme yaklaşımları kullanılmıştır.

#### **4.2.1. Engle-Granger Yaklaşımı**

İlk defa 1981 yılında Granger tarafından ortaya koyulan eşbütünleşme ve hata düzeltme kavramları, 1987 yılında Engle-Granger çalışmalarında geliştirilmiştir. Yani bu yaklaşım 1987 yılındaki Engle-Granger çalışmaları ile ortaya çıkmıştır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 486).

Engle-Granger Yaklaşımı, iki değişken arasındaki uzun dönemli ilişkiyi araştırırken modeldeki tüm değişkenlerin aynı dereceden durağan olduğunu varsaymaktadır. Başka bir deyişle, her bir değişken için birim kök testi uygulanmalı daha sonra ise aynı dereceden durağan olduklarını belirlenmelidir. Bu durumun aksine farklı dereceden durağan olurlarsa Engle-Granger yaklaşımı kullanılmaz (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 486).

Engle-Granger yaklaşımının anlaşılması için aşağıdaki model verilmiştir:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t$$

Bu modeldeki  $Y_t$  ve  $X_t$  birinci dereceden durağan  $I(1)$  değişkenleri ifade etmektedir. Bu değişkenlerin eşbütünleşik olması hata terimi olan  $\varepsilon_t$ 'nin durağan olmasına bağlıdır. Diğer bir ifadeyle hata terimi sıfırıncı dereceden bütünüleşik ise değişkenlerin eşbütünleşik olduğu sonucuna ulaşılır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 486).

Engle-Granger yaklaşımının ilk aşamasında, analizdeki değişkenlere birim kök testi uygulanarak durağanlık dereceleri bulunur. İki değişken aynı derecede durağan ise eşbütünleşme analizi uygulanır. Fakat değişkenler farklı derecede durağansa eşbütünleşik olmadığı sonucuna varılır. Eğer bu iki değişken, düzey değerleri ile durağan ise analizin yapılmasına gerek duyulmaz çünkü değişkenlerin ikisinin de durağan olduğu durumlarda geleneksel ekonometrik yaklaşımlar kullanılır. İki değişkenin de aynı

derecede durağan olduğu tespit edildiğinde, eşbütünleştirici regresyon denklemi, en küçük kareler yöntemi (EKK) ile tahmin edilir. Modelin tahmin edilmesinden sonra ulaşılan hata terimlerine durağanlık testi yapılır ve kalıntıların durağan olması durumunda iki değişkenin de eşbütünleşik olduğunu sonucuna varılır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 486-493).

#### 4.2.2. Johansen Eşbütünleşme Yaklaşımı

Bir modelde ikiden fazla değişken bulunuyorsa, birden fazla eşbütünleştirici vektör bulunma olasılığı vardır. Diğer bir ifadeyle, modeldeki değişkenler arasında birden fazla denge ilişkisi görülebilir. Genel olarak belirtmek gerekirse, m sayıda bir değişkenin olduğu bir modelde m-1 sayıda eşbütünleştirici vektör bulunabilmektedir. Bu durumda m=2 ve değişkenlerin de eşbütünleşik olduğu bir durumda, eşbütünleştirici vektör tekil olacaktır. m>2 olduğu bir durumda ise sadece bir eşbütünleştirici vektör olabileceği gibi birden fazla olması da söz konusu olabilmektedir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 504-505).

Johansen yaklaşımında değişkenler arasında birden fazla eşbütünleşme ilişkisinin olabileceği ortaya koyulmaktadır. Yine bu yaklaşıma göre modeldeki bütün değişkenler içsel kabul edilmekte ve normalleştirme için değişken seçilmesinin gerekli olmadığı varsayılmaktadır.

Tüm bunlardan hareketle, seriler arasındaki eşbütünleşmenin varlığı Johansen eşbütünleşme testi ile ölçülebilmektedir. Johansen testi VAR (Vektör Ardışık-Bağlanımlı Regresyon) analizine dayanmaktadır (Tarı ve Yıldırım, 2009: 6).

Johansen yaklaşımında kurulan denklem aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-i} + \beta X_t + U_t$$

Buradaki  $X_t$  ve  $Y_t$  düzey değerlerinin durağan olmadığı durumda, birinci farkları alınıp durağan hale gelen seriler olmalıdır. Denklemin birinci farkı alınıp tekrar düzenlendiğinde aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$\Delta Y_t = \pi Y_t - 1 + \sum_{i=1}^{p-1} \tau_i Y_{t-i} + \beta X_t + \gamma_t$$

Burada  $\pi = \sum_{i=1}^p A_i - I$  ve  $\tau_i = -\sum_{j=i+1}^p A_j$  dir. Ayrıca  $\pi = \alpha\beta$  şeklinde ifade edilmektedir.  $\alpha$  ve  $\beta$ , rankı  $r$  ve boyutu  $k \times r$  olan iki matrisi ifade etmektedir (Göçer, 2013: 17). Bu modelde  $r$ , matrisin rankını ifade ederken;  $\beta$ , uzun dönem eşbütünlüşme katsayıları matrisini ve  $\alpha$  ise hata düzeltme teriminin katsayısını ifade etmektedir (Tarı, 2009:427).

Johansen eşbütünlüşme analizinde matrisin rankına göre aşağıdaki gibi sonuçlar çıkmaktadır (Akpolat ve Altıntaş, 2013: 9):

- $r(\pi) = 0$  olduğu durumda; eşbütünlüşme yoktur.
- $r(\pi) = 1$  olduğu durumda; 1 tane eşbütünlüşme ilişkisi vardır.
- $r(\pi) = 2$  olduğu durumda; 2 tane eşbütünlüşme ilişkisi vardır.
- $r(\pi) = r$  olduğu durumda;  $r$  tane eşbütünlüşme ilişkisi vardır.
- Genel bir ifadeyle,  $1 \leq r(n) \leq n-1$  olduğu durumda  $r(\pi) = r$  olacaktır.

#### **4.2.3. Eşbütünlüşmeye ARDL Sınır Testi Yaklaşımı**

Eşbütünlüşme testlerinde serilerin durağanlık özelliklerinin önceden belirlenmesine dair bir takım güçlükler bulunmaktadır. ARDL modeli ise bu önceden belirlenme sorununu çözerek serilerin kısa ve uzun dönemli analiz edilmesini sağlamaktadır (Şahin, 2015: 8).

ARDL modelinin diğer eşbütünlüşme modellerine göre birtakım avantajları bulunmaktadır. En önemli avantajı ise analizde bulunan değişkenlerin  $I(0)$  veya  $I(1)$  olduğu fark etmeksizin uygulanabilmesidir. ARDL modelinin ikinci avantajı ise kısıtsız hata düzeltme modeli kullanılması durumunda Engle-Granger modeline göre daha iyi sonuç vermesidir. Üçüncü avantajı ise gözlem sayısının az olduğu durumlarda kullanılabilmesidir. Hatta gözlem sayısının az olduğu durumda Engle-Granger ve Johansen metotlarına göre daha iyi sonuçlar vermektedir (Pamuk ve Bektaş, 2014: 5).

ARDL sınır testi temelde 3 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada analizde bulunan değişkenlerin uzun dönem ilişkisi araştırılmaktadır. Bu

bahsedilen değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi belirlenmesi halinde; ikinci aşamada uzun dönem ve üçüncü aşamada ise kısa dönem elastikiyetleri hesaplanmalıdır (Pamuk ve Bektaş, 2014: 5).

Genel olarak ARDL(p, q) modelinin denklemi aşağıdaki gibidir (Cergibozan, Çevik ve Demir, 2017: 75):

$$y_t = a_0 + \alpha_1 t + \sum_{i=1}^p \varphi_i y_{t-i} + \beta' x_t + \sum_{i=0}^{q-1} \beta^{*'} \Delta x_{t-i} + u_t$$

Yukarıdaki denklem polinomal gecikmeli operatörleri  $C(L) = 1 - \gamma_1 L - \gamma_2 L^2 - \dots - \gamma_p L^p$  ve  $B(L) = 1 - \beta_1 L - \beta_2 L^2 - \dots - \beta_q L^q$  olmak üzere tekrar düzenlendiğinde denklemin daha dar şekli aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$C(L)y_t = \mu + B(L)X_t + \delta W_t + \varepsilon_t$$

ARDL sınır testi, ARDL modelinin hata düzeltme modelinin EKKY ile tahmin edilmesiyle elde edilmektedir. ARDL(p,q) tekniğine dayalı eşbütünleşme test denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \pi_1 y_{t-1} + \pi_2 x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \psi_i^2 \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^q \zeta_i \Delta x_{t-i} + \varepsilon_t$$

Yukarıdaki denklemde  $\Delta$  fark operatörünü gösterirken  $t$  ise trendi ifade etmektedir. Test istatistiği denklemi aşağıda verilmektedir.

$$F_{BDM} = \frac{(SSR_r - SSR_{ur})/r}{SSR_{ur}/(T - K)}$$

Yukarıdaki denklemde;  $SSR_r$  kısıtlı modelin tahmininden elde edilen hata kareler toplamını gösterirken  $SSR_{ur}$  ise kısıtsız modelin tahmininden elde edilen hata kareler toplamını ifade etmektedir.  $r$  ve  $(T-k)$  serbestlik derecelerini ifade etmek üzere,  $r$  kısıt sayısını,  $T$  toplam gözlem sayısını ve



k ise kısıtsız modelde tahmin edilen parametre sayısını göstermektedir (Cergibozan, Çevik ve Demir, 2017: 75).

Hesaplanan  $F_{BDM}$  istatistiği aldığı değerlere göre aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul, 2007: 72-80):

-Elde edilen  $F_{BDM}$  istatistik değeri alt değerden küçükse, sıfır hipotezi reddedilmez. Ayrıca bu, eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı anlamına gelir.

- Elde edilen  $F_{BDM}$  istatistik değeri üst değerden büyükse sıfır hipotezi reddedilir. Ayrıca bu, eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu anlamına gelir.

- Elde edilen  $F_{BDM}$  istatistik değeri, alt ve üst sınıra eşit olduğu durumda ise kesin bir yorum yapılamaz ve eşbütünleşme ilişkisi için diğer yöntemler kullanılmalıdır.

#### **4.3. Veri Seti ve Yöntem**

Bu çalışmanın amacı 1972-2015 dönemi Türkiye ekonomisi için kişi başına doğa üzerindeki reel baskı, kişi başı reel GSYH, kişi başı GSYH'nın karesi, finansal gelişme, dışa açıklık ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin toplam enerjiye oranı değişkenleri arasındaki kısa ve uzun dönem dinamikleri analiz etmektir. Çalışmada bu amaç için Johansen eş bütünleşme testi, ARDL sınır testi ve varyans ayrıştırma analizlerinden yıllık veriler kullanılarak yararlanılmaktadır.

Çalışmada kullanılacak değişkenlere ilişkin açıklama, kısaltma, kaynak ve betimleyici istatistikler Tablo 40'ta yer almaktadır.

