

**T. C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANA BİLİM DALI  
İKTİSAT YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**1980 SONRASI TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKASI**

**CEYHUN TURAN  
13710020**

**TEZ DANIŞMANI  
DOÇ. DR. KASIM EREN**

**İSTANBUL  
2018**

T. C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANA BİLİM DALI  
İKTİSAT YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

1980 SONRASI TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKASI

CEYHUN TURAN  
13710020

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 08.01.2018  
Tezin Savunulduğu Tarih: 02.03.2018

Tez Oy Birliği/Oy Çokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Unvan Ad Soyad

Tez Danışmanı:  
Jüri Üyeleri :

Yrd. Doç. Dr.  
Ceyhan Turan

Doç. Dr. İmza

Kasım Eray  
Kerem

İSTANBUL  
OCAK 2018

Prof. Dr. Faniye  
Gönel  
Jüri Üyeleri

## ÖZ

### 1980 SONRASI TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKASI

Ceyhun Turan

Ocak, 2018

1980 yılında imzalanan 24 Ocak Kararları ile birlikte neoliberalizm ve küreselleşmenin hız kazanması ve 1973’de yaşanan Petrol Krizi sonucunda petrolün güvenilir bir enerji kaynağı olmaktan çıkıp enerji kaynaklarının çeşitlilik kazanmaya başlamasıyla birlikte 1980 sonrası Türkiye’nin enerji politikaları farklılaşmaya başlamıştır. Ülkede özel sektörün enerji piyasalarındaki varlığı güçlenmiştir. Özellikle doğalgazın enerji karışımına girmesiyle birlikte ülkenin enerjide dışarıya bağımlılığı giderek artmış ve kömür ve hidrolik enerji gibi ülkede potansiyel anlamında bol miktarda bulunan kaynaklardan yeterli düzeyde fayda sağlanamamıştır. Özel sektörün de enerji piyasalarındaki etkisi giderek artmış, ancak özelleştirmeler genel anlamda liyakat temel alınarak yapılmadığından bu durum verimlilik artışlarını beraberinde getirmemiştir. Bu çalışmada 1980 sonrası Türkiye’nin uyguladığı enerji politikaları incelenirken; öncesinde enerji politikalarını etkileyen faktörler ve yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geçmişten günümüze tüketim, maliyet ve çevresel etkiler anlamında dünyadaki genel durumu okuyucuya sunulmuş ve elde edilen bulguların Türkiye’nin uyguladığı enerji politikalarının değerlendirilmesinde yardımcı olması amaçlanmıştır. Sonrasında ise Türkiye’nin enerji kaynak ve potansiyelleri verilerek, bu veriler ve dünyadaki gelişmeler ışığında Türkiye’nin gelecekte yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklar bağlamında uygulayabileceği enerji politikaları tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** 24 Ocak Kararları, Neoliberalizm, Küreselleşme, Petrol Krizi, Yenilenemeyen Enerji Kaynakları, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Türkiye

## **ABSTRACT**

### **THE ENERGY POLICY OF TURKEY, AFTER 1980**

**Ceyhun Turan**

**January, 2018**

With January 24th Decisions signed in 1980; neoliberalism and globalization gained momentum and as a result of the Oil Crisis in 1973, the oil began to quit as a reliable energy source and energy sources started to diversify and Turkey's energy politics began to differentiate after 1980's. The presence of private sector in energy markets in the country had strengthened. Especially with the introduction of natural gas into the energy mix, the country's foreign dependence on energy increased steadily and there was no adequate benefit got from resources like coal and hydraulic energy which are potentially available in large quantities in the country. The impact of the private sector on energy markets also increased gradually, but this did not lead to productivity gains since privatizations are not generally carried out based on merit. In this study, while the energy policies implemented by Turkey after 1980 are examined; before that the factors that are affecting the energy policies and the general state of the non-renewable and renewable energy resources in the world in terms of past daily consumption, cost and environmental effects of them are presented to the reader and the findings are aimed at helping to evaluate the energy policies implemented by Turkey. After that, Turkey's energy resources and potentials are given, and with the light of these data and actual developments in the world, in the context of non-renewable and renewable energy resources in the country, the energy policies that Turkey can implement in the future are discussed.

**Key Words:** 24th January Decisions, Neoliberalism, Globalization, Oil Crisis, Non-Renewable Energy Resources, Renewable Energy Resources, Turkey

## ÖN SÖZ

Bu tezin hazırlanma sürecinde; çok değerli katkıları bulunan danışman hocam Doç. Dr. Kasım Eren'e, İstanbul Ticaret Odası ve Elektrik Mühendisleri Odası çalışanlarına ve bu süreçte benden maddi ve manevi anlamda desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul; Ocak, 2018

Ceyhun Turan



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZ</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>ÖN SÖZ</b> .....	v
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	vi
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	ix
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	xii
<b>KISALTMALAR</b> .....	xiii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ POLİTİKALARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER</b> .....	3
2.1. Enerji Kavramı.....	3
2.2. Enerji Politikalarını Etkileyen Faktörler.....	4
2.2.1. Enerji Güvenliği.....	4
2.2.1.1. Kaynak Çeşitlendirilmesi.....	5
2.2.1.2. Arz Güvenliği.....	6
2.2.1.3. Fiyat Güvencesi.....	8
2.2.2. Enerjinin Maliyeti.....	10
2.2.3. Enerji Verimliliği.....	12
2.2.4. Enerji Yoğunluğu.....	15
2.2.4.1. Ülkelere Göre Enerji Yoğunluğu.....	16
2.2.4.2. Sektörlere Göre Enerji Yoğunluğu.....	17
2.2.5. Çevresel Etkiler.....	26
<b>3. ENERJİ KAYNAKLARI</b> .....	29
3.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları.....	29
3.1.1. Petrol.....	30
3.1.2. Kömür.....	37
3.1.3. Doğalgaz.....	45

3.1.4. Nükleer Enerji.....	54
3.1.5. Kaya Gazı .....	62
3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	66
3.2.1. Rüzgar Enerjisi .....	68
3.2.2. Güneş Enerjisi.....	74
3.2.2.1. Güneş Isıtması.....	75
3.2.2.2. Fotovoltaik Elektrik .....	76
3.2.2.3. Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi .....	82
3.2.3. Biyokütle.....	84
3.2.4. Hidrolik Enerji .....	88
3.2.5. Jeotermal Enerji .....	94
3.2.6. Dalga ve Okyanus Enerjisi .....	97
3.2.7. Hidrojen Enerjisi.....	99
3.3. Genel Değerlendirme.....	101
<b>4. TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKASI .....</b>	<b>105</b>
4.1. 1923-1980 Arası Türkiye’nin Enerji Politikaları .....	106
4.2. 1980 Sonrası Türkiye’nin Enerji Politikası .....	112
4.2.1. 1980-2002 Yılları Arası Enerji Politikaları .....	112
4.2.2. 2002 Sonrası Enerji Politikaları.....	128
4.2.3. Genel Değerlendirme.....	147
4.3. Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Potansiyelleri.....	150
4.3.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları.....	150
4.3.1.1. Petrol .....	150
4.3.1.2. Kömür .....	151
4.3.1.3. Doğalgaz .....	153
4.3.1.4. Nükleer Enerji .....	153
4.3.1.5. Kaya Gazı.....	154
4.3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	154
4.3.2.1. Rüzgar Enerjisi.....	154
4.3.2.2. Güneş Enerjisi .....	155
4.3.2.3. Biyokütle .....	156
4.3.2.4. Hidrolik Enerji .....	157

4.3.2.5. Jeotermal Enerji .....	157
4.3.2.6. Dalga ve Gelgit Enerjisi .....	158
4.3.2.7. Hidrojen Enerjisi .....	159
<b>5. GELECEĞE YÖNELİK ÖNERİLER .....</b>	<b>160</b>
5.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynaklarına İlişkin Politikaların Gözden Geçirilmesi .....	160
5.1.1. Petrole Olan Yaklaşımın Değişmesi .....	161
5.1.2. Kömürün Etkin Kullanımı .....	163
5.1.3. Türkiye İçin Doğalgaz Fırsatları .....	166
5.1.4. Nükleer Enerji ve Türkiye .....	168
5.1.5. Bor'un Önemi .....	171
5.2. Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Değerlendirilmesi .....	173
5.2.1. Suyun Etkin Kullanımı .....	174
5.2.2. Rüzgar Potansiyelinin Değerlendirilmesi .....	176
5.2.3. Güneş Potansiyelinin Değerlendirilmesi .....	178
5.2.4. Jeotermal Enerji'nin Türkiye'ye Sunduğu Fırsatlar .....	180
5.3. Enerji Verimliliği ve Yoğunluğu Hususunda Yapılabilecekler .....	182
<b>6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ .....</b>	<b>189</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>196</b>
<b>ÖZ GEÇMİŞ .....</b>	<b>209</b>



## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo 2.1:</b> Ükelere Göre Enerji Yoğunluğu.....	16
<b>Tablo 2.2:</b> 2000-2012 Yılları Arasında AB Ülkelerinin İmalat Sanayinde Yaşanan Değişim Oranları.....	20
<b>Tablo 2.3:</b> 2000-2014 Yılları Arasında AB Ülkelerinde Sanayi Kollarının Tükettiği Enerji Miktarları ve Yaşanan Yüzdesel Değişim.....	21
<b>Tablo 2.4:</b> Bazı Ülkelerin 2000 ve 2013 Yıllarında Hafif Vasıta Araçlarındaki Enerji Yoğunluğu Değerleri.....	23
<b>Tablo 2.5:</b> 1990-2008 Yılları Arası Bölgelere Göre Ulaşımında Enerji Yoğunluğu Değerleri.....	25
<b>Tablo 3.1:</b> 2016 İtibariyle İspatlanmış Petrol Rezervlerinin Ükelere Göre Dağılımı .....	34
<b>Tablo 3.2:</b> 2016 İtibariyle İspatlanmış Kömür Rezervlerinin Ükelere Göre Dağılımı .....	40
<b>Tablo 3.3:</b> 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerin Kömürden Elektrik Üretim Maliyetleri ..	42
<b>Tablo 3.4:</b> 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerde Doğalgazın Elektrik Üretim Maliyetleri	47
<b>Tablo 3.5:</b> 1991-2015 Yılları Arasında Bazı Ülkelerde Doğalgaz Santrallerinin Yatırım Maliyetlerinde ve Verimlerinde Yaşanan Değişimler .....	48
<b>Tablo 3.6:</b> 2016 İtibariyle İspatlanmış Doğalgaz Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı .....	50
<b>Tablo 3.7:</b> 2016 İtibariyle İspatlanmış Doğalgaz Rezervlerinin Ükelere Göre Dağılımı .....	51
<b>Tablo 3.8:</b> 2016 İtibariyle Nükleer Reaktörlerin Ükelere Göre Dağılımı, Nükleer Üretim Kapasiteleri ve Elektrik Üretiminde Nükleer Enerjinin Payı .....	57
<b>Tablo 3.9:</b> 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerde Nükleer Santrallerin Maliyetleri .....	59
<b>Tablo 3.10:</b> 1991-2015 Yılları Arasında Bazı Ülkelerde Nükleer Santrallerin Yatırım Maliyetleri ve Yaşanan Yüzdesel Değişimler.....	60
<b>Tablo 3.11:</b> Dünyada Tahmin Edilen Kaya Gazı Rezervlerinin Ükelere Göre Dağılımı .....	64

<b>Tablo 3.12:</b> Dünyadaki Toplam Rüzgar Kurulu Gücünün Ülkelere Göre Dağılımı .	69
<b>Tablo 3.13:</b> 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerde Rüzgar Enerjisinin Maliyetleri.....	72
<b>Tablo 3.14:</b> 2015 İtibariyle Fotovoltaik Modüllerin Bazı Ülkelerdeki Maliyetleri ..	79
<b>Tablo 3.15:</b> 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerde Hidroelektrik Enerjinin Maliyetleri .....	91
<b>Tablo 3.16:</b> 2015 İtibariyle Jeotermal Enerjinin Bazı Ülkelerdeki Maliyetleri .....	95
<b>Tablo 3.17:</b> Enerji Kaynaklarının Yıllara Göre Küresel Birincil Enerji Tüketimindeki Payları.....	103
<b>Tablo 4.1:</b> 2000 Yılı İtibariyle Türkiye'de Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretim Maliyetleri.....	120
<b>Tablo 4.2:</b> 1980-2002 Arasında Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimindeki Payları .....	124
<b>Tablo 4.3:</b> 1980-2002 Arasında Türkiye'de Birincil Enerji Tüketimi ve Kaynaklarının Payları.....	125
<b>Tablo 4.4:</b> 1990-2000 Arasında Türkiye'nin Sektörler Bazında Enerji Tüketimi ...	126
<b>Tablo 4.5:</b> 1995-2001 Arasında Türkiye'nin Sanayide Enerji Yoğunluk Değerleri	127
<b>Tablo 4.6:</b> 2005 İtibariyle Bazı Ülkelerde Yakıt Maliyetinin Toplam Kömür Maliyetindeki Payı .....	132
<b>Tablo 4.7:</b> 2014 İtibariyle Bazı Ülkelerde Elektrik Kayıp-Kaçak Oranları .....	142
<b>Tablo 4.8:</b> 2002-2015 Yılları Arasında Türkiye'deki Elektrik Üretiminde Kaynakların Payları.....	143
<b>Tablo 4.9:</b> 1980-2016 Yılları Arasında Türkiye'deki Birincil Enerji Tüketimi .....	144
<b>Tablo 4.10:</b> 2000-2015 Arasında Türkiye'nin Sektörler Bazında Enerji Tüketimi .	146
<b>Tablo 4.11:</b> 1950-2016 Arası Enerji Kaynaklarının Türkiye Birincil Enerji Tüketimindeki Payları.....	148
<b>Tablo 4.12:</b> Türkiye Üretilbilir Kömür Rezervleri ve Elektrik Kurulu Güç Potansiyelleri.....	152
<b>Tablo 4.13:</b> Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli .....	155
<b>Tablo 4.14:</b> Türkiye'de Bölgelere Göre Yıllık Ortalama Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süresi.....	156
<b>Tablo 4.15:</b> Türkiye'nin Biyokütle Potansiyeli .....	156

<b>Tablo 4.16:</b> Türkiye'deki Ortalama Dalga Yoğunluk Değerleri.....	158
<b>Tablo 5.1:</b> 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerin Kömür Dışalım ve Tüketim Miktarları .	164
<b>Tablo 5.2:</b> Türkiye'deki Yurtiçi Bor Satışlarının Sektörlere Göre Dağılımı .....	172
<b>Tablo 5.3:</b> Bazı Ülkelerde Duvar, Çatı ve Zeminlerin Minimum Isıl Geçirgenlik Değerleri.....	183
<b>Tablo 5.4:</b> Türkiye'de Bazı Sanayi Kollarının Enerji Tasarruf Potansiyelleri .....	185
<b>Tablo 5.5:</b> Türkiye'nin Uluslararası Ticarete Karşılaştırmalı Üstünlüğe Sahip Olduğu Sanayi Kollarının 2016 Satış Rakamları ve Bu Sanayi Kollarının Ülke İhracatındaki ve Dünya Ticaretindeki Payları.....	186
<b>Tablo 5.6:</b> 2010 İtibariyle Türkiye'nin Sanayi Sektörlerindeki Enerji Tüketimi ve GSYH Değerleri.....	187