**Tablo 40:** Betimleyici İstatistikler

Değişken Adı	Kısaltma	Birim	Gözlem Sayısı	Ortalama	Maksimum	Minimum	Standart Sapma	Kaynak
Kişi başı reel GSYH	Y	\$	46	8.873	9.540	8.348	0.329	Dünya Bankası, WDI
Kişi başı reel GSYH'nın karesi	Y <sup>2</sup>	\$	46	78.831	91.003	69.687	5.868	Dünya Bankası, WDI (Yazarın Hesaplaması)
Finansal Gelişme	F	%	46	3.075	4.202	2.609	0.424	Dünya Bankası WDI
Dışa Açıklık	O	%	46	3.441	4.007	2.208	0.512	Dünya Bankası, WDI
Kişi Başına Doğa Üzerindeki Reel Baskı	D	\$	46	3.954	4.968	2.694	0.598	Dünya Bankası, WDI (Yazarın Hesaplaması)
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elde Edilen Enerjinin Toplam Enerjiye Oranı	R	%	46	3.500	4.101	2.853	0.307	Dünya Bankası, WDI (Yazarın Hesaplaması)

**Not:** Çalışmada kullanılan tüm değişkenlerin doğal logaritması alınmıştır.

Yukarıda yer alan değişkenlerin çevreye verilen zararlar olan teorik ilişkileri aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

**Dışa Açıklık:** Çalışmamızda kullanılan dışa açıklık, ithalat ve ihracat toplamının GSYH'ya oranını ifade etmektedir ve  $(X+M)/GSYH$  şeklinde formülize edilmektedir. Türkiye açısından ithalat ve ihracatın artması üretimi arttıracak ve dolayısıyla çevre üzerindeki baskı da artacaktır. Çünkü Türkiye'nin üretim yapısı düşünüldüğünde, üretim yapılabilmesi için önemli girdilerin ithal edilmesi gerekmektedir. Enerji ise bu önemli girdilerin başında yer almaktadır. Dolayısıyla çalışmamızda, dışa açıklık ve kişi başına doğa üzerindeki reel baskı arasında pozitif yönlü bir ilişkinin olduğu öngörülmektedir.

**Reel GSYH:** Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi ile reel GSYH arasında pozitif ilişki olması beklenmektedir (DECC, 2011: 40-51). Çünkü fosil enerji kaynakları bakımından yoksul olan ülkelerde bu

kaynakların kullanılması, fosil enerji kaynaklarının ithalatı ile mümkündür. Bu ise ülkeler için enerji ithalatı anlamına gelmekte ve parasal bir yük yüklemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yeryüzüne daha adil dağılmasından dolayı, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ithalat sorununun önüne geçecektir. Ancak, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanacak ülkeler kurulum teknolojileri bakımından yetersiz ise gerekli olan teknolojiyi ithal etmek zorunda kalacaktır. Böyle bir durumda ise ithalat kaleminin içeriği değişmiş ama dışa bağımlık değişmemiş olacaktır.

***Finansal Gelişme:*** Finansal gelişme, finansal yapıda ve bu yapının bileşenlerinde meydana gelen değişimi ifade etmektedir. Finansal gelişme ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki arz ve talep odaklı görüşlere göre farklılık göstermektedir. Arz odaklı görüşe göre finansal gelişme ekonomik büyüme için gerekli bir unsurdur. Talep odaklı görüşe göre ise ekonomik büyüme finansal gelişmeyi doğurmaktadır. Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki için de farklı görüşler bulunmaktadır. Mankiw ve Scarth'ın 2009 yılında yapmış olduğu çalışmaya göre, finansal gelişme için enerji tüketimi gereklidir. Sadorsky'nin 2011 yılında yapmış olduğu çalışmaya göre ise finansal gelişme artarsa enerji tüketimi artmaktadır. Sonuç olarak enerji tüketimi ve finansal gelişme arasında sıkı bir bağ bulunmaktadır. Çalışmamızda ise yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması durumunda finansal gelişmenin pozitif yönde etkileneceği öngörülmektedir (Keskingöz ve İnançlı, 2016: 102-103). Çalışmamızda finansal gelişme tanımı olarak Dünya bankasında yer alan özel sektöre verilen kredilerin GSYH'ya oranı kullanılmaktadır.

Eş bütünleşme testlerine geçilmeden önce, zaman serileri ile değişkenlerin durağanlıkları kontrol edilmektedir. Bunun yapılmasının temel sebebi Granger ve Newbold'un 1974'deki çalışmasında öne sürdüğü sahte regresyon probleminden kaçınmaktır. Bu çalışmada ise değişkenliklerin durağanlıklarını ölçmek için Phillips-Perron (PP) birim kök testi ve artırılmış Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi kullanılmıştır. Buna ilişkin sonuçlar aşağıdaki Tablo 41'de yer almaktadır.

**Tablo 41:** ADF Birim Kök Test Sonuçları

Değişken	Seviye		Birinci Fark	
	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend
Y	-0.569	-1.806	-6.322***	-6.380***
Y <sup>2</sup>	-0.752	-1.581	-6.271***	-6.379***
D	-1.289	-2.650	-6.621***	-6.620***
R	-2.405	-2.876	-7.765***	-7.687***
F	-0.050	-0.586	-5.109***	-5.320***
O	-1.953	-2.201	-5.763***	-5.750***

ADF birim kök test sonuçlarına göre, değişkenlerimizin tümü seviyesinde durağan değildir fakat tüm değişkenlerimizin birinci farkı alındığında durağan hale gelmiştir. Birim kök testleri ayrıca çalışmada PP birim kök testi ile de test edilmiştir. PP Birim kök testinin sonuçları ise aşağıdaki gibidir.

**Tablo 42:** PP Birim Kök Test Sonuçları

Değişken	Seviye		Birinci Fark	
	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend
Y	-0.603	-1.940	-6.271***	-6.374***
Y <sup>2</sup>	-0.807	-1.703	-6.271***	-6.374***
D	-1.290	-2.676	-6.621***	-6.620***
R	-2.405	-2.829	-8.376***	-8.423***
F	-0.434	-0.686	-5.082***	-5.203***
O	-1.952	-2.201	-5.825***	-5.838***

PP Birim kök testi sonuçlarına göre de, değişkenlerimizin tümü seviyesinde durağan değildir fakat tüm değişkenlerimizin birinci farkı alındığında durağan hale gelmiştir. Başka bir deyişle, değişkenlerimizin tamamı I(1)'dir. Bundan dolayı, bir sonraki aşamada gecikmesi dağıtılmış otoregresif (ARDL) sınır testi ve Johansen eşbütünlük testi rahatlıkla kullanılabilir. Burada ayrıca dikkat edilmesi gereken önemli nokta değişkenler içerisinde I(2) değişkenlerin olmaması gerektiğidir. Bizim değişkenlerimiz için böyle bir sorun olmadığı hem ADF hem de PP birim kök test sonuçlarından anlaşılmaktadır.

ARDL testinin uygulanmasında önemli olan ilk unsur gecikme uzunluklarının belirlenmesidir. Bunun için çalışmamızda Schwarz Bilgi Kriteri kullanılmıştır. Ayrıca çalışmamızda yapılan ARDL sınır testi sonuçları Tablo 43'te verilmektedir.

**Tablo 43:** ARDL Eşbütünleşme Test Sonuçları

ARDL Sınır Testi			Kritik değerler %5		Kritik değerler %1	
Tahmin Modeli	Optimal gecikme	F-stat	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
F(D   Y, Y <sup>2</sup> , R, F, O)	(1, 1, 1, 0, 0, 0)	5.16	2.69	3.83	3.67	5.02

**Not:** I(0) alt kritik değeri ve I(1) üst kritik değeri ifade etmektedir.

Tabloya bakıldığında, D, Y ve Y<sup>2</sup> değişkenleri için 1; R, F ve O değişkenleri için ise 0 gecikme uzunluğu çalışmamızda Schwarz Bilgi Kriterine göre uygun bulunmaktadır.

ARDL tahmin sonuçlarına göre, tahmin etmiş olduğumuz modelin F istatistiği kritik değerlerin üzerindedir. Bu durum ise değişkenlerimiz olan çevreye verilen zarar, milli gelir, milli gelirin karesi, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarı, finansal gelişme ve dışa açıklık arasında uzun dönemde ilişki bulunduğunu ifade etmektedir. Bu uzun dönemli ilişki, çalışma dönemimiz olan 1972-2015 döneminde %1'de istatistiksel olarak anlamlıdır.

Bir sonradaki aşamada, ARDL testinden elde edilen uzun dönemli ilişkinin tutarlılığını test etmek için ayrıca Johansen eşbütünleşme testi kullanılmaktadır. Buna ilişkin sonuçlar da Tablo 44'te gösterilmektedir.

**Tablo 44:** Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları

	Test İstatistikleri			
	İz		Maksimum	Özdeğer
	Test İstatistiği	5 % C.V.	Test İstatistiği	5 % C.V.
$D_t = f(Y_t, Y_{t-1}, R_t, F_t, O_t)$				
r = 0	124.1*	95.8	51.9*	40.1
r ≤ 1	72.2*	69.8	27.7	33.9
r ≤ 2	44.5	47.9	17.6	27.6
r ≤ 3	26.9	29.8	15.4	21.1
r ≤ 4	11.5	15.5	11.2	14.3
r ≤ 5	0.3	3.8	0.3	3.8

**Not:** \*, %5 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 44'te yer alan Johansen Eşbütünleşme Test sonuçlarına göre, değişkenler arasında uzun dönemde ilişki olduğu ve değişkenler arasında tek

bir tane eşbütünleşme vektörü yer aldığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu durum hem maksimum özdeğer ve iz istatistiklerinin kritik değerleri aşmasından anlaşılmaktadır. Her iki istatistiğin de kritik değerleri aşması durumu, değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olmadığı yönündeki sıfır hipotezinin red edilmesini ve alternatif olan eşbütünleşme ilişkisi olduğu yönündeki hipotezin kabul edilmesini ifade etmektedir. Buradan hareketle, ARDL eşbütünleşme testinden elde edilen değişkenler arasında uzun dönemde ilişki olduğu sonucu güvenilir ve tutarlı görünmektedir.

Yukarıdaki sonuçlara ulaşılmasının ardından, modelde yer alan değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem dinamikler araştırılmaktadır. ARDL tahmin modelinden elde edilen kısa ve uzun dönem katsayılar Tablo 45'te yer almaktadır.

**Tablo 45:** Kısa ve Uzun Dönem Sonuçlar

Bağımlı Değişkenler	Katsayılar	
	Kısa dönem katsayılar	Uzun dönem katsayılar
Y	12.331 (3.033)***	44.696 (3.504)***
Y <sup>2</sup>	-0.669 (-2.911)***	-2.424 (-3.369)***
R	0.104 (1.994)*	0.379 (2.802)***
F	0.096 (1.362)	0.349 (1.976)*
O	0.135 (2.800)**	0.488 (2.490)**
SABİT	-55.051 (-3.060)***	-199.537 (-3.542)***
ECT(-1)	-0.276 (-6.502)***	
<b>Tamamsal Test</b>	<b>p-değeri</b>	
$\chi^2$ SERIAL	0.12	
$\chi^2$ WHITE	0.42	
$\chi^2$ NORMAL	0.76	
$\chi^2$ RESET	0.40	
<b>Not:</b> ***, ** ve * sırasıyla % 1, % 5 ve % 10 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir		

Tabloya göre uzun dönemde kişi başı reel GSYH artışı çevreye verilen zararı istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde etkilemektedir. Kişi başı reel GSYH'nın katsayısı %1'de anlamlı bulunmuştur. Bunun yanında kişi başı reel GSYH'nın karesi uzun dönemde çevreye verilen zararı %1 anlamlılık düzeyinde negatif yönde etkilemektedir. Buna ek olarak uzun dönemde finansal gelişme çevreye verilen zararı %10 anlamlılık düzeyinde pozitif yönde etkilemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji miktarındaki artış ise %1 anlamlılık düzeyinde çevreye verilen zararı

negatif yönde etkilemektedir. Dışa açıklığın artması ise %5 anlam düzeyinde çevreye verilen zararı pozitif yönde etkilemektedir.

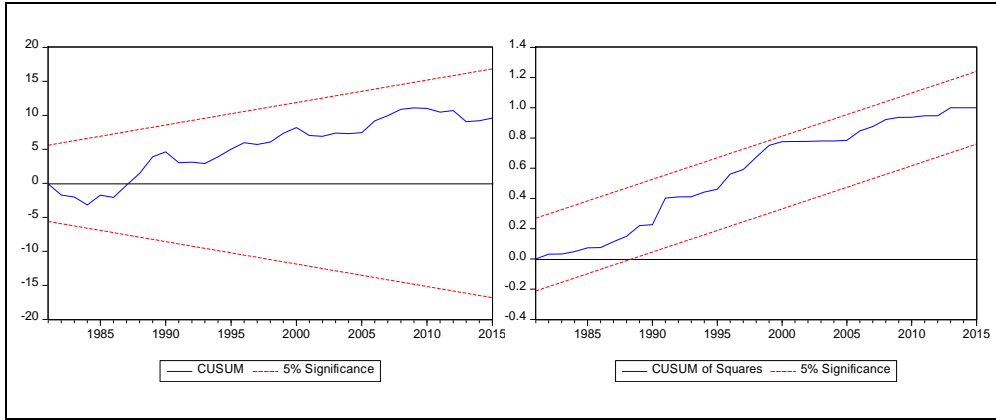
Milli gelirin artması üretimden, üretimin artması ise enerji kullanımından beslenmektedir. Enerji üretiminde fosil enerji kaynaklarının kullanılması durumunda, üretim ve finansal gelişme arttıkça çevreye verilen zararın da artması beklenen bir sonuçtur. Diğer taraftan, enerji üretiminde temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması durumunda ise çevreye verilen zararın ve doğa üzerindeki reel baskının azalması da beklenen sonuçlar arasındadır.

Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinin varlığı için hata düzeltme terimi olan  $ECT(-1)$ 'in negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması oldukça önemli bir durumdur. Bizim çalışmamızda da bu değer negatif ve %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Buna göre kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin yaklaşık %28'i bir sonraki dönemde düzeltilerek uzun dönem dengesine yaklaşmaktadır.

Çalışmadaki tanısal test sonuçlarına bakıldığında çalışmanın otokorelasyon, değişen varyans, normallik, yapısal form gibi sorunlarının olmadığı görülmektedir. Bunlara ek olarak yapılan uzun ve kısa dönem tahminlerin istikrarlılığını test etmek için *CUSUM* ve *CUSUM Square* testleri kullanılmıştır. Ardışık hataların kümülatif toplamını gösteren *CUSUM* testi veri setinde kırılma olup olmadığı hakkında kabaca bilgi vermektedir. Daha ayrıntılı bilgi edinmek için *CUSUM Square* testi uygulanmaktadır. Ardışık hataların kareleri ile hesaplanan *CUSUM Square* testi ile modelin hata grafiği belli bir güven aralığında çizilerek sınırlar belirlenmektedir. Bu sınırlar içerisinde yapısal değişikliklerin olmadığı, sınırların dışına çıktığında ise yapısal değişikliklerin olduğu anlaşılmaktadır.

*CUSUM* ve *CUSUM Square* testlerine göre, tahmin edilen tüm katsayılar %5 anlamlılık düzeyi için belirlenen kritik değerler içerisinde yer almaktadır. Buradan hareketle tahmin edilen parametreler örneklem periyodunda oldukça istikrarlı görünmektedir. Çalışmamızda uygulanan

CUSUM ve CUSUM Square test sonuçları aşağıdaki Şekil 39'da gösterilmektedir.



Şekil 39: Cusum ve Cusum Square Sonuçları

Bu çalışmada yer alan değişkenlere ait varyans ayrıştırması sonuçları aşağıda tablolar halinde verilmektedir.

Tablo 46: Doğa Üzerindeki Reel Baskının Varyans Ayrıştırması

Dönemler	D	F	Y	R	Y <sup>2</sup>	O
1	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	97.99679	0.027039	0.851328	0.985146	0.002602	0.137092
3	93.72491	0.056125	3.468190	2.533961	0.014053	0.202756
4	87.63441	0.061304	7.856696	4.235325	0.040101	0.172161
5	80.40166	0.053535	13.31531	5.847238	0.083145	0.299109
6	72.77921	0.064575	18.88242	7.236427	0.141196	0.896176
7	65.39901	0.117786	23.79717	8.356449	0.209390	2.120191
8	58.66898	0.214834	27.69315	9.219869	0.282391	3.920770
9	52.77787	0.340789	30.54035	9.867715	0.356014	6.117263
10	47.75579	0.475478	32.49449	10.34705	0.427696	8.499490

Çevreye verilen zararda meydana gelen değişimlerin birinci dönemde %100'ü kendisi tarafından açıklanmaktadır. Beşinci döneme geldiğimizde yaklaşık %80'i kendisi tarafından açıklanırken %0,05'i finansal gelişmeden, %13'ü milli gelirden, yaklaşık %6'sı yenilenebilir enerjiden, %0,08'i milli gelirin karesinden ve %2'si dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır. Onuncu dönemde ise %48'i kendisinden, %0,48'i finansal gelişmeden, %33'ü milli gelirden, %10'u yenilenebilir enerjiden, %0,4'ü milli gelirin karesinden ve %9'u dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır.

Uzun dönemde çevreye verilen zarara en fazla sebebiyet veren unsur geçmişten gelen ve kümülatif olarak ilerleyen çevre kirliliğidir. En fazla etkili ikinci unsur ise reel milli gelirdir. Çünkü milli gelirin artması için



üretim gerekmekte ve Türkiye’de üretim ise geleneksel enerji kaynakları ile sağlanmaktadır. Bu durumda geleneksel enerji kaynaklarının kirletici etkisi, üretim arttıkça çevreye verilen zararın da artmasına neden olmaktadır. Üretimde geleneksel enerji yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması bu problemin bir çözümü olabilir. Finansal gelişme ile doğa üzerindeki reel baskı arasında zayıf bir ilişki bulunmaktadır. Bunun nedeni ise finans piyasalarındaki sermaye fazlasının ya da verilen kredilerin tümünün yatırım ve üretimde kullanılmamasıdır. Atıl kalan fonlar üretimin ve dolayısıyla büyümenin artmasını sağlamamaktadır. Buradan hareketle çevreye verilen zarar da çok fazla artmamaktadır. Uzun dönemde çevreye verilen zararda meydana gelen değişimlerin %10’u yenilenebilir enerji ile açıklanmaktadır. Bu oranın düşük olmasının nedeni ise yenilenebilir enerji kullanım oranlarının düşük kalmasıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması ve yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması durumunda bu oranın artacağı ve çevreye verilen zararın azalacağı öngörülmektedir.

**Tablo 47:** Finansal Gelişimin Varyans Ayrıştırması

Dönemler	D	F	Y	R	Y <sup>2</sup>	O
1	2.065436	56.89612	24.30994	8.464754	3.488271	4.775478
2	3.770205	55.30401	18.92433	13.58909	3.278598	5.133766
3	5.006239	53.11997	16.24954	17.56318	3.101400	4.959667
4	5.774185	50.98968	15.07822	20.55958	2.949072	4.649262
5	6.178419	49.03531	14.80742	22.80327	2.807625	4.367953
6	6.332175	47.24910	15.10662	24.47156	2.668803	4.171739
7	6.329435	45.60124	15.76425	25.69737	2.529876	4.077834
8	6.238896	44.06544	16.62955	26.58176	2.391455	4.092895
9	6.106618	42.62250	17.59275	27.20275	2.255628	4.219758
10	5.961459	41.25892	18.57710	27.62093	2.124770	4.456822

Finansal gelişmede meydana gelen değişimlerin birinci dönemde %57’si kendisi tarafından, %2’si çevreye verilen zarardan, %24’ü milli gelirden, %8’i yenilenebilir enerjiden, %3’ü milli gelirin karesinden ve %5’i dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır. Beşinci döneme geldiğimizde %49’u kendisi tarafından açıklanırken %6’sı çevreye verilen zarardan, %15’i milli gelirden, %23’ü yenilenebilir enerjiden, %3’ü milli gelirin karesinden ve %4’ü dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır. Onuncu dönemde ise %41’i kendisinden, %6’sı çevreye verilen zarardan, %19’u milli gelirden, %28’i yenilenebilir enerjiden, %2’si milli gelirin karesinden ve %5’i dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır.

**Tablo 48:** Kişi Başı Reel GSYH'nın Varyans Ayrıştırması

Dönemler	D	F	Y	R	Y <sup>2</sup>	O
1	11.88192	0.000000	88.11808	0.000000	0.000000	0.000000
2	11.52876	0.601623	82.36730	2.623270	0.011143	2.867902
3	10.52468	1.324418	75.20669	5.913519	0.033918	6.996769
4	9.457599	1.893022	68.89573	8.638976	0.064260	11.05041
5	8.528668	2.276386	63.82655	10.61850	0.099371	14.65052
6	7.774110	2.509690	59.83136	11.98114	0.137528	17.76617
7	7.177231	2.633630	56.66157	12.89335	0.177640	20.45658
8	6.709549	2.680710	54.10927	13.49028	0.218982	22.79120
9	6.343723	2.674689	52.02113	13.86916	0.261054	24.83024
10	6.056791	2.632594	50.28746	14.09705	0.303504	26.62260

Kişi başı reel GSYH'da meydana gelen değişimlerin birinci dönemde %88'i kendisi tarafından ve %12'si çevreye verilen zarardan kaynaklanmaktadır. Beşinci döneme geldiğimizde yaklaşık %64'ü kendisi tarafından açıklanırken %9'u çevreye verilen zarardan, %3'ü finansal gelişmeden, %11'i yenilenebilir enerjiden, %0,1'i milli gelirin karesinden ve %15'i dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır. Onuncu dönemde ise yaklaşık %50'si kendisinden, %6'sı çevreye verilen zarardan, %3'ü finansal gelişmeden, %14'ü yenilenebilir enerjiden, %0,3'ü milli gelirin karesinden ve %27'si dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır.