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 3.1:</b> 2014-2040 Arası Petrol Talebinin Sektörlere Göre Öngörülen Dağılımı .	31
<b>Şekil 3.2:</b> 2016 İtibariyle İspatlanmış Petrol Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı .....	33
<b>Şekil 3.3:</b> 2016 İtibariyle İspatlanmış Kömür Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı .....	40
<b>Şekil 3.4:</b> 1960-2012 Yılları Arasında Dünya Nükleer Kurulu Güç Kapasitesi.....	55
<b>Şekil 3.5:</b> Yıllara Göre Dünyada Toplam Rüzgar Kurulu Gücü .....	70
<b>Şekil 3.6:</b> Yıllara Göre Küresel Fotovoltaik Üretim Kapasitesi .....	77
<b>Şekil 3.7:</b> 1920-2015 Yılları Arasında Küresel Birincil Enerji Tüketimi.....	101
<b>Şekil 4.1:</b> 1940-1980 Yılları Arasında Türkiye'deki Brüt Elektrik Üretimi.....	110
<b>Şekil 4.2:</b> 1950-1980 Yılları Arasında Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye'de Birincil Enerji Tüketimi .....	111
<b>Şekil 4.3:</b> 1980-2016 Yılları Arası Türkiye Birincil Enerji Tüketimi .....	145
<b>Şekil 4.4:</b> 1950-2016 Yılları Arası Türkiye Birincil Enerji Tüketimi .....	147
<b>Şekil 4.5:</b> 1983-2013 Yılları Arası Türkiye'de Birim Elektrik Üretim Maliyetleri .	149
<b>Şekil 5.1:</b> Türkiye'de Binalarda Tüketilen Enerjinin Kaynaklara Göre Dağılımı....	184

## KISALTMALAR

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AR-GE</b>	: Araştırma ve Geliştirme
<b>ARI</b>	: Advanced Resources International (Uluslararası Gelişmiş Kaynaklar)
<b>BEPA</b>	: Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası
<b>BM</b>	: Birleşmiş Milletler
<b>BMGK</b>	: Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi
<b>BOREN</b>	: Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü
<b>BOTAŞ</b>	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
<b>BP</b>	: British Petroleum
<b>BTC</b>	: Bakü-Tiflis-Ceyhan Petrol Boru Hattı
<b>BTE</b>	: Bakü-Tiflis-Erzurum Doğalgaz Boru Hattı
<b>BTEP</b>	: Bin Ton Eşdeğeri Petrol
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>ÇED</b>	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
<b>DİTAŞ</b>	: Deniz İşletmeciliği ve Tankerciliği Anonim Şirketi
<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri
<b>EIA</b>	: Energy Information Administration (Enerji Enformasyon Yönetimi)
<b>EİEİ</b>	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
<b>EPDK</b>	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
<b>ETKB</b>	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
<b>GEPA</b>	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
<b>GSYH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>GW</b>	: Gigawatt
<b>GWh</b>	: Gigawatt saat
<b>H<sub>2</sub>S</b>	: Hidrojen sülfür
<b>HES</b>	: Hidroelektrik Santral
<b>IEA</b>	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
<b>IMF</b>	: International Money Fund (Uluslararası Para Fonu)
<b>IRENA</b>	: International Renewable Energy Agency (Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı)
<b>İHD</b>	: İşletme Hakkı Devri
<b>İMKB</b>	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
<b>İTÜ</b>	: İstanbul Teknik Üniversitesi
<b>KDV</b>	: Katma Değer Vergisi
<b>KEP</b>	: Kilogram Eşdeğeri Petrol
<b>KHK</b>	: Kanun Hükmünde Kararname
<b>KRK</b>	: Kıbrıs Rum Kesimi
<b>KW</b>	: Kilowatt
<b>KWh</b>	: Kilowatt saat
<b>LNG</b>	: Liquefied Natural Gas (Sıvılaştırılmış Doğalgaz)
<b>LPG</b>	: Liquefied Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)

<b>MİLRES</b>	: Milli Rüzgar Enerji Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi Projesi
<b>MJ</b>	: Megajoule
<b>M.Ö.</b>	: Milattan Önce
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
<b>MTEP</b>	: Milyon Ton Eşdeğeri Petrol
<b>MW</b>	: Megawatt
<b>MWh</b>	: Megawatt saat
<b>NEA</b>	: Nuclear Energy Agency (Nükleer Enerji Ajansı)
<b>NGS</b>	: Nükleer Güç Santrali
<b>NO<sub>x</sub></b>	: Azotoksit
<b>OECD</b>	: Organization for Economic Cooperation and Economic Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
<b>OPEC</b>	: Organization of the Petroleum Exporting Countries (Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü)
<b>ÖTV</b>	: Özel Tüketim Vergisi
<b>PAH</b>	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
<b>PETKİM</b>	: Petrokimya Holding Anonim Şirketi
<b>PEM</b>	: Polimer Elektrolit Zar
<b>PİGM</b>	: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
<b>POAŞ</b>	: Petrol Ofisi Anonim Şirketi
<b>PV</b>	: Fotovoltaik
<b>REN21</b>	: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (21. Yüzyıl İçin Yenilenebilir Enerji Politikaları Ağı)
<b>RES</b>	: Rüzgar Enerji Santrali
<b>RMB</b>	: Renminbi
<b>REPA</b>	: Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası
<b>SO<sub>2</sub></b>	: Kükürtdioksit
<b>SO<sub>x</sub></b>	: Kükürtoksit
<b>TANAP</b>	: Trans-Anatolian Natural Gas Pipeline (Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı)
<b>TEAŞ</b>	: Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi
<b>TEDAŞ</b>	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
<b>TEK</b>	: Türkiye Elektrik Kurumu
<b>TEP</b>	: Ton Eşdeğeri Petrol
<b>TKİ</b>	: Türkiye Kömür İşletmeleri
<b>TMMOB</b>	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
<b>TPAO</b>	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
<b>TTK</b>	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>TÜPRAŞ</b>	: Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi
<b>TW</b>	: Terawatt
<b>TWh</b>	: Terawatt saat
<b>USD</b>	: ABD Doları
<b>USD/MWh</b>	: Megawatt saat başına ABD Doları

**USD/KW<sub>e</sub>** : Megawatt elektrik başına ABD Doları  
**YEGM** : Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü  
**Yİ** : Yap-İşlet  
**YİD** : Yap-İşlet-Devret  
**WEC** : World Energy Council (Dünya Enerji Konseyi)  
**WTO** : World Trade Organization (Dünya Ticaret Örgütü)  
**WWF** : World Wildlife Fund (Doğal Hayatı Koruma Vakfı)



## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu; günümüzde en temel gereksinimleri için bile enerjiye muhtaç konumda bulunmaktadır. Elektrikten ulaşıma, ısınmadan sanayileşmeye her şey enerji ile gerçekleşmektedir. Bu bağlamda enerji; ũlkelerin stratejik hedefleri belirlenirken en ũst sıralarda, hatta belki de en ũst sırada yer almalıdır. Çünkü kendi gereksinimini karşılamaya yetecek seviyede bulunan ũlke ve toplumlar, kendi kaderlerini ellerinde tutma şansı yakalayacak ve bu durum bu ũlkeleri uluslararası anlamda gũçlü kılacaktır. Diğer taraftan tarihin akışı incelendiğinde ũlkelerin gelişmişlik seviyeleri ile uyguladıkları enerji politikaları arasında yakın bir ilişki olduğu gũrũlecektir. 18. yũzyılda Sanayi Devrimi'ni gerçekleştiren İngiltere, Fransa, Almanya ve Belçika gibi ũlkeler, bunu kendi ũz kaynakları olan kŕmũrle hayata geçirmişlerdir. Bugũn de hızla gelişen ve dũnya sahnesinde giderek etkinliğini arttıran Çin'in bunu sahip olduğu kŕmũrũ kullanarak başardığı gũrũlmektedir. Bu bakımdan ũlkelerin uyguladıkları enerji politikalarının, ekonomik gelişmişlik ve kalkınma ũzerindeki rolũ tartışılmazdır.

Bu tezin ilk bŕlũmũnde enerji kavramı ve enerji politikalarını etkileyen faktŕrler ortaya konmuştur. Geçmişten gũnũmũze enerji politikalarının şekillenmesinde ve ilerleyen sũrelerde de enerji politikaları ũzerinde etkin rol oynaması muhtemel olan faktŕrler mercek altına alınmıştır.

İkinci bŕlũmde ise geçmişten gũnũmũze kullanılan konvansiyonel enerji kaynaklarının yanı sıra yenilenebilir enerji kaynakları ve gelecekte enerji tũketimi arasında yer alması oldukça muhtemel olan olası kaynaklar; dũnya genelinde yaratabileceği ekonomik etki ve fırsatlar, geçmişten gũnũmũze enerji arzı içindeki yerleri, olumlu ve olumsuz yanları ve neden olabilecekleri çevresel etkiler dikkate alınarak incelenmiştir.

Çalışmanın ũũncũ bŕlũmũnde ise kısaca 1980 ŕncesi enerji politikalarının ŕzeti sunulduktan sonra ŕzellikle 1980'den sonra etkisini iyice arttıran kũreselleřme ve neoliberalizmin etkileriyle dŕnũřũme uğrayan Tũrkiye'nin enerji politikaları masaya



yatırılmış, bu süreç 1980-2002 ve 2002 ve sonrası olmak üzere 2 döneme ayrılarak incelenmiştir. Bu süreçte yapılan enerji anlaşmalarının ve enerji üretim ve tüketim istatistikleri dikkatli bir şekilde incelenmiş, değerlendirmeler buna göre yapılmıştır. Sonrasında ise ülkenin enerji politikalarının daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi ve geleceğe ışık tutması açısından ülkenin sahip olduğu enerji kaynak ve potansiyellerine yer verilmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde de Türkiye'nin bünyesinde barındırdığı yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynak ve potansiyelleri ve jeopolitik konumu dikkate alınarak gelecek adına enerji bağlamında uygulayabileceği politika önerileri sunulmuştur.

Beşinci bölüm ise değerlendirme ve sonuç bölümüdür. Bu bölümde konuya ilişkin olarak yapılan değerlendirmelere yer verilmiştir.

## **2. ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ POLİTİKALARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

### **2.1. Enerji Kavramı**

İnsanlık tarihinin başlangıcından bu yana toplumlar, yaşamlarını sürdürebilmek için ihtiyaç duydukları enerjiye çeşitli yollarla ulaşmaya çalışmakta, bunu yaparken de birçok faktörü göz önünde bulundurmaktadırlar. Bunlar içerisinde en önemli olanları; enerjinin maliyeti ve enerjinin verimliliğidir. Enerjinin maliyeti, enerji politikalarının belki de en önemli belirleyicisi konumunda bulunmaktadır. Ülkeler; doğal olarak enerjiyi en ucuz maliyetle nasıl temin edebileceğini düşünmekte ve bu olgu, çoğu zaman enerji politikalarında en belirleyici faktör olmaktadır. Enerji verimliliği ise tüketilen enerji miktarını; üretimi ve kaliteyi düşürmeden, ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı olumsuz etkilemeden en aza indirilmesini ifade etmektedir. Yani mevcut enerji kaynakları; toplumsal maliyeti en alt seviyeye indirecek ve sosyal refahı en üst seviyeye çıkaracak şekilde kullanılmalıdır.

Bir başka önemli faktör ise enerji güvenliğinin sağlanmasıdır. Enerji politikaları oluşturulurken; mevcut kaynaklara ulaşımın güvence altına alınması, kaynakların çeşitlendirilmesi, kaynakların sürekliliğinin sağlanması, fiyat güvencesinin elde edilmesi gibi birçok olgunun göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bütün bunlar dikkate alındığı ve uygulandığı takdirde bu enerjinin maliyetinin de düşmesine katkı sağlayacaktır. Böylece ülke enerji maliyeti ve verimliliği yönünden avantajlı bir konuma geçecek ve geleceğe bu anlamda umutla bakabilecektir.

Enerji politikaları belirlenirken; göz önünde bulundurulması gereken bir diğer husus da enerji kaynaklarının neden olduğu çevresel etkilerdir. Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren özellikle sera gazı salınımlarının artmasıyla birlikte bu konu oldukça öne çıkmaya başlamıştır. Çünkü fosil ve nükleer yakıtların doğaya ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri iyice gözle görünür bir hal almış, bu yüzden ülkeler sera gazı salınımlarını azaltmak ve bunların yol açtığı çevresel etkilerin önüne geçebilmek için kademeli olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlamışlardır.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en çok öne çıkanlar ise rüzgar enerjisi, güneş enerjisi ve biyokütledir. Bu kaynaklar çevre dostu olmakla birlikte; yenilenebilir olduklarından tükenme gibi bir riskleri yoktur ve bu kaynakların önemi 21. yüzyıldan itibaren giderek artacaktır. İlerleyen yıllarda ve yüzyıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelen ve bu kaynaklardan yararlanmak için gerekli teknolojileri geliştiren ülkelerin diğer ülkelere göre avantajlı bir konumda olacaklarını öngörmek zor değildir.

## **2.2. Enerji Politikalarını Etkileyen Faktörler**

### **2.2.1. Enerji Güvenliği**

Enerji güvenliği kavramı; enerji politikaları planlanırken, oluşturulurken ve uygulanırken göz önüne alınan en önemli etkenlerden biridir. Enerji politikaları oluştururken kullanılan enerjinin güvence altına alınması, ülkelerin belki de en önemli önceliği konumundadır. Bunun ise birçok boyutu bulunmakta olup; enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, arz güvenliğinin sağlanması ve fiyat güvencesinin elde edilmesi; enerji güvenliğinin sağlanması noktasında en çok öne çıkan başlıklar olmaktadır.

Ülkeyi yöneten kişilerin; toplumun ve ekonominin gereksinim duyduğu enerjiyi sürekli olarak, güvenilir, temiz ve ucuz yollardan temin etmeleri ve enerji kaynaklarını da çeşitlendirmeleri büyük önem taşırken; diğer taraftan da petrol, kömür gibi konvansiyonel enerji kaynaklarının doğal çevreye verdiği zararı olabildiğince azaltmak için de devletlerin işin çevresel boyutunu da hesaba katmaları ve tüm bu faktörleri gözeterik kaynak çeşitliliğini sağlayacak enerji politikaları üretmeleri gerekmektedir.

Enerjide güvenlik kavramı; 1973 yılında yaşanan Petrol Krizi ile birlikte öne çıkmaya başlamıştır. Petrol, o döneme kadar Türkiye’de ve dünyada en fazla tüketilen enerji kaynağı konumundayken, kriz sonrası petrol fiyatlarının yükselmesi ile birlikte petrol dışalımını yapan ülkeler ekonomik olarak zor duruma düşmüşler ve bu durum; onların alternatif enerji kaynaklarına-özellikle yeni ve yenilenebilir kaynaklara-yönelmelerine sebep olmuştur. 1980’lerde petrol fiyatları düşmüş olsa da, petrol krizi sonrası gündeme gelen “enerji güvenliği” kavramı kalıcı olmuş ve “enerji

kaynaklarının çeşitlendirilmesi” enerji politikalarının önceliklerinden biri haline gelmiştir. Enerji güvenliği ve kaynak çeşitliliği kavramları, yenilenebilir enerji kaynaklarının da enerji politikalarının içinde yer almasına zemin hazırlamıştır.<sup>1</sup>

Enerjide dışa bağımlılığın önüne geçilebilmesi ve herhangi bir kaynaktan ileri gelecek azalma, kesilme veya devre dışı kalma gibi sorunlar ile karşılaşılması durumunda gerekli önlemlerin alınması; enerji çeşitlendirilmesi ile mümkün olabilecektir. Tek çeşit kaynağın yanı sıra; bir kaynağın diğerlerine göre daha yüksek oranda kullanımından sağlanacak enerjinin de bağımlılık yaratabileceği unutulmamalıdır. Böyle bir kaynağın sebep olabileceği kesilme, üretimde aksama gibi sorunlara çabuk ve hızlı çözümler üretilememesi halinde enerjide güvensizlik durumunun oluşması kaçınılmazdır. Bu noktada enerji güvenliğinin sağlanması için gerekli olan unsurları irdelemek yararlı olacaktır.