Uzun dönemde reel GSYH'nın yarısı kendisi ile açıklanmaktadır. Başka bir deyişle önceki dönemlerde yapılan yatırımlar, uzun dönemde GSYH'nın yarısını oluşturmaktadır. Türkiye'de üretimin geleneksel enerji kaynakları ile yapılmasından dolayı çevre kirliliği ve reel GSYH arasında bir ilişki bulunmaktadır ve bu ilişki uzun dönemde %6 oranındadır.

Uzun dönemde reel GSYH'daki değişikliklerin yaklaşık %3'ünün finansal gelişme ile açıklanması, tasarrufların ve verilen kredilerin çok az bir kısmının yatırımlara aktarılmasından kaynaklanmaktadır. Kredilerin yatırıma dönüşme oranı artarsa reel milli gelirin de artması beklenmektedir.

Diğer taraftan uzun dönemde reel GSYH'nın %14'ü yenilenebilir enerji ile açıklanmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının ekonomik büyümeyi arttırması sonucu çalışmamızın öngörülerinden birisini oluşturmaktadır. Bu sonuca göre de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması reel GSYH'yı yani ekonomik büyümeyi arttırmaktadır. Bu oranın %14 düzeyinde kalması ise yenilenebilir enerji kullanım oranlarının düşük kalmasından

kaynaklanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranlarının artması ve özellikle kullanılan teknolojinin ülke içinde üretilmeye başlanması ile bu oran oldukça yüksek seviyelere ulaşabilecektir.

Dışa açıklığın GSYH’da meydana gelen değişimi açıklamada ikinci sırada önem taşıyan değişken olduğu görülmektedir. Bu durum, Türkiye ekonomisi açısından oldukça beklenir bir durumdur. Çünkü Türkiye ekonomisinin büyümesi büyük ölçüde dış ticarete bağlıdır. Hatta birçok ihracat ürününün üretilmesi için ithalat yapılması gerekmektedir ve bu ithalat kalemlerinin en önemlisi enerjidir. Bu sebeple çalışmada dışa açıklık tanımı olarak yer alan ihracat ve ithalat toplamının GSYH’ya oranının ekonomik büyüme üzerine etkisi olduğu düşünülmektedir.

**Tablo 49:** Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen Enerjinin Varyans Ayrıştırması

Dönemler	D	F	Y	R	Y <sup>2</sup>	O
1	0.003048	0.000000	8.155236	91.74558	0.096139	0.000000
2	2.742197	0.714579	6.588772	89.20534	0.214270	0.534839
3	6.976135	1.347565	9.117248	81.63867	0.359356	0.561027
4	10.44682	1.588327	12.54940	74.29016	0.508567	0.616728
5	12.48700	1.594725	15.18941	68.72499	0.651100	1.352775
6	13.34078	1.530280	16.75916	64.77043	0.782039	2.817311
7	13.46854	1.466219	17.51277	61.95901	0.899117	4.694343
8	13.26182	1.417647	17.77587	59.92267	1.002014	6.619972
9	12.97051	1.381793	17.79409	58.41911	1.091812	8.342688
10	12.71796	1.355495	17.71500	57.29055	1.170293	9.750712

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjide meydana gelen değişimlerin birinci dönemde yaklaşık %92’si kendisi tarafından, çok az bir kısmı çevreye verilen zarardan ve yaklaşık %8’i milli gelirden, %0,1’i milli gelirin karesinden kaynaklanmaktadır. Beşinci döneme geldiğimizde yaklaşık %69’u kendisi tarafından, %12’si çevreye verilen zarardan, %2’si finansal gelişmeden, %15’i milli gelirden, %0,6’sı milli gelirin karesinden ve %1,4’ü dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır. Onuncu dönemde ise %57’si kendisi tarafından, %13’ü çevreye verilen zarardan, %1,4’ü finansal gelişmeden, %18’i milli gelirden, %1,2’si milli gelirin karesinde ve %10’u dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır

**Tablo 50:** Kişi Başı Reel GSYH'nın Karesinin Varyans Ayrıştırması

Dönemler	D	F	Y	R	Y <sup>2</sup>	O
1	12.40016	0.000000	87.54910	0.000000	0.050736	0.000000
2	12.16976	0.577205	82.12303	2.385047	0.094242	2.650716
3	11.28729	1.283765	75.40272	5.406692	0.142286	6.477249
4	10.31151	1.853980	69.44792	7.947125	0.192068	10.24739
5	9.445009	2.251265	64.63554	9.824481	0.242575	13.60113
6	8.732755	2.504641	60.82494	11.14252	0.293376	16.50177
7	8.165657	2.650875	57.79268	12.04570	0.344216	19.00087
8	7.720343	2.720300	55.34767	12.65435	0.394908	21.16243
9	7.372602	2.735513	53.34681	13.05648	0.445310	23.04329
10	7.101299	2.712918	51.68666	13.31361	0.495310	24.69020

Kişi başı reel GSYH'nın karesinde meydana gelen değişimlerin birinci dönemde %0.05'i kendisi tarafından, %12'si çevreye verilen zarardan, %88'i milli gelirden ve çok az bir kısmı milli gelirin karesinden kaynaklanmaktadır. Beşinci döneme geldiğimizde %65'i kendisi tarafından, %9'u çevreye verilen zarardan, %2'si finansal gelişmelerden, %65'i milli gelirden, %10'u yenilenebilir enerji kaynaklarından, %0,2'si milli gelirin karesinden ve %14'ü dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır. Onuncu dönemde ise %0,5'i kendisi tarafından, %7'si çevreye verilen zarardan, %3'ü finansal gelişmelerden, %52'si milli gelirden ve %13'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından, %0,5'i milli gelirin karesinden ve %25'i dışa açıklıktan kaynaklanmaktadır.

**Tablo 51:** Dışa Açıklık'ın Varyans Ayrıştırması

Dönemler	D	F	Y	R	Y <sup>2</sup>	O
1	3.385698	0.000000	0.826790	0.809114	3.852693	91.12571
2	2.288339	0.221441	0.545960	0.498610	4.234343	92.21131
3	1.805441	0.751292	0.435982	0.440686	4.581543	91.98506
4	1.716648	1.576441	0.428149	0.543833	4.890257	90.84467
5	1.823083	2.642670	0.458763	0.751461	5.158735	89.16529
6	1.986605	3.868869	0.489392	1.024260	5.387748	87.24313
7	2.132222	5.167045	0.505646	1.332881	5.580184	85.28202
8	2.231933	6.459339	0.507599	1.655211	5.740262	83.40566
9	2.284825	7.687615	0.500642	1.975246	5.872690	81.67898
10	2.301424	8.815634	0.490082	2.282258	5.982017	80.12858

Dışa açıklıkta meydana gelen değişimlerin birinci dönemde %91'i kendisi tarafından, %3'ü çevreye verilen zarardan, %0,8'i milli gelirden ve %0,8'i yenilenebilir enerjiden, %4'ü milli gelirin karesinden kaynaklanmaktadır. Beşinci döneme geldiğimizde %89'u kendisi tarafından, %2'si çevreye verilen zarardan, %3'ü finansal gelişmelerden, %0,5'i milli gelirden, %0,8'i yenilenebilir enerji kaynaklarından ve %5'i milli gelirin

karesinden kaynaklanmaktadır. Onuncu dönemde ise %80'i kendisi tarafından, %2'si çevreye verilen zarardan, %9'u finansal gelişmelerden, %49'u milli gelirden, %2'si yenilenebilir enerji kaynaklarından ve %0,6'sı milli gelirin karesinden kaynaklanmaktadır.





## SONUÇ

Dünya nüfusundaki artışa paralel olarak mal ve hizmetlerin üretim ve tüketimi de artmıştır. Buna bağlı olarak enerji ihtiyacında da bir artış gözlemlenmektedir. Küreselleşmiş bir dünyada, ülkelerin, kendi vatandaşlarına ve diğer ülkelerin vatandaşlarına yeterli üretimi sağlayabilmesi için yeni enerji kaynaklarına yönelmesi veya mevcut kaynaklarından daha fazla enerji üretmesi gerekmektedir. Buradan hareketle günümüz modern ve endüstrileşmiş ülkeler için enerji oldukça önemli bir girdidir.

Ayrıca günümüzde enerji talep edilirken maliyetlerin yanında dışsal maliyetler de göz önünde bulundurulmaktadır. Enerji kaynakları için ödenmesi gereken maddi bedel maliyetleri oluştururken, bu kaynakların çevreye ve insana vermiş oldukları zarar ise dışsal maliyetleri oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları maliyet açısından termik santrallerle rekabet edebilecek düzeye gelmiştir. Buna karşın çevreye ve insana verdiği zararlar bakımından da fosil enerji kaynaklarına göre oldukça avantajlı bir durumdadır. Bu noktada, dünya üzerinde sınırlı miktarda bulunan ve dünya geneline eşit olarak dağılmayan fosil enerji kaynaklarına yönelmek yerine, dünya geneline daha adil ve eşit dağılan, kullanıldıkça kendini yenileyen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek daha akılcı bir davranış olacaktır. Ancak, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanacak ülkeler kurulum teknolojileri bakımından yetersiz ise gerekli olan teknolojiyi ithal etmek zorunda kalacaktır. Böyle bir durumda ise ithalat kaleminin içeriği değişmiş ama dışa bağımlılık değişmemiş olacaktır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarından optimum seviyede yararlanabilmek için Türkiye'nin gerek duyduğu teknolojiyi ithal etmemesi ve gerekli teknolojik altyapıyı geliştirmesi gerekmektedir.

Türkiye sürdürülebilir ve yüksek büyümeyi amaçlayan gelişmekte olan bir ülkedir. Türkiye'nin bu amaçları yerine getirebilmesi için üretimini ve ihracatını artırması gerekmektedir. Bunları yapabilmesi için gerekli olan en önemli girdilerden biri enerjidir. Ama Türkiye enerjisi ithal eden ve enerjide

dışa bağımlı bir ülke konumundadır. Bu durumda Türkiye'nin enerji tüketimini artırması, enerjide dışa bağımlılığı da artıracaktır. Görüldüğü gibi Türkiye'nin önündeki en büyük engellerden biri, enerji ithalat oranları ve buna bağlı olarak ortaya çıkan ithalat giderleridir.

Türkiye'de üretilen elektriğin ortalama %55'i ithal kaynaklara dayanmaktadır. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlı olmasının en önemli sebebi enerji üretiminin fosil kaynaklara dayanmasıdır. Çünkü Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olduğu kadar fosil enerji kaynakları bakımından fakir bir ülkedir. Türkiye'nin enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları payının artırılması ve bunun için yatırım ve teşviklerin yapılması, enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasında etkili ve mantıklı bir yoldur. Ancak Türkiye'de uygulanan plansız ve/veya yanlış politikalar ve teknolojik yetersizlikler buna engel olmaktadır.