#### **2.2.1.1. Kaynak Çeşitlendirilmesi**

Kaynak çeşitlendirilmesini iki yönden ele almak mantıklı olacaktır. Bunlardan ilki toplam tüketilen enerji arasındaki kaynaklar arasındaki çeşitlilik, ikincisi ise kaynak sağlanan bölgeler arasındaki çeşitliliktir. Kaynak sağlanan bölgeler, bir ülkenin kendi sınırları içinde yer alan kendi öz kaynakları olabileceği gibi, dışalım yaptığı ülkeler anlamında da olabilmektedir.

Enerji tüketim havuzunda tek bir kaynağın payının diğerlerine göre yüksek olması; kaynağın yerli veya dışalım ile karşılanmasından bağımsız olarak bir enerji güvenliği sorunu yaratmaktadır. Bu durumda; söz konusu enerji türünden kaynaklanabilecek bir azalma veya kesilme yaşanması halinde; diğer kaynakların ülke gereksinimini karşılaması oldukça güçleşecektir. Diğer yandan yüksek oranda tüketilen kaynak, o ülkenin enerjide bağımlılık boyutunu da gösteren bir unsur olmaktadır. Bu kaynaktan sağlanacak enerjiye ilişkin dışalım anlaşmalarında da yine bağımlılık boyutunun pazarlık durumunu etkileme olasılığı oldukça yüksektir. Bu da doğal olarak ülke ekonomisi için zorlayıcı bir unsur olacaktır.

Kaynak sağlanan bölgeler arasındaki çeşitlilikte ise; kaynak ya da kaynakların ağırlıklı olarak belli bir bölgeden karşılanması, enerjinin arz güvenliğini olumsuz

---

<sup>1</sup> Zerrin T. Altuntaşoğlu, “Sürdürülebilir Kalkınma-Yenilenebilir Enerji ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanun Tasarısı Kanun Taslağı” **TMMOB 4. Enerji Sempozyumu Bildirileri, 10-12 Aralık 2003** (Ankara: Milli Kütüphane, 2003): 346-347.

yönde etkileyen bir faktör olmaktadır. Kaynak sağlanan bölgelerde meydana gelebilecek olası savaşlar, çatışmalar, doğal veya yapay yıkımlar, enerji iletim hatlarının zarar görmesine, dolayısıyla enerjinin sürekliliğinin sekteye uğramasına sebep olabilecektir. Kaynak sağlanan bölgenin sınırları ülke sınırları içerisinde olması durumunda iletimden kaynaklanabilecek kayıp, kaçak ve sızıntıların da dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle elektrik enerjisinde iletim hatları ne kadar uzun olursa kayıp oranı da o derece fazla olacaktır. Bu nedenle ülkedeki enerji kaynaklarının durumuna göre; kaynak çeşitliliğine gidilmesi enerji güvenliğinin sağlanması yönünden çok önemlidir.

Dışalımla sağlanan enerji kaynaklarında ise hem aynı kaynağın farklı ülkelerden sağlanması hem de kaynak türlerinin çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Ülke birden çok kaynağı dışalımla temin etme olanağı bulunurken tek bir kaynak türünün dışalımına ağırlık vermesi bağımlılık durumunu ortaya çıkaracaktır. Böyle bir durumda ise enerji fiyatlarını düşürme konusunda bir anlaşma için mevcut ülkenin pazarlık gücü de doğal olarak düşecektir.

#### **2.2.1.2. Arz Güvenliği**

Enerji politikaları oluşturulurken dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan birisi de arz güvenliğinin sağlanmasıdır. Günümüz ve gelecekteki enerji taleplerinin doğru olarak belirlenmesi ve enerji arzının bu talepleri karşılayacak nitelikte olması gerekmektedir. Bu noktada öncelikle yapılması gereken şey; söz konusu ülkenin yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji potansiyelinin doğru olarak belirlenmesi ve mevcut potansiyelin ülkenin enerji gereksinimini günümüz ve gelecekte hangi oranda karşılayacağına yaklaşık olarak saptanmasıdır. Ancak bu yapıldıktan sonra ülke arz güvenliğinin sağlanması konusunda sağlıklı adımlar atabilecek ve akılcı enerji politikaları geliştirmesi mümkün olabilecektir.

Enerjide arz güvenliğini ele alırken; bunu kısa ve uzun vadeli arz güvenliği şeklinde ayrı olarak incelemek yerinde olacaktır. Kısa vadeli arz güvenliğinde; söz konusu ülkenin mevcut enerji kaynakları ve potansiyeli göz önüne alındığında, ülkenin enerji talebini yaklaşık olarak doğru tahmin edileceğini varsayarsak; 10 ile 15 yıl arası süreyle arz güvenliğini sağlamaya yönelik akılcı, tutarlı politikalar üretmek mümkün olabilir. Bu süre zarfı içerisinde eğer yenilenebilir enerji kaynaklarına o döneme kadar kayda değer miktarda yatırım yapılmamış ise, enerji ihtiyacının

karşılanmasında-biraz da mecburiyetten-yenilenemeyen enerji kaynaklarına yönelmek makul olacaktır. Örneğin; kömür miktarının yenilenemeyen enerji kaynakları içerisinde görece yüksek olduğu bir ülkede; özellikle elektrik enerjisi ve ısınmada kömüre yönelmek ucuz ve işletilmesi kolay olduğundan mantıklı olabilir. Böylece bu süreç içerisinde enerji bağımsızlığının sağlanması konusunda da önemli bir adım atılmış olacaktır. Diğer yandan kömürün ve diğer yenilenemeyen kaynakların çevreye ve insan sağlığına sebep olabileceği olumsuz etkiler de göz ardı edilmemelidir. Öte yandan, yenilenebilir enerji kaynaklarına önemli oranda yatırım yapmış bir ülkeden söz ediyor isek, söz konusu ülkenin yenilenemeyen enerji kaynakları belirli bir süre sonra biteceğinden enerji üretimi içerisinde rüzgar, güneş, biyokütle vb. yenilenemeyen enerji kaynaklarının payını söz konusu ülkenin yenilenemeyen enerji potansiyeli ve coğrafi koşullarına göre artırması akıllıca olacaktır. Örneğin; ekvatora yakın, güneş enerjisi potansiyeli yüksek ve daha önce bu alanda yatırım yapmış bir ülkeden bahsediyorsak, bu ülkenin söz konusu süreç içerisinde güneş enerjisine yatırım yaparak onu geliştirmesi hem kısa vadede hem uzun vadede o ülkenin enerji sektörüne büyük katkı sağlayacaktır.

Uzun vadeli arz güvenliğine bakıldığında ise; ülkenin mevcut enerji kaynakları ve potansiyeli irdelendiğinde yaklaşık 50 yıllık bir enerji stratejisi belirlenmektedir. Enerji stratejisi belirlenirken bu süreç içerisinde enerji talebinin hangi seviyelere çıkabileceği konusuna özen gösterilmeli, dolayısıyla ülke nüfusunun artış hızı da göz önüne alınarak bu konuda sağlıklı öngörülerin yapılması gerekmektedir. Öte yandan uzun vadeli arz güvenliği ele alınırken yenilenemeyen enerji kaynakları bir süre sonra tükeneceğinden, yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık verilmesi daha makul olacaktır. Bunu yaparak, uzun vadede hem enerjide üretim maliyeti kademeli olarak azalacak hem de söz konusu ülke enerji bağımsızlığını sağlamada devasa bir adım atmış olacaktır. Bu durum söz konusu ülkeyi ekonomik ve siyasi arenada da daha güçlü kılacaktır.

Uzun vadeli arz güvenliğini sağlama konusunda gözetilmesi gereken hususlardan biri de dünyada enerji sektöründeki gelişmeleri dikkatle takip etmek olmalıdır. Dünyada enerji alanında kayda değer bir yenilik ya da gelişme yaşandığı takdirde olası gelişmelerden kesinlikle geri kalınmamalıdır. Hatta ilgili ülkenin yeraltı ve yerüstü kaynaklarını tekrar gözden geçirerek özellikle bu alanlardaki teknolojik gelişmeleri

takip etmesi ve ileriki dönemlerde o alanlarda yatırımlar yapması o ülkeye uzun dönemde enerji sektöründe önemli kazanımlar getirebilecektir.

Arz güvenliğini irdelerken söz edilmesi gereken başlıklardan birisi de jeopolitik gerçekliklerdir. Hiçbir ülke izole değildir. Bulunduğu özel ve jeopolitik konum itibarıyla enerji politikalarını şekillendirmektedir. Bu noktada, ülkelerin enerji kaynaklarına-özellikle petrol ve doğalgaz-göre konumu ve söz konusu kaynaklara ulaşımı ülkelerin enerji politikalarını belirlemede çok önemli bir rol oynamaktadır. Ülkelerin, komşularıyla ve çevresindeki ülkelerle olan enerji ilişkileri aynı zamanda siyasi ilişkilerini de etkilemektedir. Bunun tersi de geçerlidir. Bu durumda, arz güvenliğini güvence altına almaya çalışan bir ülkenin çevresindeki petrol ve doğalgaz zengini ülkelerle yapıcı ve pozitif ilişkiler kurması gerekmektedir. Hatta mümkünse uzun vadede arz güvenliğini sağlama konusunda o ülkelerle ekonomik ve siyasi ittifaklar kurulması için de çaba göstermelidir. Ancak söz konusu ülkelere bu yönden bağımlı hale de gelinmemelidir. Bu yüzden enerji arzının sağlayacağı ülke ve kaynaklar çeşitlendirmeli ve bu ülkelere karşı elinde siyasi ve ekonomik kozlar bulundurmalıdır.

### **2.2.1.3. Fiyat Güvencesi**

Fiyat güvencesi ve arz güvenliği aslında birbirleriyle oldukça yakın ilişki içinde olan kavramlardır. Fiyat güvencesinin sağlanmasını, bir noktada arz güvenliğinin bir boyutu olarak değerlendirmek mümkündür. Enerji güvenliği, mevcut kaynakların sadece üretimlerinin gerçekleşmesi ve rezervlerinin doğru olarak saptanmasını değil; aynı zamanda bu kaynakların güvenli bir şekilde yerine ulaştırılmasını ve sürekliliğinin sağlanmasını da kapsamaktadır. Arz güvenliği ne kadar iyi sağlanırsa, fiyat güvencesinin sağlanması da o ölçüde kolaylaşacaktır.

Fiyat güvencesinin elde edilmesi için öncelikli olarak yapılması gerekenler enerjide çeşitliliği sağlamak ve enerjide dışalım yapılan ülke sayısını artırmak olmalıdır. Enerji kaynakları konusunda seçenekler ne kadar fazla olursa, sonraki yıllar içinde enerjide maliyeti düşürmek hususunda o derece avantajlı konuma geçilmiş olunacaktır. Bunlara ek olarak enerjide verimliliğin artırılması da otomatik olarak enerji maliyetini düşürecektir. Örneğin; rüzgar ve güneş enerjilerine yatırım yapıldığını düşünelim. İleriki kısımlarda da detaylı olarak inceleneceği üzere rüzgar

ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarında kurulum aşamasından sonra maliyeti kademeli olarak düşürmek son derece mümkündür. Elbette ki enerji maliyetini düşürmek yenilenemeyen enerji kaynakları için de mümkündür. Dünyada yıllar geçtikçe bu alanda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Örneğin en çok tüketilen yenilenemeyen enerji kaynağı olan petrolde verimlilik yıllar geçtikçe önemli ölçüde artmış, dolayısıyla enerji maliyeti de giderek azalmıştır. Örneğin ABD'ye bakıldığında 1974 yılında galon başına 14 mil giden otomobiller, 1985 yılına gelindiğinde 28 mil yapmaya başlamışlardır.<sup>2</sup> Benzer verimlilik artışları-daha az veya daha çok- diğer yenilenemeyen enerji kaynaklarında da görülmüştür. Bu sayede dünyanın geneline bakıldığında enerji maliyeti yıllar ilerledikçe kademeli olarak azalmış ve günümüze kadar bu şekilde gelinmiştir.

Öte yandan bir ülkenin enerjide dışalım yapabileceği ülke sayısı ne kadar fazla olursa enerji dışılımı konusunda yapacağı pazarlık ve sözleşmelerde eli o derece kuvvetli olacaktır. Çünkü bu durumda, enerji ihracatını gerçekleştiren ülkeler de söz konusu pazarlarını ve ulusal gelirleri için hayati bir kalem olan enerji kaynaklarından elde edecekleri kazançları yitirmek istemeyeceklerdir. Bir ülkenin yakın çevresinde özellikle petrol ve doğalgaz yönünden zengin en az 3 ülke bulunuyorsa, o ülkenin jeopolitik bakımdan avantajlı olduğu söylenebilir. Bu durumda o ülkenin enerji sözleşmeleri konusunda pazarlık gücü artacak ve diğer değişkenlere de bağlı olarak uygun enerji anlaşmalarını kotarması kolaylaşacaktır. Diğer taraftan bir ülkenin çevresinde dışalım yapabileceği ülke sayısı nispeten sınırlı ise; bu durumda söz konusu ülke enerji dışılımı yapacağı ülke veya ülkeler karşısında avantajlı bir enerji sözleşmesi yapabilmek adına elindeki diğer kozlara yönelmelidir. Bu farklı şekillerde olabilir. Örneğin ülke toprakları tarıma elverişli ise ve üst düzeyde tarım yapılıyorsa dışalım yapılan ülkenin söz konusu tarımsal ihtiyaçlarının giderilmesinde o ülkeye bu yönden kolaylıklar sağlanabilir. Öte yandan hammadde olanakları gözden geçirilerek enerji dışılımı yapılan ülkelere-onların bu düzlemdeki gereklerine bakılarak-bu ekseninde de işbirliğine gidilebilir. Diğer taraftan uluslararası ilişkiler bağlamında da işbirliği geliştirilip, ülkenin jeopolitik konumu da dikkate alınarak, dışalım yapılacak ülkelerle gerekirse siyasi ve askeri yönlerden-ulusal çıkarlar gözetilerek-bölgesel ve küresel boyutta yapılacak enerji anlaşmalarına paralel olarak

---

<sup>2</sup> Christopher Flavin, Nicholas Lenssen, **Enerjide Arayışlar** (İstanbul: TEMA Vakfı Yayınları, 1994), 45.



ittifaklar kurulabilir. Çünkü enerji, insanoğlunun en temel gereksinimlerinden biri olduğundan ülke yöneticileri için enerji ve fiyat güvencesinin sağlanması başlıca önceliklerden biri olmak durumundadır.

### 2.2.2. Enerjinin Maliyeti

Ülke ve devletler tarih boyunca enerji politikalarını oluştururken birçok etkeni göz önüne almış olsalar da; bunlar arasında en belirleyici etken enerjinin maliyeti olmuştur. Ülkeler; birçok faktörü dikkate alarak kendi ekonomik çıkarları doğrultusunda en avantajlı kararları almaktadırlar. Bu faktörlerin içinde; söz konusu enerji kaynaklarının yatırım, yakıt, ulaştırma, atık, yenileme ve işletme ve bakım maliyetleri gibi birçok değişken bulunmaktadır. Ancak bu değişkenler içinde-istisnalar olsa da-genel anlamda yatırım maliyetleri en önemli bileşen konumunda bulunmaktadır. Yatırım maliyetleri; inşaat sürecinde gerçekleşen maliyetlerin yanı sıra ruhsat alma, mühendislik ve işletim maliyetleri gibi inşaat öncesi ve dolaylı maliyetleri de içermektedir. Ayrıca söz konusu tesisin sahibinin, tesisle ilgili yaptığı kişisel harcamalar da bu maliyet kapsamının içinde bulunmaktadır.<sup>3</sup> Bunun dışında kömür, doğalgaz gibi kaynaklarda yatırım maliyetlerinin yanı sıra yakıt maliyetleri de önemli bir belirleyici bir faktördür. Öte yandan kömürün son yıllarda çevre ve ekosisteme yaydığı negatif dışsallıkların neden olduğu çevresel etkilerin azaltılması adına yeni kömür teknolojileri geliştirilmiş ve bu da-özellikle kömür santrallerini-günümüzde enerjinin maliyetini etkileyen önemli bir değişken haline gelmiştir.