Türkiye'de cari açık ile enerji kullanımı birbiriyle ilişkili durumdadır. Türkiye'de büyüme oranlarının arttığı dönemlerde cari açık da artmıştır. Çünkü Türkiye enerji ithalatı için çok büyük bir pay ayırmaktadır. Özellikle 2003 yılından sonraki yıllarda meydana gelen cari açığın ortalama olarak yarısı enerji ithalatından kaynaklanmaktadır. Enerji hariç cari işlemler dengesine bakıldığında ise cari dengenin daha az açık verdiği hatta bazı yıllarda fazla verdiği görülmektedir. Cari işlemler dengesini sağlamak için atılması gereken en önemli adımlardan bir tanesi, katma değeri yüksek ve kurdan etkilenmeyen malların üretimine yönelmektir. Enerjinin, mal ve hizmet üretimi için önemli bir girdi olduğu düşünülürse, atılması gereken diğer önemli adım ise ithal enerji kaynakları yerine yerli ve milli enerji kaynaklarına yatırım yapmaktır.

Türkiye, nüfusun özellikle genç nüfusun fazla olduğu bir ülkedir. Buna karşın Türkiye'de işsizlik ciddi bir sorundur. Türkiye'de sürdürülebilir bir büyüme sağlanabilirse üretim ve ihracat da artacaktır. Bunun sonucunda yeni iş sahalarının oluşturulması durumunda istihdam artırılabilir ve işsizlik oranları azaltılabilecektir. Ayrıca yenilenebilir enerji sahalarına yapılan yatırımlar da yeni iş sahaları meydana getirmekte ve bu da istihdamın artırılmasına yardımcı olmaktadır. Örneğin, Dünya Enerji



Konseyi-Türk Milli Komitesi 2017 raporuna göre, Türkiye’de 33.400 kişi fotovoltaik ve 16.600 kişi de soğutma ve ısıtma sektörlerinde olmak üzere güneş enerjisi sektöründe 50.000 kişi istihdam edilmiştir. Ancak bu istihdam ülke genelinden ziyade yöresel bazlıdır. Başka bir deyişle yenilenebilir enerji kaynakları daha çok yöresel istihdam olanakları sağlamaktadır.

Türkiye’nin fosil enerji kaynakları potansiyeli ülkenin enerji ihtiyacını karşılamaya yetmemekte, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise kullanım oranı düşük kalmaktadır. Türkiye’de enerji tüketimi düşünüldüğünde, petrol tüketiminin sadece %10’u ve doğalgaz tüketiminin ise sadece %3’ü yerli kaynaklardan karşılanmaktadır. Son yıllarda özellikle doğalgazdan elektrik üretme oranının oldukça hızlı bir şekilde artmasından dolayı, doğalgaz arzının sadece bina ısıtma bakımından değil, elektrik arz güvenliği bakımından da sorun teşkil etme olasılığı artmaktadır. Bu durum petrol açısından da benzer özellikleri taşımaktadır. Özellikle kış aylarında yaşanması muhtemel olan doğalgaz kesintileri, hem ısınma hem de elektrik arzı için sorun oluşturmaktadır. Türkiye böyle bir durumda doğalgaz arzını artıramayacağı için ülkede bulunan yenilenebilir enerji potansiyelini sonuna kadar kullanmalıdır.

Enerji arz güvenliğinin sağlanması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması için yerli, milli, güvenli ve ucuz yenilenebilir kaynaklarının iyi ve verimli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca Türkiye’nin enerji arz güvenliği endeksinin objektif olarak, sayısal yöntemlerle en güvenilir biçimde değerlendirilmesi, Türkiye’nin enerji politikalarının doğru bir biçimde belirlenmesinde oldukça önemlidir. Bu bağlamda Türkiye, güncel bir enerji arz güvenliği endeksi oluşturmalı ve meydana gelen değişimleri sürekli takip etmelidir. Ayrıca ciddi bir biçimde enerji arz güvenliği tahminleri yapılmalı ve olası muhtemel şoklara karşı önceden önlem alınmalıdır.

Enerji kaynaklarından enerji üretilirken maliyetin yanında çevreye verilecek zararın da minimize edilmesi gerekmektedir. Bazı enerji kaynakları buna elverişli iken bazıları ise elverişli değildir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevre dostu ve temiz kaynaklardır. Bu kaynakların tercih

edilmesinde çevreye zarar vermemesi, ekonomiye olan etkileri kadar önemli bir etmendir.

Fosil enerji kaynakları, enerji üretimi sırasında termik santrallerde yakıldığından çevreye kirli atıklar bırakmaktadır. Bunun sonucunda ise hava, toprak ve su kirliliği meydana gelmekte ve yeryüzünde yaşayan canlılar olumsuz etkilenmektedir. Fazla karbondioksit salınımından dolayı küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi sorunlar meydana gelmekte ve ekosistemde ciddi bozulmalar görülmektedir. 2017 yılının sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları üçüncü bölümde incelenmişti. Buradan hareketle sera gazı emisyonlarının %72'sine enerji sektörü neden olmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin sanayi yapısı ve üretimi geleneksel enerji kaynaklarına dayanmaktadır. Bu bakımdan düşünülürse üretimin artması çevreye verilen tahribatı artıracaktır. Bunun için geleneksel enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih etmek çevreye verilen tahribatı azaltacaktır. Başka bir şekilde ifade edilirse, sera gazı emisyonlarının ve çevreye verilen zararın azaltılması için enerji sektörüne yapılacak müdahaleler hayati önem taşımaktadır.

Nükleer enerji santrallerinde kullanılan maddelerin çıkarılması ve işlenmesi sırasında çevreye radyoaktif maddeler yayılmaktadır. Bu atıklar hem çok zararlı hem de bu atıkların doğada kaybolma zamanları çok uzundur. Ayrıca deprem gibi şiddetli doğa olayları sırasında veya sonrasında oluşabilecek bir radyoaktif sızıntı çok ciddi tehlike oluşturmaktadır. Ayrıca nükleer enerji santralleri kurulumu için ciddi bir teknolojik altyapı gerekmektedir. Bu altyapıya sahip olmayan Türkiye gibi ülkeler kurulum, bakım ve onarımları yabancı devletlere yaptıracaktır. Nükleer enerji santrallerinin kurulumunun yabancı devletler tarafından yapılması veya yapımı sırasında yarım bırakılması, Türkiye'nin nükleer enerji santrallerinde dışa bağımlı olmasına neden olacaktır. Buna ek olarak kurulacak nükleer enerji santrallerinin elektrik üretmesi için gerekli hammaddeler ithal edilecektir. Çünkü Türkiye'de bulunan uranyum ve plütonyum rezervleri teknolojik yetersizliklerden dolayı ekonomik olarak kullanıma uygun değildir. Nükleer enerji santrallerinin hammaddelerinin

ithal edilmesi, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını artıracak diğer bir nedendir. Nihai radyoaktif atık sorunları, teknolojik altyapı yetersizlikleri ve ithal hammadde, nükleer enerji santrallerindeki en büyük dezavantajlardır.

Yenilenebilir enerji kaynakları genel itibariyle çevreye uyumlu, temiz ve risksiz kaynaklardır. Ancak güneş enerji sistemlerinin çok yer kapladığı, rüzgâr güllerinin göç yollarını olumsuz etkilediği, jeotermal enerjinin kirletici atık su bıraktığı, biyokütle enerji santrallerinde gaz sıkışması sonucunda patlamalar görüldüğü gibi nedenlerden dolayı karşı çıkanlar olmaktadır. Bu sorunların hepsi gerekli önlemler alınması durumunda problem olmaktan çıkarılabilir. Örneğin, güneş enerji santrallerinin verimli arazilere değil de kurak ve atıl bulunan arazilere kurulması, rüzgâr gülleri kurulumunda göç yollarının göz önünde bulundurulup göç yollarının haricindeki güzergâhlara kurulması, jeotermal enerjinin atık sularının tekrar yer altına gönderilmesi, biyokütle enerji santrallerinde ise gaz sıkışmalarını önleyici tedbirler alınarak olası patlamaların önüne geçilmesi gibi önlemlerle yenilenebilir enerji kaynaklarının dezavantajları ortadan kaldırılabılır.

Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları doğaya sıkı sıkıya bağlı olduğundan; enerji üretimi de doğal olaylardan oldukça fazla etkilenmektedir. Örneğin, rüzgârın yavaşlaması, iklim değişiklikleri sonucunda bulutlu gün sayısının artması veya akarsu rejimlerinin değişmesi gibi durumlar, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek elektrik miktarını etkileyecektir. Bu durumda 3 farklı strateji izlenebilir: Yenilenebilir enerji kaynakları geleneksel kaynaklarla birlikte kullanılabilir, elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları çeşitlendirilebilir veya elde edilen elektriğin depolanmasına yönelik teknoloji geliştirilebilir. Bu stratejilerin izlenmesi durumunda yenilenebilir enerji kaynakları kullanmanın bir dezavantajı olan doğa olaylarından etkilenmenin sonuçları azaltılabilmekte hatta sıfır düzeyine indirilebilmektedir.

Çalışmanın dördüncü bölümde yenilenebilir enerjinin hem ekonomik hem de çevre üzerindeki etkisini göstermek amacıyla bir ekonometrik model

denemesi yapılmıştır. Bunun için 1972-2015 dönemi yıllık verileri kullanılarak Türkiye ekonomisi için kişi başına doğa üzerindeki reel baskı, kişi başı reel GSYH, kişi başı reel GSYH'nın karesi, finansal gelişme, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin toplam enerjiye oranı ve dışa açıklık değişkenleri arasındaki kısa ve uzun dönem dinamikleri analiz edilmektedir. Ayrıca kişi başına doğa üzerindeki reel baskının hesaplanmasında kişi başına karbondioksit hasarı, kişi başına mineral sömürüsü, kişi başına enerji tüketimi ve kişi başına net orman sömürüsü değişkenleri kullanılmaktadır. Bu amaçları gerçekleştirmek için çalışmamızda yöntem olarak Johansen ve ARDL eşbütünleşme testlerinin yanı sıra varyans ayrıştırma analizi kullanılmıştır.

Çalışmadan elde edilen temel sonuçlara göre kişi başına doğa üzerindeki reel baskı, kişi başı reel GSYH, kişi başı reel GSYH'nın karesi, finansal gelişme, dışa açıklık ve yenilenebilir enerji arasında uzun dönemli ilişki olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Başka bir deyişle bu değişkenler uzun dönemde beraber hareket etmekte yani aralarında sıkı bir bağ bulunmaktadır. Değişkenler arasında eşbütünleşmenin olduğu hem Johansen hem de ARDL eşbütünleşme testleri ile ortaya koyulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre reel GSYH'nın, finansal gelişme ve dışa açıklığın artması çevreye verilen zararı arttırırken; reel GSYH'nın karesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin toplam enerji içindeki payının artması ise çevreye verilen zararı azaltmaktadır. Bu bağlamda, istikrarlı bir büyüme sağlamak ve çevreye verilen zararı minimize etmek isteyen ülkelerin yenilenebilir enerjiden elde ettikleri enerjinin toplam enerji içerisindeki payını arttırmaları gerekmektedir.

Johansen ve ARDL eşbütünleşme testlerinin yanı sıra yapılan varyans ayrıştırma analizi, doğa üzerindeki reel baskıya en fazla sebebiyet veren değişkenin kişi başı reel GSYH olduğunu göstermektedir. Kişi başı reel GSYH'nın aksine yenilenebilir enerji, doğa üzerindeki reel baskının azaltılmasında önemli bir değişken olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir diğer vurgulanması gereken nokta ise yenilenebilir enerji kaynaklarının reel GSYH üzerindeki etkisidir. Uzun dönemde kişi başı reel GSYH'daki

değişimlerin %14'ü yenilenebilir enerji ile açıklanmaktadır. Elbette ki yenilenebilir enerjinin reel GSYH'ya şu an ki katkısı düşük olabilir. Ancak Türkiye gibi cari açığının büyük bir bölümün enerji ithalatından kaynaklanan ülkelerde, kendi enerjisini üretecek imkâna sahip olması ve dolayısıyla enerji ithalatının önüne geçmesi ile birlikte ekonomi üzerindeki katkısının daha da büyük olacağı görüşünü savunmaktayız. Ayrıca Türkiye'nin yenilenebilir enerjiden faydalanarak kendi enerjisini üretebilecek düzeye gelmesinin dışardan gelen krizler veya dış şokların ekonomiye verdiği zararı büyük ölçüde azaltacağını düşünmekteyiz. Bu bakımdan Türkiye'nin verimi yüksek yenilenebilir enerji kaynaklarına uzun dönemli yatırımlar yapması oldukça önemli ve yerinde bir karar olacaktır. Yatırımların artırılması için gerekli olan teşvikler sağlanmalı ve yatırımları zorlaştırıcı prosedürler kaldırılmalıdır.



## KAYNAKÇA

- Ablabekova, A. (2008). *İktisadi Etkinlik Açısından Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Fosil Yakıtlar İle Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 261860).
- Adaçay, F. R. (2014). “Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler” <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/209399> (Erişim: 06.06.2018).
- Adıyaman, Ç. (2012). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları*, Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde. . <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 322308).
- Ağaçbiçer, G. (2010). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan Swot Analizler*, Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 298012) (Erişim: 15.05.2019).
- Akın, M. (2010). “Deniz Dalga Enerjisi ve Türkiye”, <http://millivicdan.org/makale-den%C4%B0z-dalgaenerji%C4%B0s-%C4%B0-ve-turk%C4%B0ye--132.html> (Erişim: 02.10.2018).
- Akova, İ. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Akpolat, A. ve Altıntaş, N. (2013) “Enerji Tüketimi ile Reel GSYİH Arasındaki Eşbütünleşme ve Nedensellik İlişkisi: 1961-2010 Dönemi” <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/40358> (Erişim: 24.03.2019).
- Altunöz, U. (2014). “Cari Açık Sorununun Temel Nedenleri ve Sürdürülebilirliği: Türkiye Örneği” <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/89255> (Erişim: 12.10.2018).
- Ankara Ticaret Odası (ATO). (2005). “Nükleer Enerji Raporu” , Ankara Ticaret Odası Yayınları, Ankara. S. 5.
- Arianna, C., Behrens A. Ve Egenhofer C. (2009). “Long-Term Energy Security Risks for Europe: A Sector-Specific Approach” <https://www.ceps.eu/system/files/book/1785.pdf> (Erişim: 15.10.2018).
- Aşıcı, A. “Economic growth and its impact on environment: A panel data analysis”, <https://moscow.sci-hub.tw/1983/b19cd61144c8745602fa6f8472cef40c/10.1016@j.ecolind.2012.06.019.pdf> (Erişim: 12.05.2019).
- Ataman, A. R. (2007), “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Kamu Yönetimi ve Siyaset Anabilim Dalı, Ankara. (Tez No: 208041).
- Başergil, B. (2009), *Petrol, Petrol Kimyası*. Ankara: Gazi Kitabevi.

- Bayrak, M. ve Esen, Ö. (2014). “Türkiye’nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözümüne Yönelik Arayışlar”  
[https://www.researchgate.net/profile/Oemer\\_Esen/publication/292762821\\_Turkiye'nin\\_Enerji\\_Acigi\\_Sorunu\\_ve\\_Cozumune\\_Yonelik\\_Arayislar/links/56b1015908ae56d7b069cb9a/Tuerkiyenin-Enerji-Acigi-Sorunu-ve-Coezuemuene-Yoenelik-Arayislar.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Oemer_Esen/publication/292762821_Turkiye'nin_Enerji_Acigi_Sorunu_ve_Cozumune_Yonelik_Arayislar/links/56b1015908ae56d7b069cb9a/Tuerkiyenin-Enerji-Acigi-Sorunu-ve-Coezuemuene-Yoenelik-Arayislar.pdf) (Erişim: 12.10.2018).
- Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ). (2016). “2016 Sektör Raporu”,[http://www.botas.gov.tr/docs/raporlar/tur/sectorap\\_2016.pdf](http://www.botas.gov.tr/docs/raporlar/tur/sectorap_2016.pdf) (Erişim: 2.12.2017).
- Bozkurt, A.U. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.  
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi> (Tez No: 220290).
- Cergibozan, R., Çevik, E., ve Demir, C. “Wagner Kanunu’nun Türkiye Ekonomisi için Sınanması: Çeşitli Zaman Serisi Bulguları”  
[http://www.ekonomikyorumlar.com.tr/files/articles/152820006580\\_6.pdf](http://www.ekonomikyorumlar.com.tr/files/articles/152820006580_6.pdf) (Erişim: 13.05.2019).
- Çağlar, Y. (2007). “Evdeki Bulgurdan Olmamak İçin: Enerji Ormanlığı”  
[http://www.emo.org.tr/ekler/ab06363eea311a0\\_ek.pdf?dergi=4](http://www.emo.org.tr/ekler/ab06363eea311a0_ek.pdf?dergi=4)  
(Erişim: 24.12.2017).
- Çelik, S. N. (2012). *Türkiye’nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi*, Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 320327).
- Çukurçayır, M. A. ve Sağır, H. (2008), “Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları”, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, C.20, ss. 257.
- 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: 27.05.2019).
- Department of Energy and Climate Change (DECC). “Fossil Fuel Price Shocks and a Low Carbon Economy”,  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/68831/5276-fossil-fuel-price-shocks-and-a-low-carbon-economy-.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/68831/5276-fossil-fuel-price-shocks-and-a-low-carbon-economy-.pdf) (Erişim: 12.05.2019).
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2001). “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu”  
[http://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2018/11/08\\_ElektrikEnerjisi.pdf](http://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2018/11/08_ElektrikEnerjisi.pdf) (Erişim: 15.05.2019).
- Doğalgaz ve Çevre. “İstanbul Ticaret Odası Yayın Organı”. 1 Ekim 1993, Sayı: 1780.



- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK), (2011). “Enerji Raporu” <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjiraporu2012.pdf> (Erişim: 23.12.2017).
- Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi (DEK-TMK). *Ekonomik Krizin Türk Enerji Sektörüne Etkileri*. Ankara, 2009.
- Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi (DEK-TMK). *Yenilenebilir Enerji ve İstihdam: Yıllık Görünüm 2018*. <https://www.dunyaenerji.org.tr/wpcontent/uploads/2018/05/IRENA2-1.pdf> (Erişim: 14.10.2018).
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/jeo\\_kullanım\\_alanlari.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/jeo_kullanım_alanlari.aspx) (Erişim: 20.03.2017).
- Elektrik Mühendisleri Odası (EMO). (2016). “Türkiye’de Rüzgar Enerjisinin Gelişimi ve Geleceği” [http://www.emo.org.tr/ekler/f236bbe59930b1c\\_ek.pdf?dergi=1035](http://www.emo.org.tr/ekler/f236bbe59930b1c_ek.pdf?dergi=1035) (Erişim: 18.05.2018).
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (YEGM), [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar\\_enerjisi.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx) (Erişim: 27.05.2019).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2017). “Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü”, [http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FEnerji%20ve%20Tabii%20Kaynaklar%20G%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCm%C3%BC%2FSayf\\_15.pdf](http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FEnerji%20ve%20Tabii%20Kaynaklar%20G%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCm%C3%BC%2FSayf_15.pdf) (Erişim: 03.10.2018).
- Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2011). “Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler” <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FN%C3%BCklee+Santraller+ve+%C3%9Ck+emizde+Kurulacak+N%C3%BCklee+Santrale+%C4%B0+li+C5%9F+kin+Bi+lgiler.pdf> (erişim: 7.12.2017).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2017). “Kömür Nedir?”, <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfalar%2fK%C3%B6m%C3%BCr+Nedir-.pdf> (Erişim: 30 Kasım 2017).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2017). “Nükleer Enerji” <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji> (Erişim: 8.12.2017).
- Eniş, A. (2003). “TMMOB Türkiye VI. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Kasım 08, 2015 tarihinde Enerji Politikaları ile Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları” [http://www.emo.org.tr/ekler/98024cb5e21d749\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/98024cb5e21d749_ek.pdf) (Erişim: 06.06.2018).
- Erdal, L. (2012). “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve İstihdam Yaratma Potansiyeli” [http://www.sobiad.org/ejournals/dergi\\_sbd/arsiv/2012\\_1/leman\\_erdal.pdf](http://www.sobiad.org/ejournals/dergi_sbd/arsiv/2012_1/leman_erdal.pdf) (Erişim: 14.10.2018).