Günümüzde bütün değişkenleriyle birlikte enerji maliyetlerini göstermek için en yaygın yöntem Enerjinin Seviyelendirilmiş Maliyeti (Levelized Cost of Energy) yöntemidir. Bu yöntemde; enerji tesislerinin yaşam boyu maliyetleri, söz konusu tesisin işletim süresi boyunca yapacağı üretime bölünmektedir. Bu yöntem; ömürleri, boyutları, sermaye maliyetleri, riski ve verimlilikleri birbirinden farklı olan enerji kaynaklarını birbirleriyle karşılaştırma olanağı sunması yönünden oldukça değerlidir.<sup>4</sup> Bu çalışmada da enerji kaynakları üretim maliyetleri yönünden değerlendirilirken bu yöntem kullanılacaktır.

<sup>3</sup> IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition** (2015), 31.

<sup>4</sup> <https://energy.gov/sites/prod/files/2015/08/f25/LCOE.pdf> (11.07.2017).

Enerjinin maliyetinin, enerji tüketiminde oynadığı rolü göstermek açısından bir örnek vermek gerekirse; Çin’de 2009-2010 yılları arasında rüzgar türbini fiyatları yaklaşık % 30 oranında azalmış ve 2010’da 29 MW olan rüzgar kurulu gücü 2012’ye gelindiğinde 61 MW’ye çıkmıştır.<sup>5,6</sup> Bu örnek enerji maliyetlerinin enerji politikalarını nasıl etkileyebileceğini çarpıcı bir şekilde göstermektedir.

Enerji maliyetlerinin düşmesinde etkili olan bir başka faktör de; üretici ve tüketicilerin, enerji kaynaklarına ilişkin zaman geçtikçe bilgi birikimlerinin giderek artması sonucunda söz konusu maliyetlerin daha hızlı bir şekilde düşmesini sağlayan tecrübe etkisidir. Logaritmik ölçekte bakıldığında doğrusal olan bu ilişki günümüzde “öğrenme etkisi” şeklinde tanımlanmaktadır.<sup>7</sup> Bu ilişkiyi formülle göstermek gerekirse:

$$C_{cum} = C_o Cum^m$$

şeklinde tanımlamak mümkündür. Burada;  $C_{cum}$  birim başına maliyeti,  $C_o$  üretilen ilk birimin maliyetini,  $Cum$  toplam üretimi,  $m$  ise tecrübe değişkenini ifade etmektedir. Yani üretim sırasında edinilen tecrübenin boyutu, yaşanacak maliyet düşüşünün düzeyini belirlemektedir. Kazanılan söz konusu tecrübenin boyutu, gelişim oranı şeklinde de tanımlanmaktadır. Bu oran; toplam üretimin 2 kat arttığı her durumda birim maliyetin azalış oranını ifade etmektedir. Örneğin gelişim oranı % 80 olan bir teknolojiye, öğrenme oranı % 20’ye eşit olup toplam üretimin 2 kat arttığı her durumda maliyet % 20 oranında azalmaktadır.<sup>8</sup>

Enerjinin maliyeti, ilerleyen yıllarda da-her ne kadar çevresel duyarlılık son yıllarda artmış olsa da-enerji politikaları belirlenirken en önemli faktör olma özelliğini sürdüreceği gibi gözükmektedir.

<sup>5</sup> IRENA, **Renewable Power Generation Costs in 2014** (2015), 59.

<sup>6</sup>

[https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=0000000000000000000000g&c=ruvvvvvfvtnvvvlurvvvfvvvvvfvvvvov20evvvvvvvvvnvvvvo&ct=0&tl\\_id=2-A&vs=INTL.37-7-AFG-MK.A&cy=2014&vo=0&v=H&start=1981&end=2015](https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=0000000000000000000000g&c=ruvvvvvfvtnvvvlurvvvfvvvvvfvvvvov20evvvvvvvvvnvvvvo&ct=0&tl_id=2-A&vs=INTL.37-7-AFG-MK.A&cy=2014&vo=0&v=H&start=1981&end=2015) (11.07.2017).

<sup>7</sup> M. Junginger, W. Van Sark, A. Faalj, **Technological Learning in the Energy Sector: Lessons for Policy, Industry and Science** (Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2010), 9-10.

<sup>8</sup> age, 11.

### 2.2.3. Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği makroekonomik düzeyde bakıldığında, tüketilen birim enerji başına bir ülkede üretilen mal ve hizmetlerin miktarını ifade etmektedir. Enerjide verimliliği artırmak, enerji politikaları oluşturulurken ve uygulanırken temel önceliklerden birisi olmalıdır. Çünkü enerjide verimlilik düzeyi ne derece artarsa enerji başına düşen birim maliyet o derece azalacak ve bu durum ülke ekonomisine de doğal olarak önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Enerjide verimliliği ve performansı artırma politikasının diğer ülke ve bölgelerden bu yönde geri kalınmaması için süreklilik arz etmesi gerekmektedir. Ülkeyi yöneten kişilerin bu konudaki farkındalıkları büyük önem arz etmektedir.

Bir önceki kısımda da değinildiği üzere; enerji kaynaklarında-yenilenemeyen ve yenilenebilir- verimliliğin artırılması son derece mümkündür ve bu doğrultuda her iki alanda da günümüze kadar önemli ilerlemeler sağlanmış ve enerji verimliliğinde yıllar ilerledikçe-farklı ölçeklerde de olsa-kademeli olarak artış yaşanmıştır. Bu alana yönelik çalışmalar yapıldığı sürece de verimlilik artışının süreceğini öngörmek zor değildir.

Bir ülkenin enerji verimliliğini ekonominin genel yapısı ve sanayi dallarının verimlilikleri de dahil olmak üzere (örneğin demir-çelik sanayi, iletişim sanayinden çok daha yüksek miktarda enerji tüketir.) birçok faktör etkilemektedir. Enerji verimliliği, artık tıpkı işçi verimliliği gibi ekonomik gelişmenin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmeye başlanmış, hatta günümüzde onun önüne bile geçmiştir. Çünkü enerjide bugüne kadar kaydedilen teknolojik gelişmeler göstermiştir ki enerjide verimliliğin artırılabilme kapasitesi işçilerden çok daha yüksektir. Bunda elbette ki insan vücudunun sınırlarının da payı vardır.

Enerjinin zaman içindeki gelişimine bakıldığında örneğin odundan muma, balina yağından gaz yağına geçildiği sırada çevrenin aydınlatılması daha az enerji harcayarak gerçekleştirilmiştir. Örneğin Thomas Edison tarafından keşfedilmiş olan inkandesan ampulün bugünkü hali, gaz yağı ile karşılaştırıldığında tüketilen her watt enerji karşılığı beş kat fazla ışık sağlamaktadır ve bu ışığın kalitesi çok daha

yüksektir. 1980'li yıllarda kompakt floresan ampulün piyasaya sürülmesi aydınlatmada adeta yeni bir dönemi başlatmıştır.<sup>9</sup>

Bunların yanı sıra; binalar, otomobiller ve diğer sanayi kollarında kullanılan araçlarda da diğer bir deyişle enerji tüketen hemen her türlü alanda benzer tasarrufların veya kazançların elde edildiği ve gelecekte de edilebileceği rahatlıkla söylenebilir. Örneğin geçmiş yıllarda şömine, su ısıtıcıları, yemek fırınlarında büyük gelişimler gerçekleştirilmiştir ve gelecekte de bu cihazlarda başka tasarruflar sağlanabilecek birçok nokta bulunmaktadır. Öte yandan bir başka örnekte ise daha sağlıklı yalıtım, daha verimli çalışan motorlar vb. diğer yenilikler devreye sokuldukça ABD'de üretilen buzdolaplarının tükettiği elektrik miktarı 1972 ile 1992 yılları arasında yarı yarıya azalmıştır.<sup>10</sup>

Bir başka örnekte; ABD'nin Massachusetts eyaletindeki küçük bir şehirde bulunan bir dondurma fabrikası kloroflorokarbon gazıyla çalışmakta olan soğutma sistemini amonyak tabanlı bir sistemle değiştirerek elektrik tüketimini üçte bir oranında azaltmış ve bu sayede hem harcamalarında önemli miktarda tasarruf sağlamış hem de ozon tabakasını etkileyen kimyasal maddelerden kurtulmuştur. Ayrıca homojenleştirme ve pastörize etme işlemlerini yürütebilmek için yüksek verimde çalışan elektrik motorları devreye sokulmuştur. Atılan bu adımlar sayesinde bir galon dondurma yapabilmek için harcanan elektriğin maliyeti 7.5 sentten 5.5 sente düşmüştür.<sup>11</sup>

Enerjide verimliliği irdelerken kojenerasyon kavramından da söz etmek yerinde olacaktır. Kojenerasyon, ısı ve elektriğin bir arada üretilerek enerjiden çok daha verimli bir şekilde yararlanmayı mümkün kılan bir yöntemdir. Bu tür sistemlerde, elektrik üretiminde oluşan gaz halindeki atık ısıdan, diğer sanayi işlemleri veya bir binanın ısıtılması için yararlanılmaktadır. Böylece yakıtın içindeki enerjinin yüzde 90'ından yararlanma olanağı doğmakta ve birçok elektrik santralında görülen yüzde 33'lük verimliliğin çok üzerine çıkılabilmektedir. Geçmiş yıllarda piyasaya sürülmüş verimli dizel veya gaz türbini jeneratörü küçük çapta kojenerasyon olanaklarını oldukça cazip kılmıştır ve nitekim kojenerasyonun sağladığı avantajları kaçırmak

---

<sup>9</sup> Flavin, Jenssen, **age**, 79.

<sup>10</sup> **age**, 82.

<sup>11</sup> **age**, 84.

istemeyen Amerikan sanayisi, sahip olduğu kojenerasyon kapasitesini 1979 yılındaki 10.5 gigawattan 1991 yılında 37.1 gigawata çıkarmıştır.<sup>12</sup>

Elektronikte sağlanan gelişmeler sayesinde elektriğin aktarılması ve dağıtımında da büyük yenilikler yaşanmıştır. Örneğin amorf metal transformatörler, klasik saç gövdelilere kıyasla yüzde 70-90 daha az enerji tüketir duruma gelmiştir.<sup>13</sup> Diğer taraftan doğal gazı pompalama sırasında yararlanılan kompresör istasyonlarının verimliliği de sürekli olarak artırılmaktadır.

Öte yandan daha verimli sanayi işlemlerine doğru yöneliş, fazla enerji tüketen malzemelerden uzaklaşmaya paralel olarak gelişmiştir. Örneğin yine ABD’de sıradan bir ofis binasında kullanılan çelik miktarı, otuz yıl öncesine göre yaklaşık üçte bir oranında azalmıştır. Otomobil üretiminde daha da fazla tasarruf sağlanmıştır. İletişim alanında 1000 kilo bakır telin yerini 25 kiloluk fiber-optik kablolar almaya başlamıştır. Bakıra olan talebin azalması ve fiber-optik kablolarda iç dirençten kaynaklanan herhangi bir kaybın söz konusu olmamasından dolayı bilgi aktarımı sahasında gereken enerji yüzde 95 oranında düşmüştür.<sup>14</sup>

Diğer taraftan yürütülecek uygun, akılcı enerji politikalarıyla binalarda da verimliliği arttırmak oldukça mümkündür. Almanya’da yapılan çalışmalar sonucunda 1978 yılından itibaren inşa edilen binalarda birim enerji tüketimi kat başına % 70 oranında azalmıştır. Ayrıca 2002’den beri belirlenen standartlara göre yenileme çalışmaları tamamlanan binalarda ise enerji verimliliği % 30 artış göstermiştir. ABD’de ise Ulusal Araştırma Konseyi’nin yaptığı hesaplamalara göre; 20 yıl için binaların verimliliğini yükseltmek adına yapılacak toplam 440 milyar dolarlık harcamanın; yıllık 170 milyar dolar enerji tasarrufu yaratabileceği belirtilmektedir.<sup>15</sup>

Yukarıdaki örneklerde de gördüğümüz gibi geçmiş yıllarda enerji verimliliği alanında çok önemli gelişmeler kaydedilmiş, adeta çağ atlanmıştır. Önümüzdeki yıllarda da bu trend muhtemelen sürecektir. Bu yüzden enerjide verimliliği artırma politikası, diğer ülkelerden bu minvalde geri kalmamak ve çağdaşlaşmayı sağlayabilmek için süreklilik arz etmek durumundadır. Bu noktada ülke yöneticileri

---

<sup>12</sup> age, 85.

<sup>13</sup> age, 85.

<sup>14</sup> age, 86.

<sup>15</sup> Richard K. Lester, David M. Hart, **Unlocking Energy Innovation** (Cambridge: MIT Press, 2012), 79.

sanayi kollarına yatırım yapmak isteyen girişimcileri maddi ve manevi olarak gereken her türlü desteği vermeli ve onlara her türlü olanağı sunmalıdır. Bunların yanı sıra AR-GE faaliyetlerine de gereken önemin verilmesi gerekir. Ülke yöneticilerinin bütün bunların bilincinde olması kilit önem taşımaktadır. Burada önemli olan durumun öneminin farkında olmaktır. Eğer bu farkındalık mevcutsa gerisi kendiliğinden gelecektir.

#### **2.2.4. Enerji Yoğunluğu**

Enerji politikaları oluşturulurken üzerinde durulması gereken en önemli hususlardan biri de enerjinin verimli kullanımı ve enerji yoğunluğunu düşürmek olmalıdır. Herhangi bir ülkede veya bölgede enerji yoğunluğu ne ölçüde azalırsa, enerji teminine ödenen ekonomik meblağ da azalacak ve ekonomik kalkınma da o derece kolaylaşacaktır. Enerji yoğunluğu; bir ülkede veya bölgede toplam enerji tüketiminin gayri safi yurtiçi hasılaya (GSYH) bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Enerji yoğunluğu; ülkeden ülkeye, sektörden sektöre ciddi farklılıklar göstermektedir. Enerji yoğunluğunu, ülkeler ve sektörler olmak üzere ayrı olarak incelemek yerinde olacaktır.

#### 2.2.4.1. Ülkelere Göre Enerji Yoğunluğu

**Tablo 2.1: Ülkelere Göre Enerji Yoğunluğu**

Ülke	Enerji Yoğunluğu TEP/Bin Dolar
ABD	0,14
Almanya	0,10
Arjantin	0,11
Avustralya	0,12
Büyük Britanya	0,07
Brezilya	0,10
Çin	0,18
Fransa	0,09
Güney Kore	0,16
Hindistan	0,12
Hollanda	0,10
İran	0,19
İsveç	0,12
İtalya	0,07
Japonya	0,10
Kanada	0,19
Meksika	0,10
Rusya	0,22

Kaynak: IEA, **Key World Energy Statistics 2016**, 49.