- Erdal, L. (2011). Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Alternatifi, Doktora Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 312358).
- Erdoğan, M. (2014). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Termodinamik Analiz Yöntemi İle İncelenerek, Yenilenebilir Enerji Kullanımının Gelecek Projeksiyonlarının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 394408).
- Ergün, E. ve Polat, A. M. (2012). “Nükleer Enerji Ve Türkiye’ye Yansımaları”, *İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, S. 2, ss. 34-58.
- Ernst & Young. (2016). “Ocean Energies, Moving Towards Competitiveness: A Market Overview”, <https://arena.gov.au/assets/2016/10/1605SG797-Etude-Seanergy-lowres.pdf> (Erişim: 07.01.2018).
- Ersoy, M. (2004). *Genel Enerji Kaynakları Katı Fosil Yakıtlar*. Ankara: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Yayınları.
- Ertaş, C. (2011). *Fizik 9 Ders Kitabı*. Ankara: Paşa Yayıncılık.
- Ertürk, H. (1996). *Çevre Bilimine Giriş*. Bursa: Ceylan Matbaacılık.
- Eskin, M.C. (2018). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevreye ve Ekonomiye Etkisi*. Mali Hizmetler Uzmanlığı Uzmanlık Tezi. Ankara. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/icerikler/mert-can-eskin--yen-leneb-l-r-enerj--20181128100301.pdf> (Erişim: 15.05.2019).
- Eşiyok, B. A. (2012). “Türkiye Ekonomisinde Cari Açık Sorunu ve Nedenleri” <http://www.inovasyon.org/pdf/AliEsiyok.CariAcik.ve.Nedenleri.2012.pdf> (Erişim: 12.10.2018).
- European Photovoltaic Industry Association (EPIA). (2015). “Global Market Outlook For Solar Power 2015-2019”. (Erişim: 14.12.2017) [https://helapco.gr/pdf/Global\\_Market\\_Outlook\\_2015\\_-2019\\_lr\\_v23.pdf](https://helapco.gr/pdf/Global_Market_Outlook_2015_-2019_lr_v23.pdf).
- Gezer, E.H. (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye*, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı Siyaset ve Sosyal Bilimler Bilim Dalı, Ankara. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 348044).
- Global Wind Energy Council (GWEC). (2016). “Global Statistic” [http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC\\_PRstats2016\\_EN\\_WEB.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2016_EN_WEB.pdf) (Erişim: 16.12.2017).

- Goncaloğlu B.İ., Ertürk F. ve Erdal A. (2000). “Termik Santrallerle NükleerSantrallerin Çevresel Etki Değerlendirmesi Açısından Karşılaştırılması” <https://docplayer.biz.tr/storage/19/277705/1557879102/5NQVOngclwLZyWbFj0BTSQ/277705.pdf> (Erişim: 14.05.2019).
- Göçer, İ. (2013). “Türkiye’de Cari Açığın Nedenleri, Finansman Kalitesi ve Sürdürülebilirliği: Ekonometrik Bir Analiz” [http://www.akademik.adu.edu.tr/fakulte/iktisat/webfolders/CARI\\_ACIK.pdf](http://www.akademik.adu.edu.tr/fakulte/iktisat/webfolders/CARI_ACIK.pdf) (Erişim: 12.10.2018).
- Gönül, B. R. (2012). “Yenilenebilir Enerji Kullanımı ve Karbondioksit Emisyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisadi Gelişme ve Uluslararası İktisat Anabilim Dalı, Kayseri. (Tez No: 323441).
- Greenpeace, Avrupa Yenilenebilir Enerji Birliği, (2007). “Türkiye Enerji Devrimi-Sürdürülebilir Bir Türkiye İçin Enerji Yol Haritası” <https://www.greenpeace.org/turkey/Global/turkey/report/2008/4/enerji-devrimi-raporu.pdf> (Erişim: 08.10.2018).
- Gülây, A.N. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'nin geleceği ve Avrupa Birliği ile karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No. 220247).
- Günay, S. (2008). “Türkiye’de Enerji Tarımı Amacıyla Ayrışığı, Kanola ve Soya Fasulyesinin Yetiştirilmesi” <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/26715> (Erişim: 23.05.2018).
- Güner, C. (2016). Cari Açık ve İşsizlik Sorununun Alternatif Enerji Kaynakları ile Çözümü, Türkiye Örneği, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 459462).
- Güney, A. (2010). “Türkiye’de Geliştirilmiş İşsizlik Oranları” <http://calismatoplum.org/sayi24/guney.pdf> (Erişim: 13.10.2018).
- Hanedar, A., Akkaya, O. ve Bizim, Ç. (2016). <https://docplayer.biz.tr/storage/25/5578231/1553290362/WxDHGVuVryyVFZ2Hb6L7CQ/5578231.pdf> (Erişim: 22.03.2019).
- Hughes, L. ve Shupe, D. (2010). “Creating Energy Security Indexes With Decision Matrices and Quantitative Criteria” <http://lh.ece.dal.ca/enen/2010/ERG201002.pdf> (Erişim: 15.10.2018).
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2017). “Nuclear Power Reactors in the World”. [http://www-pub.iaea.org/MTCDD/Publications/PDF/RDS\\_2-37\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCDD/Publications/PDF/RDS_2-37_web.pdf) (Erişim: 7.12.2017).
- International Energy Agency (IEA). (2016). “Energy Policies of IEA Countries–Turkey 2016 Review”, <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyPoliciesofIEACountriesTurkey.pdf> (Erişim: 16.05.2018).

- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2017). “Geothermal Power” [http://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Aug/IRENA\\_Geothermal\\_Power\\_2017.pdf](http://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Aug/IRENA_Geothermal_Power_2017.pdf) (Erişim: 23.12.2017).
- Işıktaş, A. (2016). “Kesit Alanı ve Plaka Sayısının HHO Hücresi Performansına Etkisinin Deneysel İncelenmesi ve Bulanık Mantık İle Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği, Konya. (Tez No: 438582).
- İder, S. Kemal. (2003). “Hidrojen Enerji Sistemi”, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi, Sayı 134, İstanbul.
- Kadıoğlu, S. ve Telliöğlu, Z. (1996). “Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkileri” [http://www.emo.org.tr/ekler/63ea51eeb9eb4b9\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/63ea51eeb9eb4b9_ek.pdf) (Erişim: 15.05.2019).
- Kara, S. (2013). Türkiye’de Yenilenebilir Enerjiye İktisadi Bakış, Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 353147).
- Karabıyık, İ. (2009). “Türkiye’de İşsizliği Doğuran Nedenler ve İşsizliğin Yapısı” <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/209452> (Erişim: 13.10.2018).
- Karaca, C. (2016). *Türkiye'nin Güncel Ekonomik Mali Sorunları ve Politikaları*. Bursa: Ekin Yayınevi.
- Karadaş, F. (2008). *Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Türkiye’de Enerji Sektörü ve Politikaları*, Yüksek Lisans Tezi. Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 219817).
- Karagöl, E., Erbaykal, E., ve Ertuğrul, M. “Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı” <https://core.ac.uk/download/pdf/47254409.pdf> (Erişim: 24.03.2019).
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R. (2011). “Biyokütle Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi”, <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/297590> (Erişim: 22.05.2018).
- Kaya, M. (2016). “Türkiye’de Cari Açık Sorunu ve Nedenleri” <http://www.dicle.edu.tr/Contents/c0bdb938-7f9e-47ad-bb7b-3644d9d11494.pdf> (Erişim: 12.10.2018).
- Kelecioğlu, M. A. (2011). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Finansmanı, Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 298207).
- Keskingöz, H. ve İnançlı, S. “Türkiye’de Finansal Gelişme ve Enerji Tüketimi Arasında Nedensellik İlişkisi: 1960-2011 Dönemi” <https://dergipark.org.tr/download/article-file/254956> (Erişim: 25.05.2019).

- Kılıç, C. (2015). “Tüketici Kredileri ve Cari Açık Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği”, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, C. 29, S. 2, ss. 413.
- Kıncal, A. (2012). “Türkiye İçin Cari Açık Neden Bir Sorundur” [http://www.ekonomikyorumlar.com.tr/files/articles/1529402254\\_contentent.pdf](http://www.ekonomikyorumlar.com.tr/files/articles/1529402254_contentent.pdf) (Erişim: 12.10.2018).
- Klare, M.T. (2005). Kaynak Savaşları, Devrin Yayıncılık, Çev. Özge İnciler, İstanbul: Devrin Yayınları.
- Koca, T. ve Çıtlak, A. (2008). “Dalga Enerjisi”, İstanbul Doğa Sektörel Yayın Grubu, Yeni Enerji Dergisi, S.4.
- Koç, E., Şenel, M.C. (2013). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme” [http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosyaekler/a8c16d2696b35f9\\_ek.pdf](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosyaekler/a8c16d2696b35f9_ek.pdf) (Erişim: 08.10.2018).
- Koçak, E. (2012). *Türkiye'nin Enerji Tüketimi ile Karbondioksit Emisyonu Arasındaki İlişkinin Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı Çerçevesinde Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 323416) (Erişim: 15.05.2019).
- Lise, W. ve Montfort K. V. (2005). “Energy Consumption and Gdp in Turkey: Is There A Co-integration Relationship?” <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2005/rx05191.pdf> (Erişim: 08.10.2018).
- Mahmutoğlu, M. (2013). “Türkiye Elektrik Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Uluslararası İktisat Bilim Dalı, Ankara. (Tez No: 331234).
- Mahmutoğlu, M. (2013). Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığı ve Buna İlişkin Çözüm Önerileri, Türkiye Kalkınma Bankası Yayını, Sayı: 67.
- Makina Mühendisleri Odası (TMMOB). (2006). “Türkiye'nin Doğal Gaz Temin ve Tüketim TMMOB Değerlendirilmesi Raporu”, [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi\\_dosya\\_ekleri/180cffd6a8e829d\\_ek.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi_dosya_ekleri/180cffd6a8e829d_ek.pdf) (Erişim:5.12.2017).
- Makine Mühendisleri Odası (TMMOB). (2017). “Türkiye’de Termik Santraller 2017” [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/Sayfa159%20%C3%B6ncesi\\_0.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/Sayfa159%20%C3%B6ncesi_0.pdf) (Erişim: 23.05.2018).
- Makine Mühendisleri Odası (TMMOB). (2018). “Türkiye'nin Enerji Görünümü 2018” [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018\\_2\\_0.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018_2_0.pdf) (Erişim: 17.05.2018).
- Makine Mühendisleri Odası (TMMOB). (2018). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu,” [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/ad7c2ebb96fcba7\\_ek.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/ad7c2ebb96fcba7_ek.pdf) (Erişim: 22.05.2018).