Tablo 2.1’de bazı ülkelerin 2014 itibariyle enerji yoğunluk değerleri verilmekle birlikte; söz konusu değerlere bakıldığında genel anlamda gelişmiş ülkelerin-son yıllarda makas biraz kapanmış olsa da-daha düşük enerji yoğunluğuna sahip olduğu görülmektedir. Oysa gelişmekte olan ülkeler, kalkınıp gelişmiş ülke sınıfına geçiş yapabilmeleri adına enerjiye gelişmiş ülkelere göre daha fazla gereksinim duymaktadırlar. Diğer yönden bakılacak olursa da enerjide yoğunluk endeksinin önemli bir gelişmişlik göstergesi olduğu rahatlıkla söylenebilir.

## 2.2.4.2. Sektörlere Göre Enerji Yoğunluğu

### 2.2.4.2.1. Binalarda Enerji Yoğunluğu

2015 itibariyle dünya toplam nihai enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri ve toplam elektrik tüketiminin yarısından fazlası binalarda tüketilmektedir.<sup>16</sup> Bu da dünya genelinde binalarda sağlanacak verimlilik artışlarının ve enerji yoğunluğunun azaltılmasının; ülkelerin enerji faturalarını önemli ölçüde azaltacağını ve-özellikle gelişmekte olan ülkelerin-ekonomik kalkınma sürecini hızlandıracağını net bir şekilde göstermektedir. Bu bağlamda ülkeler veya örgütler ölçeğinde yürütülecek AR-GE çalışmaları büyük önem arz etmektedir.

Geçmişten günümüze yapılan çalışmalar sonucunda dünyanın birçok yerinde bu yönde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Örneğin AB ülkelerinde 2008-2013 yılları arasında; daha efektif aletler, ışıklandırma, ısıtma ve yalıtım sistemlerinin devreye alınmasıyla, yılda ortalama % 2,6 enerji tasarrufu sağlanırken; 2003-2013 arasında ise yerel binalarda 50 MTEP değerinde tüketim artışı önlenmiş ve bu süreçte binalarda enerji talebindeki artışa rağmen toplam enerji tüketimi azalmıştır.<sup>17</sup> Öte yandan yine AB ülkelerinde pencerelerin % 50'si çift camlı olup bu pencerelerde ısı kaybı, tek cama göre % 70 daha düşüktür. Bunun dışında binalardaki ısı kaybının en yüksek olduğu bölge olan çatılarda yalıtım AB ülkelerinde % 40 civarında iken Almanya, Fransa ve İsveç gibi AB ülkelerinde kiracı ve ev sahibi ayrımı yapılmaksızın ısı yalıtımı yaptıracak kişilere, yalıtım malzemelerinin alımı için uzun vadeli, düşük faizli kredi uygulaması yapılarak; ısı yalıtımı devlet tarafından özendirilmekte ve tüketiciler bu yönde teşvik edilmektedir.<sup>18</sup> AB ülkelerinde 2000-2015 yılları arasında binalardaki enerji tüketimi önemli ölçüde azalış göstermiştir. 2000'de konut başına 1,67 TEP olan enerji tüketimi, 2015'de 1,37'ye inmiştir. Isıtma için ise 2000'de m<sup>2</sup> başına 14.091 KEP enerji tüketilirken; bu rakam 2015'de 10.169'a düşmüştür.<sup>19</sup>

Bir başka örnek vermek gerekirse; ABD'de 2000'li yıllarda giderek yaygınlaşan binalarda kullanılan Enerji Enformasyon Sistemleri'nin giderek yaygınlaşması

<sup>16</sup> IEA, **World Energy Outlook 2015**, 400.

<sup>17</sup> **age**, 389-390.

<sup>18</sup> Serdar İskender, **Asrın Çözülemeyen Problemi Enerji** (Ankara: TUTEV Yayınları, 2007), 183.

<sup>19</sup> <http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html> (12.09.2017).



sonucunda birçok eyalette yapılan çalışmaya göre; 2008’de binalarda enerji yoğunluğu yaklaşık 100 kBtu/sf (British termal unit/square feet) iken 2013’de bu rakam 80’in altına düşmüştür. Bu süreçte binalardaki soğutma kuleleri ve buhar kapanları değişmiş ve çeşitli aralıklarla binalara söz konusu sistemin sürüm yazılımları yüklenmiştir. Yapılan değişikliklerin etkisiyle bu süre zarfında binalarda enerji yoğunluğunun kısa sürede önemli ölçüde azaldığı görülmektedir.<sup>20</sup>

Çin’de de son yıllarda çıkarılan yasalar ile birlikte binalarda enerji tasarrufunun üst seviyelere çıkarılması amaçlanmaktadır. 2011’de çıkarılan bir yasa ile ülkedeki ticari binaların; 2015’in sonuna kadar enerji tüketimlerini m<sup>2</sup> başına % 10, 20.000 m<sup>2</sup>’den büyük ticari binaların ise % 15 azaltmaları zorunlu hale getirilmiştir. Öte yandan 2013’de yürürlüğe konan “Yeşil Binalar Eylem Planı”na göre; konutlarda 2015 sonuna kadar 121 milyon m<sup>2</sup>’den fazla alanın yenilenmesi ve ülkenin kuzey bölgesindeki iyileştirmeye uygun tüm ticari binaların 2020 sonuna kadar yenilenmesi hedeflenmektedir.<sup>21</sup>

Bina sektöründe ilerleyen yıllarda enerji yoğunluğunun azaltılması halinde enerji faturaları ve küresel ısınmayı tetikleyen sera gazı salınımları yüksek miktarda düşecektir. IEA’nın 2015’de yayınladığı World Energy Outlook raporundaki Yeni Politikalar Senaryosuna göre; bina sektöründe sadece ışıktandırmada gereken iyileştirmelerin yapılması halinde 2030’a kadar binalarda enerji tüketiminin 26 MTEP azaltılabileceği ve 43 milyar doların üzerinde enerji tasarrufu sağlanabileceği düşünülmektedir.<sup>22</sup> Toplamda ise 2040’a kadar yaklaşık 250 MTEP değerinde verimlilik artışından kaynaklanan enerji tasarrufu sağlanacağı öngörülmektedir.<sup>23</sup>

#### **2.2.4.2.2. Sanayide Enerji Yoğunluğu**

2015 yılı verilerine göre dünyadaki toplam nihai enerji tüketiminin en büyük bölümünü yaklaşık % 40 ile sanayi sektörü oluşturmaktadır.<sup>24</sup> Bu nedenle enerji yoğunluğu bağlamında sanayi sektörü; en kritik bileşen konumunda olup, doğal olarak ülkelerin enerji yoğunluğunun azaltılması konusunda bu sektöre ağırlık

<sup>20</sup> Jessica Granderson, Guanjing Lin, **Building Energy Information Systems: Synthesis of Costs, Savings and Best-practice uses** (Springer, 2016), 1373.

<sup>21</sup> EIA, **International Energy Outlook 2016**, 105-106.

<sup>22</sup> IEA, **age**, 398.

<sup>23</sup> **age**, 400.

<sup>24</sup> **age**, 405.

vermesi çok önemlidir. Çünkü yüzdesel olarak; bina, sanayi ve ulaşım sektörlerinde enerji yoğunluğu aynı oranda azaltıldığı takdirde; ülke ekonomilerine en büyük katkı, toplam nihai enerji tüketiminde en çok paya sahip olmasından dolayı sanayi sektöründen gelecektir.

Son yıllarda dünyanın pek çok yerinde sanayide enerji yoğunluğunun azaltılması konusunda oldukça önemli ilerlemeler sağlanmıştır. AB ülkelerinde sanayi sektöründe enerji yoğunluğu 2005 yılı paritesine göre; 2000’de avro başına 0,1302 KEP (kilo eşdeğeri petrol) iken; bu miktar genel anlamda aşamalı olarak gerileyerek 2015’de 0,0962 KEP’e ulaşmıştır. Yani AB ülkelerinde 15 yıllık süreçte sanayide enerji yoğunluğu yaklaşık % 26 oranında azalmıştır. İmalat sanayinde ise; yine AB ülkelerinde, enerji yoğunluğu anlamında daha keskin bir düşüş yaşanmıştır. 2005 yılı paritesine göre; 2000’de avro başına 0,2 KEP olan enerjide yoğunluk oranı kademeli bir şekilde azalarak 2015’de 0,135 KEP’e gerilemiştir. Bu alandaki düşüş ise yüzdesel olarak % 35 olmuştur.<sup>25</sup> Öte yandan sanayide toplam enerji tüketimi 2004-2009 arası azalma eğilimi içinde olmuş, 2009 sonrası biraz artsa da, 2014’e gelindiğinde 2000 yılına oranla % 18 daha az enerji tüketimi gerçekleşmiştir.<sup>26</sup> Bu da söz konusu süreçte; sanayide enerji yoğunluğu konusunda kaydedilen ilerlemeyi net bir şekilde göstermektedir.

Japonya’da da yapılan çalışmalar ile sanayide enerji yoğunluğu önemli ölçüde azaltılmıştır. Hükümet tarafından çıkartılan enerji koruma yasaları ve üretici ve işyerlerinin söz konusu yasalara uyum çabaları ile 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizleri döneminde ülkedeki toplam enerji tüketiminde sanayinin, binaların ve ulaşımın oranı sırasıyla 4:1:1 iken 2006’da bu oran sırasıyla 2:1:1’e düşürülmüştür.<sup>27</sup> Çin’de ise enerji yoğunluğu 1996’da yaklaşık 8,7 MJ/RMB (megajoule/renminbi) iken 2010’da bu miktar yaklaşık 4,5’e gerilemiş ve enerji yoğunluğu yaklaşık % 46 oranında azalmıştır.<sup>28</sup>

---

<sup>25</sup> <http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html> (19.08.2017).

<sup>26</sup> <http://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/industry/industry01.pdf> (19.08.2017).

<sup>27</sup> Energy Conservation Center, Japan, **Japan Energy Conservation Handbook 2013**, 51.

<sup>28</sup> Jing Ke ve diğ., **China’s Energy Consumption Trends and Impacts of the Top-1000 Enterprises Energy-Saving Program and the Ten Key Energy-Saving Projects** (Berkeley Lab, 2012), 5.

Dünya ölçeğinde; demir-çelik, gıda, kimyasallar, demir dışı metaller, metal dışı mineraller, rafineri ve kağıt sektörleri enerji yoğun sektörler olarak değerlendirilmektedir. 2012’de OECD ülkelerinde sanayi sektöründeki toplam enerji tüketiminin % 54’ünü bu sektörler oluştururken; OECD dışı ülkelerde bu oran % 51 olmuştur.<sup>29</sup>

Sanayide enerji yoğunluğunun; sanayinin alt dallarında son yıllarda genel anlamda önemli düşüşler yaşadığı görülmektedir. AB ülkelerinde enerji yoğunluğu bazında 2000-2012 yılları arasında imalat sanayinde yaşanan değişimler aşağıdaki gibidir.

**Tablo 2.2: 2000-2012 Yılları Arasında AB Ülkelerinin İmalat Sanayinde Yaşanan Değişim Oranları**

Sektör	Yaşanan değişim (2000-2008) (%)	Yaşanan değişim (2008-2012) (%)
Tekstil	(-) 4,2	(-) 4,5
Ulaşım teçhizatı	(-) 3,4	(-) 3,7
Kimyasallar	(-) 2	(+) 0,2
Makine	(-) 1,7	(-) 2,2
Gıda	(-) 0,6	(-) 2,2
Birincil metaller	(-) 0,4	(-) 1,6
Metal olmayan sanayi	(-) 0,9	(-) 2,4
Kağıt	(+) 0,2	(-) 0,2

Kaynak: <http://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/industry/industry11.pdf> (19.08.2017).

Bunun dışında AB ülkelerinde 2014 itibariyle kimyasallar ve çelik sektörleri en çok enerji tüketen sanayi kolları olarak dikkat çekmektedir. 2000-2014 yılları arasında sanayi dallarının tükettiği enerji miktarları Tablo 2.3’deki gibi olmuştur.

<sup>29</sup> EIA, age, 117.

**Tablo 2.3: 2000-2014 Yılları Arasında AB Ülkelerinde Sanayi Kollarının Tükettiği Enerji Miktarları ve Yaşanan Yüzdesele Değişim**

Sektör	Tüketilen Enerji Miktarı (2000) (MTEP)	Tüketilen Enerji Miktarı (2014) (MTEP)	Yüzdesele Değişim (%)
Kimyasallar	59	52	(-) 11
Çelik	67	51	(-) 23
Kağıt	35	33	(-) 5
Metal olmayan mineraller	43	31	(-) 28
Gıda	31	28	(-) 9
Makine	20	18	(-) 10
Demir dışı metaller	11	8	(-) 27
Tahta	9	7	(-) 22
Ulaşım teçhizatı	6	8	(+) 33
İnşaat	6	6	0
Tekstil	11	4	(-) 63
Madencilik	3	2	(-) 33
Diğer sanayi kolları	28	18	(-) 35

Kaynak: <http://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/industry/industry04.pdf> (20.08.2017).

Çin’de ise yapılan çalışmalar sonucunda 2004-2014 yılları arasında çelik sanayinde 84 MTEP enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bu azalmada küçük çaplı çelik atölyelerinin kapatılması ve ülke çapında yürütülen “En yüksek enerji tüketen 1000 kuruluş ve 10 kilit proje” programı büyük rol oynamıştır.<sup>30</sup>

IEA’nın 2015’de yayınladığı Yeni Politikalar Senaryosuna göre; 1990-2013 yılları arasında yılda ortalama % 1,8 oranında artan sanayide enerji talebinin, 2013-2040 arasında yılda % 1,3 oranında artması beklenmektedir. Bu beklentilerin oluşmasında enerji verimliliğinin artmasının yanı sıra çelik ve çimento gibi enerji yoğun

<sup>30</sup> IEA, *age*, 389.

sektörlere yönelik talebin eskisine göre daha düşük bir oranda artacağı düşünülmesi etkili olmuştur. 1990-2013 arası çelik ve çimento üretimi sırasıyla yılda ortalama % 3,4 ve % 5,6 oranlarında artarken; 2040'a kadar söz konusu üretim oranlarının sırasıyla yılda % 0,7 ve % 0,3 oranlarında artacağı öngörülmektedir. Bu artış oranlarının düşmesinin en önemli nedeni ise-özellikle son 25-30 yılda-bu sektörlerdeki talep artışının lokomotif ülkesi konumunda olan Çin'de bu sektörlerdeki talebin büyük ölçüde doyum noktasına ulaşmış olmasıdır.<sup>31</sup>

Sanayi sektöründe gelecek yıllar için enerji verimliliğinin artırılması konusunda en büyük potansiyeli enerji yoğun olmayan sektörler taşımaktadır. IEA'nın 2015'de yayınladığı Yeni Politikalar Senaryosuna göre; söz konusu potansiyelin değerlendirilmesi halinde sadece 2030'a kadar 17 milyar dolar tasarruf edilebileceği öngörülmektedir.<sup>32</sup> 2040'a kadar ise toplam 194 MTEP değerinde enerji tasarrufu sağlanabileceği düşünülmektedir.<sup>33</sup>

#### **2.2.4.2.3. Ulaşımında Enerji Yoğunluğu**

Günümüzde dünya nihai enerji tüketiminin yaklaşık % 28'i ulaşım sektörüne ait olup bu tüketimin dörtte üçü karayolu ulaşımında gerçekleşmektedir. Karayolunda yapılan tüketimin de yaklaşık % 60'ı hafif vasıta araçlarıyla olmaktadır.<sup>34</sup> Yani ulaşımında gerçekleşen toplam nihai tüketimin yaklaşık yarısı hafif vasıta araçlarıyla gerçekleşmektedir. Bu bağlamda son yıllarda ulaşımında yaşanan enerji yoğunluğundaki değişimleri göstermek adına hafif vasıta araçlarındaki enerji yoğunluğu değerlerine bakmak oldukça yardımcı olacaktır. Tablo 2.4'de bazı ülkelerin 2000 ve 2013 yıllarındaki hafif vasıta araçlarındaki enerji yoğunluk değerleri yer almaktadır.

---

<sup>31</sup> age, 405.

<sup>32</sup> age, 398.

<sup>33</sup> age, 406.

<sup>34</sup> age, 402-403.

**Tablo 2.4: Bazı Ülkelerin 2000 ve 2013 Yıllarında Hafif Vasıta Araçlarındaki Enerji Yoğunluğu Değerleri**

Ülke	Yolcu taşımacılığı (2000) (MJ/pkm)	Yolcu taşımacılığı (2013) (MJ/pkm)	Arabalar (2000) (MJ/pkm)	Arabalar (2013) (MJ/pkm)
ABD (2014)	2.3	2.35	2.45	2.6
Almanya	1.65	1.45	1.75	1.55
Avustralya	2.05	1.85	2.15	2
B. Krallık (2014)	1.85	1.5	2.05	1.75
Fransa	1.35	1.2	1.5	1.3
Hollanda	1.5	1.6	1.7	1.8
İtalya	1.15	1.05	1.35	1.2
İspanya	1.45	1.6	1.45	1.65
Japonya (2014)	1.5	1.4	2.05	2
Kanada	2	1.75	2.05	1.95

Kaynak: IEA, **Energy Efficiency Indicators-Highlights (2016 Edition)**.

2012’de ulaşımda dünyada toplam 104 katrilyon enerji tüketimi gerçekleşirken;<sup>35</sup> bu tüketimin % 61’i yolcu taşıma, % 39’u ise yük taşıma sırasında olmuştur. Yolcu taşımanın % 61’lik bölümünün; % 44’ünü hafif taşıma araçları, % 11’ini hava araçları, % 6’sını ise otobüsler, 2-3 tekerlekli araçlar ve demiryolları ulaşımı temsil ederken; % 39’luk yük taşımacılığının ise % 23’lük bölümünü yük kamyonları, % 12’sini gemiler, % 4’ünü ise demiryolları ve boru hatları oluşturmuştur.<sup>36</sup>

Geçmişten günümüze ulaşımda enerji yoğunluğunun azaltılması adına pek çok önemli gelişme yaşanmıştır. ABD’de ulaşımda enerji yoğunluğu 1970’de 1,2 TEP/araç iken; bu rakam 2011’de yaklaşık 0,8 olmuştur. Bu süreçte en büyük iyileşme yolcu taşımacılığında yaşanmış; 1970’de yaklaşık 1,27 TEP/araç olan enerji yoğunluğu, 2011’de 0,8’e düşmüştür. Yük taşımacılığındaki iyileşme ise daha sınırlı

<sup>35</sup> EIA, **age**, 127.

<sup>36</sup> **age**, 129-130.

ölçüde gerçekleşirken; 1970’de bu alanda enerji yoğunluğu yaklaşık 1 TEP/araç iken, 2011’de 0,9’a gelmiştir.<sup>37</sup>

AB ülkelerinde ise 2000-2015 yılları arasında; yolcu araçlarında enerji yoğunluğu 0,88 TEP/araç’dan 0,73’e gelirken, yük taşımacılığında da 0,071 KEP/ürün’den 0,064’e gerilemiştir. Yaşanan düşüşlerde araçlarda yaşanan verimlilik artışları önemli ölçüde etkili olmuştur. 2000’de 100 km başına filo ortalaması 7,86 litre iken; bu miktar kademeli şekilde azalarak 2015’de 6,82’ye gelmiştir. Bunun dışında bu süreçte piyasaya yeni sürülen araçların da verimliliği giderek artmıştır. 2000’de 100 km başına 6,86 litre yakıt tüketen bu araçların verimliliğinin sürekli artması sonucu bu miktar 2015’de 4,97 litreye kadar düşmüştür. Öte yandan Avrupa Birliği’nde hava ulaşımında enerji yoğunluğunun, kara ulaşımına nazaran oldukça düşük olduğu görülmektedir. 2000’de bu alanda enerji yoğunluğu 0,062 TEP/yolcu iken; bu oran 2015’de 0,044’e düşmüştür.<sup>38</sup>

Ulaşımında enerji yoğunluğunun 1990-2008 yılları arasında bölgelere göre değerleri ise Tablo 2.5’deki gibi olmuştur.

---

<sup>37</sup> <https://energy.gov/eere/analysis/energy-intensity-indicators-transportation-energy-consumption> (22.08.2017).

<sup>38</sup> <http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html> (22.08.2017).

**Tablo 2.5: 1990-2008 Yılları Arası Bölgelere Göre Ulaşımında Enerji Yoğunluğu Değerleri**

Bölge	Yoğunluk Değeri (1990) (KOE/\$2005)	Yoğunluk Değeri (2008) (KOE/\$2005)	Yüzesel değişim (%)
Ortadoğu	0,062	0,060	3,2
Kuzey Amerika	0,060	0,045	25
Latin Amerika	0,037	0,037	0
Eski Sovyet Ü.	0,051	0,032	37,2
Afrika	0,032	0,030	6,2
Diğer Asya Ü.	0,033	0,030	9
Avrupa	0,029	0,027	6,8
OECD Asya'sı	0,028	0,024	14,2
Çin	0,031	0,020	35,4
Hindistan	0,027	0,015	44,4
Dünya	0,044	0,034	22,7

Kaynak: World Energy Council, **Energy Efficiency: A Recipe for Success** (Londra: 2010), 29.

Tabloda; belirtilen süreç içinde enerji yoğunluğu en büyük gelişmeyi Çin, Hindistan ve Eski Sovyet ülkelerinin gösterdiği görülmektedir. Petrol yönünden zengin bölgeler olan Ortadoğu ve Kuzey Amerika'da ise ulaşımda enerji yoğunluğunun diğer bölgelere göre oldukça yüksek olduğu göze çarpmaktadır.

Gelecek yıllarda ulaşımda enerji verimliliğini arttırmak adına bu konuda var olan potansiyelin değerlendirilmesi halinde; bu sektöre yönelik tüketici harcamalarının 2030'a gelindiğinde 21 milyar dolarlık enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmektedir. Bu potansiyelin yaklaşık yarısını kamyonlar oluşturmakta olup; ulaşımda söz konusu potansiyelin hayata geçirilmesi adına gerekli yasal düzenlemelerin yapılıp, yapılan yatırımların geri dönüş sürelerinin aşağıya çekilmesi büyük önem taşımaktadır.<sup>39</sup> Öte yandan 2013'de ulaşımda toplam dünya nihai enerji tüketimi 2.547 MTEP iken IEA'nın 2015 raporundaki Yeni Politikalar Senaryosuna

<sup>39</sup> IEA, **age**, 398-399.



göre; bu rakamın 2040'da 3.408 MTEP olacağı tahmin edilmekte ve 342 MTEP değerinde enerji tasarrufu sağlanacağı öngörülmektedir.<sup>40</sup>

### 2.2.5. Çevresel Etkiler

Çevresel etkiler, özellikle yenilenemeyen enerji kaynaklarının geçmişte sebep olduğu negatif dışsallıklar sebebiyle zaman içerisinde enerji politikaları belirlenirken oldukça önemli bir etken haline gelmiştir. Yıllar geçtikçe bu enerji kaynaklarının insan sağlığına ve çevreye verdikleri zarar o kadar belirgin bir hal almıştır ki, çevresel etkilerin artık ciddi bir başlık olarak ele alınması bir bakıma zorunlu hale gelmiştir. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru yönelmenin nedenlerinden biri de bu olmuştur. Çünkü ülke yöneticileri ve şirketler, bir yandan enerji kaynaklarının verimini ve bunlardan gelecek ekonomik kazançları göz önüne alırken diğer yandan da bu kaynakların insan sağlığına ve çevreye verebileceği zararları hesap etmek durumundadır. Aksi takdirde, merkezinde insan olan bütün bu faaliyetlerden insanoğlu önümüzdeki yıllarda çok daha ciddi sağlık sorunlarıyla karşı karşıya kalacak ve içinde yaşadığımız doğa büyük zarar görecektir.

Çevresel etkilerin daha önce de belirttiğimiz gibi öne çıkmasının esas sebebi yenilenemeyen enerji kaynaklarının neden olduğu negatif dışsallıklardır. Özellikle karbondioksit salınımlarının sebep olduğu sera gazlarından dolayı içinde yaşadığımız ekosistem büyük zarar görmeye başlamıştır. Ekosistemi oluşturan birçok bitki ve hayvanın nesli tükenme noktasına gelmiştir. Buzulların erimesi hızlanmış ve küresel ısınma ciddi bir boyuta ulaşmıştır. Ayrıca buzulların erimesi sonucunda deniz seviyesi de yükselmiştir. Bunun yanı sıra okyanuslardaki asit miktarında artış olmuş ve okyanus akıntılarında da bozulmalar meydana gelmeye başlamıştır. Öte yandan küresel ısınma orman yangınlarını tetiklediğinden ormanlar da bu süreç içerisinde büyük zarar görmeye başlamıştır.

1992'de Birleşmiş Milletler (BM) tarafından düzenlenen Rio Konferansı'nda hemen hemen tüm dünya ülkelerinin katılımıyla iklim değişikliğinin dünya üzerinde yaratabileceği etkiler tartışılmıştır. Bu zirveye; iş dünyası temsilcilerinden sivil toplum kuruluşlarına, bilim dünyasından basın mensuplarına kadar toplumun birçok kesiminden temsilci katılım göstermiştir. Zirve sonunda imzalanan Rio

---

<sup>40</sup> age, 403.

Deklarasyonu'nda küresel çapta ilk kez enerji kaynaklarının yarattığı çevresel sorunlara ilişkin tüm ülkelerin sorumlu davranması gerektiği belirtilmiştir.<sup>41</sup> Rio Deklarasyonu, bu konuda imzalanan ilk sözleşme olması yönünden önemlidir.

1997'de ise Japonya'nın Kyoto kentinde yapılan zirvede küresel ısınma ile mücadele; doğa koruma, sürdürülebilir kalkınma hatta insan hakları boyutunda ele alınmış ve toplantı sonunda kabul edilen Kyoto Protokolü 1998'de imzaya açılmıştır. Protokol; ülkelerin, karbon salınımlarını 1990 seviyesine yani % 5'lere düşürmesini gerekli kılmaktadır. Protokolün yürürlüğe girebilmesi için imzalayan ülkelerin 1990'daki salınımlarının, yeryüzündeki toplam salınımın % 55'ini bulması gerekmektedir ve bu orana 2005'te ulaşılmıştır.<sup>42</sup> Kyoto Protokolü küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik günümüzde geçerli uluslararası ilk çerçevedir.

İlerleyen yıllarda iklim değişikliğinde kalıcı bir anlaşmaya varmak için görüşmeler devam etmiş ve yaklaşık 2 hafta süren Paris İklim Zirvesi sonucunda Aralık 2015'de 195 ülke tarafından kabul edilen Paris İklim Anlaşması imzalanmıştır. Anlaşmaya göre; 2050'ye kadar gelişmiş ülkelerin "sıfır salınım" seviyesine gelmesi gerekmekte, sanayi devriminden günümüze yerküre 1 derece ısınmış ve bu ısınmanın 1.5 derece seviyelerinde tutulması istenmekte ve gelişmiş ülkelerin, geliştirmekte olan ülkelere "düşük karbonlu ve iklime dirençli" kalkınmayı sağlayacak dönüşümü gerçekleştirilmesi için gerekli olan finansmanı, teknolojiyi ve kapasite geliştirme desteğini sağlamaları gerekmektedir. Bu anlamda gelişmiş ülkelerin 2020'ye kadar geliştirmekte olan ülkelere 100 milyar dolar iklim finansmanı sağlamaları ve 2025 sonrası için bu rakamın taban olarak alınıp daha fazla finansman sağlamaları istenmektedir.<sup>43</sup> Paris İklim Anlaşması; uygulandığı takdirde genel hatlarıyla-İlgili sivil toplum örgütlerinin de bu yöndeki telkinleriyle-küresel anlamda yenilenebilir kaynaklara yönelişi hızlandıran-en azından bazı ülkeler için-İtici bir güç olabilecek niteliktedir.

Günümüzde enerji kaynaklarının çevre ve ekosisteme yaydığı negatif dışsallıklar, enerji politikalarının belirlenmesinde önemli bir aktör konumuna gelmiş olsa da; yine

<sup>41</sup> BM Çevre ve Kalkınma Konferansı, **Rio Deklarasyonu** (Rio de Janeiro, 1992), 5-6.

<sup>42</sup> Cihangir Özcan, "Dünya ve Türkiye'de Kyoto Protokolü", **Sağlık ve Toplum Dergisi**, y. 18, s. 2 (2008): 13.

<sup>43</sup> Etem Karakaya, "Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme", **Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, c. 3, s. 1 (2016): 3.

de çevresel sorunlara gösterdiği yaklaşım ülkeden ülkeye hatta yönetimden yönetime değişmektedir. İklim değişikliği ve küresel ısınma; yadsınamayacak bir düzeye gelmesine karşın; ülkeler için-özellikle gelişmekte olan-enerjinin maliyet boyutu yine de enerji politikalarının belirlenmesinde kilit faktör olacak gibi gözükmektedir.



### 3. ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji kaynakları günümüzde genel anlamda yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynakları; dünyadaki rezervlerin belli miktarlarda bulunması nedeniyle sınırlı bulunmaktadır. Petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil nitelikli kaynaklar ve geleneksel nükleer enerji yenilenemeyen enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise yenilenme niteliğine sahip olan enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar, tüketilme hızları ile doğanın onları yenileme hızları kıyaslandığında yenilenebilir olarak kabul edilebilen kaynaklardır. Başlıca yenilenebilen enerji kaynakları rüzgar, güneş, biyokütle, hidrolik, jeotermal, dalga-okyanus ve hidrojen enerjisidir. Bu bölümde yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları incelenecek, olumlu ve olumsuz yönleri ele alınacaktır.

#### 3.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynaklarına, yenilenemeyen denmesinin sebebi bu kaynakların yenilenme ve yeniden oluşma sürelerinin 300-400 milyon yıl sürmesidir. Yani aslında bu kaynaklar pratik olarak yenilenebilir ancak bu süre çok uzun olduğundan ve bu kaynakların tüketilme hızları yeniden oluşma sürelerine göre çok daha çabuk olduğundan bunlar yenilenemeyen enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır.

Fosil yakıtlar, günümüzde halen birincil enerji tüketimindeki belirleyici oranlarını korumaktadır. Örneğin 2016 yılının verilerine göre dünya enerji tüketiminin %85,5'i fosil yakıtlara aittir. Bu oran içerisinde petrolün payı % 33, kömürün % 28, doğal gazınki ise % 24'tür.<sup>44</sup> Önümüzdeki yıllarda da fosil yakıtların enerji tüketimindeki birincil önemini koruması beklenmektedir.

---

<sup>44</sup> BP, *Statistical Review of World Energy June 2017*, 9.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2015 Yeni Politika Senaryosuna göre; küresel enerji tüketiminin 2013 ile 2040 yılları arasında % 32 artacağı tahmin edilmektedir.<sup>45</sup> Bu gelişimin itici gücünün ise OECD üyesi olmayan gelişmekte olan ülkelerin olacağı düşünülmektedir. Özellikle Çin, Hindistan, Endonezya gibi hızla gelişen ve gelişme potansiyeli yüksek Asya ülkelerinin bu konuda başı çekmesi beklenmektedir. 2040 yılına gelindiğinde fosil yakıtların payının ise % 75 olarak tahmin edilmekte olup, doğal gazın en hızlı gelişen fosil yakıt olacağı öngörülmektedir.<sup>46</sup>

Ancak doğal kaynakların sınırlı olmasına bağlı olarak yaşanan enerji darboğazlarının ulusal ekonomilere verdiği zararların yanı sıra yanma ürünlerinin küresel iklimde neden olduğu değişiklikler, fosil yakıtların yaygın kullanımını tartışmalı hale getirmiştir. Aşağıda yenilenemeyen enerji kaynakları incelenirken; bu kaynaklar, enerji politikalarının bu kaynaklar üzerinden kurulmasının yaratabileceği çevre ve güvenlik sorunları ile birlikte ele alınacaktır.