- Mutlu, E. (2013). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Ekonomisi ve Ankara İline Ait SWOT Analizi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Kültür Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 333246).
- Narin, M. ve Öztürk, F. (2014). “Türkiye Ekonomisinde Enerji İthalatı Cari Açık İlişkisi” <http://www.aso.org.tr/site/files/pdf/asomedyay/2014martnisan.pdf> (Erişim: 12.10.2018).
- Öztürk, N., Bilgiç, M., Arslan, C. (2009). “Hidrojen Enerjisi ve Türkiye’deki Hidrojen Potansiyeli” [http://www.emo.org.tr/ekler/51c5ffd6b62cc21\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/51c5ffd6b62cc21_ek.pdf) (Erişim: 02.10.2018).
- Pamuk, P. Ve Bektaş, H. “Türkiye’de Eğitim Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı” <http://siyasetekonomiyonetim.org/index.php/seyad/article/download/136/130> (Erişim: 13.05.2019).
- Peker, H. S. (2014). Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği ve Ölçülmesi: Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği Endeksine Yönelik Bir Uygulama, Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 377789).
- Peker, O. ve Hotunluoğlu, H. (2009). “Türkiye’nin Cari Açığının Nedenlerinin Ekonometrik Analizi”. [https://www.researchgate.net/profile/Hakan\\_Hotunluoglu/publication/322117086\\_Turkiye%27de\\_Cari\\_Acigin\\_Nedenlerinin\\_Ekonometrik\\_Analizi/links/5a546a31aca2725638cbad83/Tuerkiyede-Cari-Acigin-Nedenlerinin-Ekonometrik-Analizi.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Hakan_Hotunluoglu/publication/322117086_Turkiye%27de_Cari_Acigin_Nedenlerinin_Ekonometrik_Analizi/links/5a546a31aca2725638cbad83/Tuerkiyede-Cari-Acigin-Nedenlerinin-Ekonometrik-Analizi.pdf?origin=publication_detail) (Erişim: 12.10.2018).
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. (2016). “Global Status Report” [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR\\_2016\\_Full\\_Report.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf) (Erişim: 24.12 2017).
- Sevim, C. (2009). “Geçmişten Günümüze Enerji Güvenliği ve Paradigma Değişimleri” [http://www.bilgesam.org/Images/Dokumanlar/0142014122651guvenlik\\_kongresi\\_bildirileri-25.pdf](http://www.bilgesam.org/Images/Dokumanlar/0142014122651guvenlik_kongresi_bildirileri-25.pdf) (Erişim: 15.10.2018).
- Sevüktekin, M. ve Nargeleçekenler, M. (2010). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı (SETA). (2017). “Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji”, <https://setav.org/assets/uploads/2017/04/YenilenebilirEnerji.pdf> (Erişim: 16.05.2018).
- Solargis. (2016). *Global Horizontal Irradiation (GHI)* <https://solargis.com/assets/graphic/free-map/GHI/Solargis-World-GHI-solar-resource-map-en.png>.
- Sönmez, M. (2015). “Sanayinin Sorunlar ve Analizleri (VII)” [http://mustafasonmez.net/wp-content/uploads/sanayi\\_VII.pdf](http://mustafasonmez.net/wp-content/uploads/sanayi_VII.pdf) (Erişim: 14.10.2018).

- Şahin, B. E. (2011). “Türkiye’nin Cari Açık Sorunu” [http://www.sobiad.org/ejournals/dergi\\_ebd/arsiv/2011\\_2/begum\\_erdil\\_sahin.pdf](http://www.sobiad.org/ejournals/dergi_ebd/arsiv/2011_2/begum_erdil_sahin.pdf) (Erişim: 12.10.2018).
- Şahin, D. (2015). “Türkiye’de Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı” [http://www.asosjournal.com/Makaleler/688255074\\_904%20Dilek%20%20c5%9eAH%20%20N.pdf](http://www.asosjournal.com/Makaleler/688255074_904%20Dilek%20%20c5%9eAH%20%20N.pdf) (Erişim: 13.05.2019).
- Şen, Z. (2002). *Temiz Enerji ve Kaynakları*, İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü (OGM). (2015). “Türkiye Orman Varlığı” <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/T%20%20c3%bcrkiye%20Orman%20Varl%20%20%20c4%9f%20%20b1-2016-2017.pdf> (Erişim: 21.05.2018).
- Tarı, R. (2010). *Ekonometri*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Tarı, R. ve Yıldırım, R. (2009). “Döviz Kuru Belirsizliğinin ihracata Etkisi: Türkiye için Bir Uygulama” [https://docplayer.biz.tr/storage/33/16665405/1553439055/dKnAws8V7XA\\_VsPIXfLc\\_A/16665405.pdf](https://docplayer.biz.tr/storage/33/16665405/1553439055/dKnAws8V7XA_VsPIXfLc_A/16665405.pdf) (Erişim: 24.03.2019).
- Teke, A. ve Yıldırım H. B. (2013). “Güneş Enerjisi ve Kullanım Alanları”, <https://www.yenienerji.com/makale/gunes-enerjisi-ve-kullanim-alanlari> (Erişim: 9.12.2017).
- Telatar, O. M. ve Terzi, H. (2009). “Türkiye’de Ekonomik Büyüme ve Cari İşlemler Dengesi İlişkisi” <http://www.acarindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423871251.pdf> (Erişim: 14.10.2018).
- Tester, J. W. Ve öte. (2005). *Sustainable Energy*. The MIT Pres, Cambridge.
- Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB). (2016). “Türkiye’nin Enerji Görünümü 2016” [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/5a810b69dea7107\\_ek.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/5a810b69dea7107_ek.pdf) (Erişim: 18.05.2018).
- Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği, (2004). “Türkiye’de İşgücü Piyasasının Kurumsal Yapısı ve İşsizlik” [https://tusiad.org/tr/tum/item/download/3894\\_c0059a3db55feb4e917c09b6755d5368](https://tusiad.org/tr/tum/item/download/3894_c0059a3db55feb4e917c09b6755d5368) (Erişim: 13.10.2018).
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK). (2010). “Günümüzde Nükleer Enerjiye Genel Bakış” <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/166-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/435-bolum-01-gunumuzde-nukleer-enerjiye-genel-bakis.html> (Erişim: 7.12.2017).
- Türkiye Çevre Vakfı (TÇV). (2006). “Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları”. Çevre Vakfı Yayınları, Ankara.
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ). (2017). “Türkiye Elektrik Sistemi Kuruluş ve Kaynaklara Göre Kurulu Güç” <https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-01/Kguc2017.pdf> (Erişim: 17.05.2018).

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2017). “Belediye Atık İstatistikleri- (2016-29.11.2017)” <http://www.tuik.gov.tr/PdfGetir.do?id=24876> (Erişim: 23.05.2018).
- Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı. (2017). “Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu”, <http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sectorrapor3105.pdf> (Erişim: 1.12.2017).
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TUREB). (2018). “Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu” [http://www.tureb.com.tr/files/tureb\\_sayfa/duyurular/2018/03/turkiye\\_ruzgar\\_enerjisi\\_istatistik\\_raporu\\_ocak\\_2018.pdf](http://www.tureb.com.tr/files/tureb_sayfa/duyurular/2018/03/turkiye_ruzgar_enerjisi_istatistik_raporu_ocak_2018.pdf) (Erişim: 18.05.2018).
- Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK). (2016). “Türkiye Taşkömürü Kurumu 2016 Yılı Sektör Raporu” [http://www.taskomuru.gov.tr/file/duyuru/TTKGM\\_Sektor\\_Raporu\\_2016.PDF](http://www.taskomuru.gov.tr/file/duyuru/TTKGM_Sektor_Raporu_2016.PDF) (Erişim: 30.11.2017).
- Uluslararası Yatırımcılar Derneği (YASED). (2011). “Türkiye’nin Cari Açığı: Makro ve Mikro Açından Nedenleri ve Çözüm Önerileri” <https://docplayer.biz.tr/storage/19/327078/327078.pdf> (Erişim: 12.10.2018).
- Urgun, N. (2015). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Bakımından Türkiye'nin Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Harekete Geçirilmesine Yönelik Stratejiler*, Yüksek Lisans Tezi. Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 394855).
- Uyar, F. (2016). “Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları Nelerdir?” <http://www.enerjibes.com/gunes-enerjisinin-avantajlari-dezavantajlari-nelerdir/> (Erişim: 14.12.2017).
- Uyar, F. (2016). ” Fosil Nedir? Fosil Yakıtlar Nedir? Faydaları Zararları Nelerdir?” <http://www.enerjibes.com/fosil-nedir-fosil-yakitlar-nedir/> (Erişim: 1.12.2017).
- Uygulamalı Gaz ve Enerji Teknolojileri Merkezi (UGETAM), (2016). “Genel Doğalgaz” <https://www.usetam.istanbul/wp-content/uploads/2017/05/39-Mart-2016-Genel-Do% C4% 9Fal-Gaz.pdf> (erişim: 5.12.2017).
- Üçgül, İ ve Elibüyük, U. (2015). “Okyanus Termal Enerji Dönüşüm (OTEC) Sistemi”, <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/225285> (Erişim: 07.01.2018).
- World Energy Council. (2016). “World Energy Resources Bioenergy” [https://www.worldenergy.org/wpcontent/uploads/2017/03/WEResources\\_Bioenergy\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wpcontent/uploads/2017/03/WEResources_Bioenergy_2016.pdf) (Erişim: 23.05.2018).
- World Energy Council. (2016). “World Energy Resources-2016” [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources\\_Report\\_2016.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources_Report_2016.pdf) (Erişim: 24.12.2017).
- www. gooenergy.com. “Türkiye’nin Hidroelektrik Potansiyel Haritası”. (2018). <http://gooenergy.com/projeler/hidroelektrik> (Erişim: 25.05.2018).



- www.bepa.yegm.gov.tr/. “Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası” (Erişim: 21.05.2018).
- www.dsi.gov.tr. “Türkiye’nin Toprak ve Su Kaynakları”. (2018). <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (Erişim: 25.05.2018).
- www.enerji.gov.tr. (2018). “Hidrolik” [www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik](http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik) (Erişim: 18.06.2018).
- www.enerji.gov.tr. “Türkiye’de İşletmede Bulunan HES sayısı”. (2017). <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik> (Erişim: 25.05.2018).
- www.erguven.net. “Türkiye’nin Havza Haritası”. (2018). <http://www.erguven.net/ders/Turkiye-Havza-Haritasi507> (Erişim: 25.05.2018).
- www.gooenergy.com. (2018). “Hidrolik” <http://gooenergy.com/projeler/hidroelektrik> (Erişim: 18.06.2018).
- www.mta.gov.tr. (2018). “Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü- Enerji Haritaları” <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita> (Erişim: 20.05.2018).
- www.muhendisbeyinler.net. (2017). “Gelgit Enerjisi Santrali Nedir” <https://www.muhendisbeyinler.net/gelgit-enerjisi-santrali-nedir/> (Erişim: 25.03.2017).
- www.nukleer.web.tr. (2017). “Nükleer Teknolojinin Kullanım Alanları” [http://www.nukleer.web.tr/temel\\_konular/faydalar.html](http://www.nukleer.web.tr/temel_konular/faydalar.html) (Erişim: 7.12.2017).
- www.nukleerakademi.org. (2017). “Nükleerin Kullanım Alanları”, <http://nukleerakademi.org/nukleer-kullanim-alanlari/> (Erişim: 7.12.2017).
- www.teias.gov.tr. (2018). “Türkiye’de Yerli Kaynaklardan Üretilen Elektrik Enerjisinin Toplam Üretim İçindeki Payı” <https://www.teias.gov.tr/tr/iii-elektrik-enerjisi-uretimi-tuketimi-kayıplar-0> (Erişim: 18.06.2018).
- Yaylalı, B. (2009). “Sürdürülebilir Kalkınma Sürecinde İklim Değişikliği, Diğer Çevre Sorunlarıyla Etkileşimi ve Türkiye Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Çevre Anabilim Dalı, Ankara. (Tez No: 250263).
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (2005), T.C. Resmi Gazete, 25819, 18 Mayıs 2005.
- Yokuş, T. (2017). *Enerji Kaynaklı Cari Açık: Güneş Enerjisi Yatırım Modeli ile Çözümü (2017-2030)*, Yüksek Lisans Tezi. Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karaman. (Tez No: 477289).