### **3.1.1. Petrol**

Petrol, milyonlarca yıl önce denizel ortamda yaşayan hayvan ve bitki artıklarının, kum ve/veya gözenekli tabakaların altında, oksijensiz ortamda ısı ve basınç etkisi altında dönüşmesiyle ortaya çıkan bir enerji kaynağıdır. 2016 itibariyle; dünya birincil enerji tüketiminin yaklaşık % 33,27'si petrolle karşılanmaktadır.<sup>47</sup> Yani petrol, dünya enerji piyasasındaki vazgeçilmez konumunu korumaktadır.

Petrol; dünya sahnesine 19. yüzyılın sonlarında çıkmaya başlamıştır. 1890'larda ABD'de en yaygın aydınlanma aracı konumunda olan gaz yağı lambalarında, balina yağı yerine petrol ürünü olan kerosene dönüşümle birlikte gaz yağı lambaları ABD'de hızla yaygınlaşırken, dünya pazarlarında da geniş bir taleple karşılaşmış ve ABD dünyanın önde gelen gaz yağı ihracatçısı olmuştur.<sup>48</sup> Kısa sürede verim ve enerji sağlama anlamında taşıdığı potansiyelin farkına varan ABD, ülkede ve ülke dışında petrol aramalarına yoğunlaşmış, aynı süreçte ülkede birçok büyük petrol şirketi kurulmaya başlanmıştır. 20. yüzyılın başlarında bu şirketler; ABD içinde

<sup>45</sup> IEA, **World Energy Outlook 2015**, 57.

<sup>46</sup> **age**, 57.

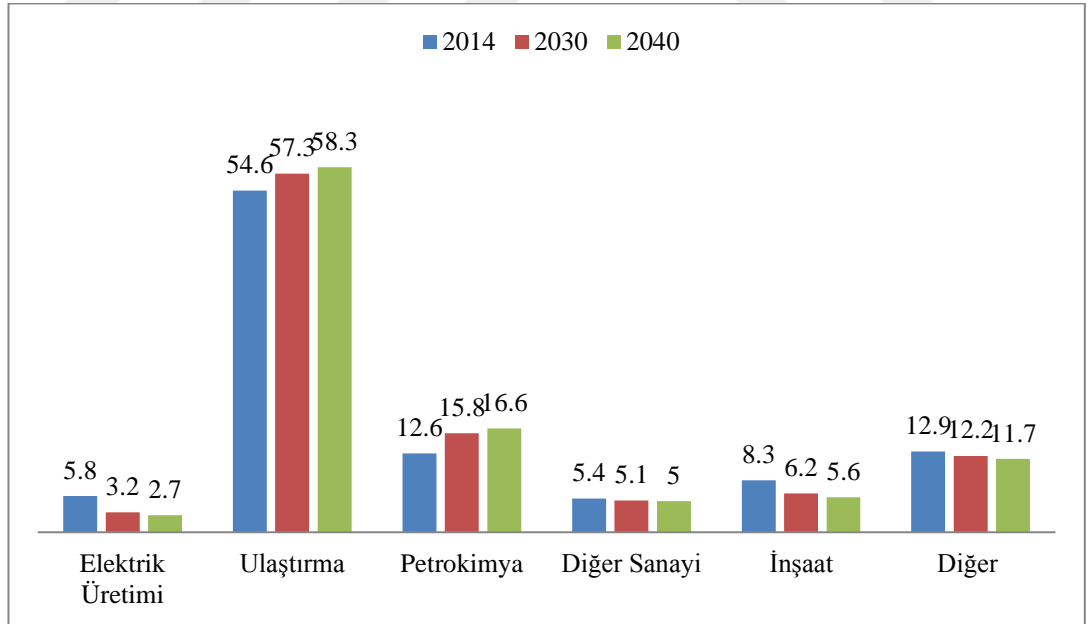
<sup>47</sup> BP, **age**, 9.

<sup>48</sup> Necdet Pamir, **Enerjinin İktidarı 2**. bs. (İstanbul: Hayy Yayıncılık, 2016), 69.

Texas, ABD dışında da Meksika, Venezuela ve İran gibi ülkelerde önemli rezervler keşfetmiştir.

20. yüzyılın başlarında; İngiltere, gemilerde yakıt olarak kömürün yerine petrolü ikame etmeye başlamış, bu da kömürden petrole doğru olan dönüşümün başlangıcı olmuştur.<sup>49</sup> 1930'lu yılların sonunda ise Arap Yarımadası'nda büyük petrol rezervlerinin bulunmasıyla petrol arzı büyük ölçüde güvenceye alınmış ve İkinci Dünya Savaşı'nda birincil yakıt olarak kullanılan petrol; bu savaştan sonra kullanımı giderek artmış, 1965'e gelindiğinde kömürü geride bırakarak küresel enerji tüketiminde ilk sırayı almıştır. 1973 Petrol Krizi'ne kadar küresel petrol tüketimi artmaya devam etmiş, 1973-1980 arası petrol fiyatları çok yükseldiğinden tüketimdeki artış azalmış, ancak 1980'li yıllarda fiyatların azalmasıyla yeniden hızlanmıştır. 2016 yılı itibariyle dünyada günde ortalama 96,5 milyon varil petrol tüketilmektedir.<sup>50</sup>

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından oluşturulan Yeni Politikalar Senaryosuna göre; 2014-2040 yılları arasında petrol talebinin sektörlere göre dağılımı Şekil 3.1'deki gibi olacaktır.



**Şekil 3.1: 2014-2040 Arası Petrol Talebinin Sektörlere Göre Öngörülen Dağılımı**

Kaynak: IEA, *World Energy Outlook 2015*, 121.

<sup>49</sup> *age*, 70.

<sup>50</sup> BP, *age*, 15.

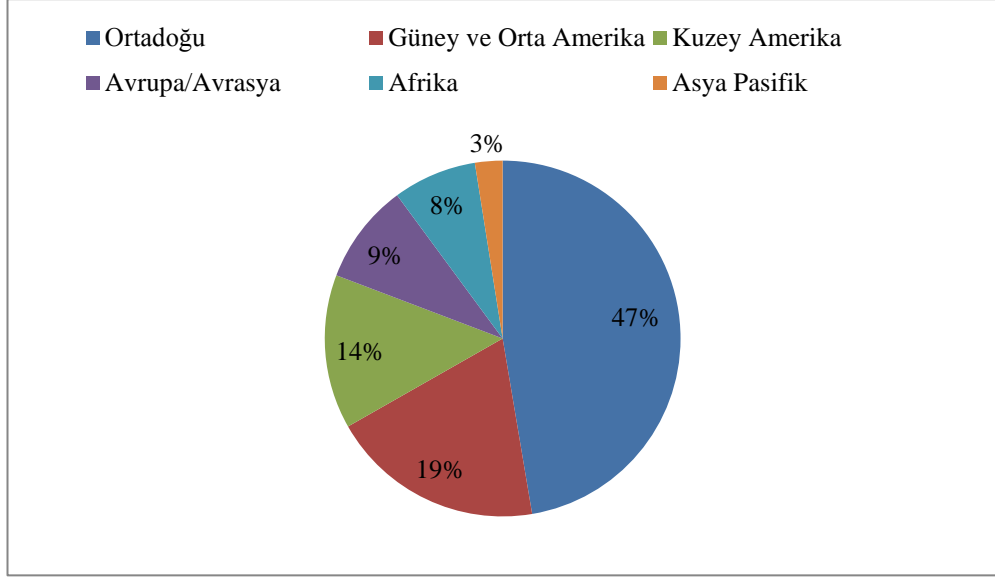
Grafikte de görüldüğü gibi petrol talebinde açık ara en fazla payı olan sektör, ulaştırma sektörüdür. Uluslararası Enerji Ajansı'nın tahminlerine göre petrol talebinde 2014 yılında % 54,6 olan ulaştırma sektörünün payı, önümüzdeki yıllarda daha da artacak ve 2030 yılında % 57,3'e, 2040 yılında ise % 58,3'e ulaşacaktır. Bunda da başta Çin ve Hindistan olmak üzere, kişi başına araba kullanımının, ABD, Kanada, Japonya ve AB ülkelerine göre çok daha düşük olduğu ülkelerde hızla artacak talep rol oynayacaktır.

2015 yılı dünya petrol talebi BP'ye göre günde 95 milyon varil, 2035 yılı için yaptığı tahminde, dünya sıvı yakıt üretiminin, 2015 yılına göre günde 15 milyon varillik artışla, 110 milyon varil olarak gerçekleşeceğini öngörmektedir. İlerleyen yıllarda artması beklenen petrol talebinin gelişmekte olan ülkeler kaynaklı olacağı öngörülmektedir. Özellikle Çin'in bu konuda başı çekmesi beklenmekte olup petrol tüketimindeki artışın yarısının Çin kaynaklı olacağı düşünülmektedir. Küresel petrol üretiminin ise 2035'e gelindiğinde 13 milyon varil artması beklenmektedir. Son yıllarda keşfedilen yeni petrol rezervleriyle birlikte küresel petrol arzında ABD, Rusya ve OPEC üyesi Ortadoğu ülkelerinin payının % 56'dan % 63'e çıkması beklenmektedir.<sup>51</sup>

Öte yandan, dünya enerji piyasası için petrol talebi kadar önemli olan bir başka husus, petrol arzının hangi ülkeler veya bölgelerden sağlanacağı konusudur. Bugün, dünyada bulunan ispatlanmış petrol rezervlerinin en büyük bölümü Ortadoğu bölgesinde yer almaktadır. Olası rezervlerin de ağırlıklı olarak bu bölgede yer alması sebebiyle, geçmişten bugüne olduğu gibi bu bölge, sıcak ve soğuk savaşlara gebe bir konumda bulunmaktadır. 2016 yılı itibariyle dünya ispatlanmış petrol rezervlerinin % 47,7'si Ortadoğu'da bulunmaktadır. Bu durum belki de bu coğrafyada yaklaşık 100 yıldır yaşanan savaşların ve istikrarsızlıkların en önemli sebebi konumundadır. 2016 yılı itibariyle ispatlanmış petrol rezervlerinin bölge ve ülkelere göre dağılımı Şekil 3.2 ve Tablo 3.1'deki gibidir.

---

<sup>51</sup> <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf> (06.12.2017).



**Şekil 3.2: 2016 İtibariyle İspatlanmış Petrol Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı**

---

Kaynak: BP, **BP Statistical Review of World Energy June 2017**, 13.



**Tablo 3.1: 2016 İtibariyle İspatlanmış Petrol Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı**

Sıra	Ülke	İspatlanan Petrol Rezervi (milyar varil)	Toplam Rezervlere Oranı (%)
1	Venezuela	300,900	17,6
2	Suudi Arabistan	266,500	15,6
3	Kanada	171,500	10,0
4	İran	158,400	9,3
5	Irak	153,000	9,0
6	Rusya	109,500	6,4
7	Kuveyt	101,500	5,9
8	BAE	97,800	5,7
9	Libya	48,400	2,8
10	ABD	48,000	2,8
11	Nijerya	37,100	2,2
12	Kazakistan	30,000	1,8
13	Çin	25,700	1,5
14	Katar	25,200	1,5
15	Brezilya	12,600	0,7
16	Cezayir	12,200	0,7
17	Angola	11,600	0,7
18	Meksika	8,000	0,5
18	Ekvador	8,000	0,5
20	Azerbaycan	7,000	0,4

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy June 2017, 12.

Petrol üretiminde ise 2016 yılı itibariyle dünya günlük petrol üretimi 92,1 milyon varildir. Dünyada en çok petrol üreten ülkeler sıralamasında ABD, Suudi Arabistan ve Rusya başı çekmektedir. 2016 yılında ABD ve Suudi Arabistan günde ortalama 12,3 milyon varil, Rusya ise 11,2 milyon varil petrol üretmiştir. Bu üç ülke 2016 yılında üretilen petrolün % 39'luk bölümünü üretmiştir.<sup>52</sup> Bu da bu üç ülkenin petrol

<sup>52</sup> BP, age, 14.

üretimini artırması veya azaltmasının dünya enerji piyasası üzerinde ne denli etkili olabileceğinin göstergesidir.

Petrol üretimi anlamında en verimli rezervler Ortadoğu'da bulunmaktadır. Bu bölgede üretim maliyeti varil başına ortalama 10 ile 25 dolar arasında olup bu nedenden dolayı petrol şirketleri de en çok bu bölgedeki rezervlerde üretim yapmaktadır.<sup>53</sup>

Petrol sektörü; ham petrolü geldiği yere göre Brent petrolü, West Texas Intermediate (WTI), Dubai veya OPEC petrolü şeklinde ayırmaktadır. Brent petrolü, Doğu Shetland ve Kuzey Denizi sahalarını içeren Brent ve Ninian sistemlerindeki 15 petrolün birleşmesi ile oluşmaktadır. Avrupa, Afrika ve Ortadoğu'dan batıya giden petroler, bu petrolün fiyatına göre fiyatlandırılmaktadır. WTI, Kuzey Amerika petroleri için kullanılmakta olup aynı zamanda dünyadaki petrolerin fiyatlandırılmasında referans noktası olarak alınmaktadır. New York Borsası'ndaki aylık ve yıllık petrol ticareti, bu petrolün fiyatı dikkate alınarak belirlenmektedir. Dubai ise Ortadoğu'dan Asya Pasifik bölgelerine akan petrol için kullanılmaktadır.<sup>54</sup>

Öte yandan petrol fiyatlarının belirlenmesinde OPEC (Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü), en önemli aktör konumundadır. Uluslararası dev petrol şirketlerinin, petrol piyasasındaki hegemonyasını kırmak amacıyla 1960'da kurulan OPEC'in günümüzde 14 üyesi bulunmakta olup dünya petrol rezervlerinin yaklaşık % 80'i bu örgütün kontrolündedir. OPEC Zirvesi, yılda iki kez toplanarak petrol fiyatlarını belli bir seviyede tutmak adına üyelerine üretim üst limiti koymaktadır. Ancak elbette ki üye ülkelerin; birbirinden farklı çıkarları söz konusu olmaktadır. Örgüte üye ülkeler arasında Suudi Arabistan, en fazla üretim yapan ülke olarak en etkin aktör olarak göze çarpmaktadır.

Son yıllarda özellikle ABD ve Suudi Arabistan'ın petrol üretimlerini arttırmasıyla petrol fiyatları büyük bir düşüş yaşamıştır. Bunda bu iki ülkenin dünya petrolünün yaklaşık % 25'ini üretmesinin payı büyüktür. Haziran 2014'te varil başına petrolün fiyatı 114,54 dolar iken Ocak 2015'te 48,39 dolara düşmüştür. Ocak 2016'da ise 29,71 dolara kadar düşerek son 17 yılın en düşük değerine ulaşmıştır.<sup>55</sup> Zaman

---

<sup>53</sup> Aysel Aydın Kocaeren, **Çevre ve Enerji** 1. Bs. (İstanbul: Nobel Yayıncılık, 2016), 206.

<sup>54</sup> **age**, 204.

<sup>55</sup> <http://www.bloomberght.com/emtia/brent-petrol> (08.06.2017).

zaman petrol üreticisi ülkeler pazar içerisindeki paylarını arttırmak için bunu yapabilmektedirler. Önümüzdeki yıllarda petrol fiyatlarının hangi seviyelerde olacağı petrol üreticisi ülkelerin izleyecekleri enerji politikalarına bağlıdır.

Öte yandan petrol fiyatları ile petrol sektöründeki istihdam rakamları arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Petrol fiyatları yükseldikçe; petrol şirketlerinin karı da artmakta, bu da bu sektördeki istihdam rakamlarını olumlu yönde etkilemektedir. Tersini için de aynı durum geçerlidir. Benzer şeyleri doğalgaz sektörü için de söylemek mümkündür. Son yıllarda ise petrol ve doğalgaz fiyatları yüksek düşüş gösterdiğinden bu sektörlerde 2015 ve 2016 yıllarında istihdam edilen kişi sayısı yaklaşık 440.000 azalmıştır. Bu azalmaların ise 195.000'i destek hizmetlerinde, 91.000'i arama ve üretimde, 45.000'i de sondaj alanında olmuştur.<sup>56</sup>

En çok petrol tüketen ülkeler sıralamasında ise ABD (2016 yılında) günlük ortalama 19,63 milyon varille ilk sırada yer almaktadır. Onu Çin (12,38), Hindistan ve Japonya izlemektedir.<sup>57</sup> ABD, tükettiği ham petrolün yaklaşık % 34'ünü dışalımla karşılarken, Çin yaklaşık % 62'sini, Hindistan ise % 77'sini ithal etmektedir.<sup>58</sup> Avrupa Birliği ise gerek petrolde gerekse doğalgazda dışarıya bağımlılığı yüksek ve daha da artma eğiliminde olan bir ülkeler topluluğudur. AB, tükettiği ham petrolün (2016 yılında günde ortalama 12,94 milyon varil) yaklaşık % 88'ini dışalımla karşılamaktadır.<sup>59;60</sup>

Dünyada var olan petrol rezervlerinin ne zaman tükeneceği sıkça tartışılan bir başka konudur. Genel olarak petrol rezervlerinin ömrü, mevcut rezervlerin üretim değerlerine oranının alınmasıyla hesaplanmaktadır. Söz konusu yıl için, mevcut ispatlanmış rezerv, yıllık üretime bölününce, elimizdeki rezervin kaç yıl sonra tükeneceğine dair bir veri ortaya çıkmaktadır. Ancak bu süre, yeni rezervler keşfedildikçe ve özellikle teknoloji sayesinde mevcut petrol sahalarından daha fazla üretim sağlandıkça uzayacaktır. Ayrıca petrolü kullanan araçların verimliliği arttıkça, mevcut rezervlerin ömrünün uzaması yine mümkün olacaktır. Ancak artan dünya nüfusunun yaratabileceği baskı, ilerleyen yıllarda petrol talebini arttırması olasıdır. Diğer yandan petrole alternatif kaynakların (özellikle yenilenebilir enerji kaynakları)

<sup>56</sup> IRENA, **Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2017**, 6.

<sup>57</sup> BP, **age**, 15.

<sup>58</sup> ENI, **age**, 32.

<sup>59</sup> BP, **age**, 15.

<sup>60</sup> ENI, **age**, 29.

maliyetleri azaldıkça ve enerji üretim ve tüketimi içindeki payları arttıkça, petrolün ömrü yine uzayabilecektir.

Petrol, günümüzde en çok tüketilen enerji kaynağı olmakla birlikte bu enerji kaynağının neden olduğu önemli çevresel etkiler de söz konusudur. Petrol ve petrol türevleri olan polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) çevrede birikmeleri ve uzun bir süre kalmaları, çevre kirlenmesine sebep olmakta ve biyolojik dengeyi olumsuz yönde etkilemektedir.<sup>61</sup> Petrol taşımacılığının büyük bölümünün yapıldığı denizlerde ise; denize dökülen petrol kısa sürede büyük bir alana yayılabilmekte ve günümüzde oluşan kirliliği temizlemenin etkin bir yöntemi bulunmamaktadır. Öte yandan petrol gibi fosil yakıtların; akciğer kanseri, bronşit ve nefes darlığı, kan zehirlenmesi ve yaşlanma belirtilerinde hızlanma gibi insan sağlığı üzerinde ciddi etkileri bulunmaktadır.<sup>62</sup> Özellikle 2015'te Paris İklim Anlaşması'ndan sonra petrolün çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri dünya gündeminde çok daha fazla yer alacak gibi gözükmektedir.

Petrolün kısa vadede birincil enerji kaynağı olmaya devam edeceği ortada olmakla birlikte yıllar ilerledikçe kademeli olarak petrolü özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ikame edilecek gibi gözükmektedir. IEA'nın 2015'de küresel ısınmanın etkilerini göz önüne alarak yayınladığı Yeni Politikalar Senaryosuna göre 2016'da küresel enerji talebinin % 33,6'sı petrolle karşılanırken bu oranın; 2020'de % 30,2'ye, 2040'da da % 26,4'e düşmesi beklenmektedir.<sup>63</sup> Böylelikle hem petrolün insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin zamanla azaltılması mümkün olacak hem de ne zaman tükeneceği konusu sürekli tartışılan ve ülkelerin de enerji politikalarını belirlerken hesaba kattığı bir enerji kaynağına olan bağımlılığın azaltılmasının önü açılabilecektir.

### 3.1.2. Kömür

Kömür, milyonlarca yıl önce ve çoğunlukla bataklık alanlardaki bitkilerin üzerlerinin su ve kirliliğiyle örtülmesi sonucunda, milyonlarca yıllık süreçlerde ısı ve basınç etkisiyle dönüşmesi sonucunda oluşan bir yakıttır. Günümüzde bu yakıt, en

<sup>61</sup> Esin Erdoğan, Ayten Namlı, Fikrettin Şahin, "Türkiye'de Petrol Hidrokarbonlarını Parçalayan Yerli Bakterilerin İzolasyonu, Karakterizasyonu ve Hidrokarbon Parçalama Kabiliyetlerinin Belirlenmesi", **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, c. 15, s. 45 (2013): 2.

<sup>62</sup> <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/havakirliligi.pdf> (10.6.2017).

<sup>63</sup> IEA, **age**, 57.

çok elektrik üretiminde olmak üzere, birçok sanayi işletmesinde de kullanılmaktadır. 2016 itibariyle dünya birincil enerji tüketimi içerisindeki payı ise % 28,2'dir.<sup>64</sup>

Dünya tarihine bakıldığında; gelişmekte olan ülkelerin kalkınma aşamasında genel anlamda en yoğun şekilde kullandıkları enerji kaynağının kömür olduğu görülecektir. Kömürün ucuz olması, bol miktarda bulunması ve işletiminin nispeten kolay olması; onu enerji tüketiminde cazip kılan etkenlerdir. Ancak ülkeler belli bir gelişmişlik düzeyini yakaladıktan sonra kömürden adım adım uzaklaşıp daha verimli ve çevre dostu enerji kaynaklarına yönelmektedir.

Kömür, enerji kaynağı olarak yaygın biçimde kullanılmaya başlamadan önce ağırlıklı tüketilen kaynak odun olurken; özellikle 1885'ten sonra kömür, buhar makinesinin geliştirilmesiyle birlikte, bu görevi önemli ölçüde odundan devralmaya başlamıştır. Ayrıca kömür, birim miktarı yakıldığında, oduna göre çok daha fazla ısı verdiği ve odunun olmadığı bölgelerde de yaygın olarak bulunduğu için kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Sadece ısınma amaçlı yakıt olarak değil; maden eritme, alaşım hazırlama ve elektrik üretiminde de kullanıldığından önemi hızla artmış, bomba, fişek gibi bazı askeri malzemelerin yapımında da kömür kullanılmaya başlanmıştır.<sup>65</sup>

Kömür; 19. yüzyılda temel sanayileşen ülkelerde temel enerji kaynağı konumunda olmuş, 20. yüzyılda ise birim başına verimi daha yüksek kaynaklar olan petrol ve doğalgaz yavaş yavaş kömürün yerini almaya başlamıştır. 1928'de dünya enerji üretiminin % 75'ini kömür, % 17'sini petrol, % 8'ini hidrolik enerji karşılarken; 1950'de kömürün payı % 50'ye inmiş, 1980'lerde ise kömürün payı % 27'ye düşerken, petrol ve doğalgazın payı % 64'e yükselmiştir.<sup>66</sup> 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizlerinin etkisiyle kömür tüketimi 1975-1988 yılları arasında büyük bir artış yaşamıştır. 1975'de 1.562 MTEP olan kömür tüketimi 1988'e gelindiğinde 2.248 MTEP'e ulaşmıştır.<sup>67</sup> Bunun yanı sıra bu dönemde kömür tüketiminin artmasında; ulaştırma maliyetlerinin azalmasının ve kömürün enerji yoğunluğunun azalması sonucu toplam tüketimin artmasının da önemli ölçüde etkisi olmuştur.<sup>68</sup> 1988-2016 arası ise kömür tüketimi istikrarlı bir şekilde artmaya devam etmiş, 1988'de 2.248

---

<sup>64</sup> BP, *age*, 9.

<sup>65</sup> Pamir, *age*, 57.

<sup>66</sup> Tefvik Güran, *İktisat Tarihi* (İstanbul: Der Yayınları, 2012), 190.

<sup>67</sup> BP, *BP Statistical Review of World Energy 2014* (2015).

<sup>68</sup> James McNerney, J. Doyne Farmer, Jessica E. Trancik, "Historical costs of coal-fired electricity and implications for the future", *Energy Policy*, c. 39 (2015): 3044.

MTEP olan tüketim, 2016'da 3.732 MTEP'e ulaşmıştır.<sup>69</sup> Bu süreçte Çin başta olmak üzere gelişmekte olan ülkelerin yaşadığı artış belirleyici unsur olmuştur.

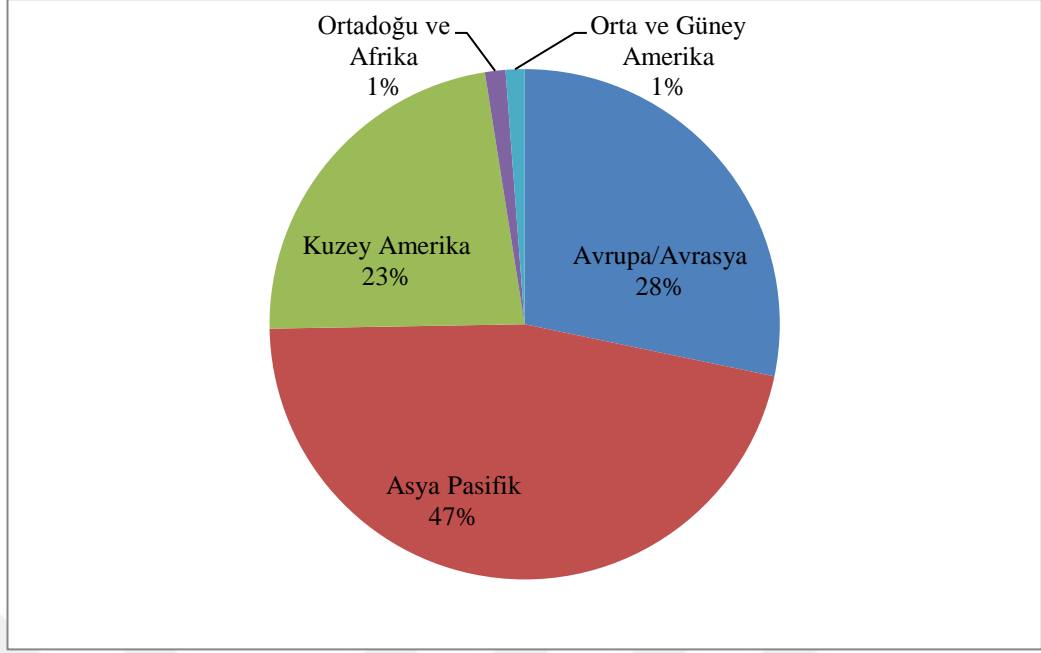
Dünyada en yaygın olan kömür türü linyittir. Linyit, temiz yakma teknolojilerinin kullanılması şartıyla elektrik üretimi için elverişlidir; ısınma amaçlı kullanımı ise çevre kirliliği nedeniyle uygun değildir. Oluşum sürecinde linyiti, alt-bitümlü kömür takip eder. Linyite göre daha temiz, ısıl değeri daha yüksek ve mat siyah renkli olan bu kömür türü, daha düşük oranda kükürt içerir. Karbon içeriği % 35-45 aralığında seyrederek. Alt-bitümlü kömürü bitümlü kömür izler. Kükürt oranı farklı oranlarda olmakla birlikte, genel olarak ısıl değeri, daha az olgun türlerin hepsinden daha yüksektir. Karbon içeriği % 45-86 aralığındadır. Elektrik üretimi, kok üretimi ve başta çelik üretimi olmak üzere çeşitli sanayi uygulamaları için oldukça uygundur. Çok daha seyrek ve bu nedenle de zor bulunan kömür türü ise taşkömürüdür. Taşkömürünün, ısıl değeri çok yüksek olup, evlerin ısınması için en uygun kömür türüdür. Ayrıca metal sanayi için de oldukça idealdir. Kuru konumda ve külden arındırılmış halindeyken karbon içeriği %86-97 düzeyindedir.<sup>70</sup>

Kömürün, dünyadaki coğrafi dağılımı ve mevcut rezervlerinin çok daha uzun ömürlü olması, dünya enerji üretiminde yüksek pay almasının önemli nedenlerindedir. 2016 yılı itibariyle dünyadaki ispatlanmış kömür rezervlerinin bölge ve ülkelere göre dağılımı Şekil 3.3 ve Tablo 3.2'deki gibidir.

---

<sup>69</sup> BP, *Statistical Review of World Energy June 2017*, 39.

<sup>70</sup> Pamir, *age*, 59-60.



**Şekil 3.3: 2016 İtibariyle İspatlanmış Kömür Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı**

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy June 2017, 37.

**Tablo 3.2: 2016 İtibariyle İspatlanmış Kömür Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı**

Ülke	İspatlanan Kömür Rezervi (milyon ton)	Dünya Toplam Rezervine Oranı (%)
ABD	251,582	22,1
Çin	244,010	21,4
Rusya	160,364	14,1
Avustralya	144,818	12,7
Hindistan	94,769	8,3
Almanya	36,212	3,2
Ukrayna	34,375	3,0
Kazakistan	25,605	2,2
Endonezya	25,573	2,2
Polonya	24,161	2,1
Türkiye	11,353	1,0
Güney Afrika	9,893	0,9

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy June 2017, 36.

Kömür günümüzde en çok % 60 ile elektrik sektöründe tüketilmekte olup, onu % 30 ile sanayi sektörü izlemektedir. İlerleyen yıllarda da söz konusu trendin devamı beklenmektedir.<sup>71</sup> Kömürün önümüzdeki on yıllarda da şimdiki önemini koruması beklenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) yayını olan World Energy Outlook 2015 raporuna göre; önümüzdeki 25 yıllık dönem için yapılan öngörülerde, kömürün elektrik üretimindeki payının farklı senaryolara göre, 2040 yılında 2013'e oranla yaklaşık % 15 kadar düşük ya da normal seyrinde olmasını öngörmektedir. Yani kömürün elektrik üretimindeki öneminin ilerleyen yıllarda da süreceği tahmin edilmektedir.<sup>72</sup> Bu durumun en önemli nedeni de kömürün dünya genelinde bol miktarda bulunması ve düşük maliyetli oluşudur. Kömür maliyetleri 20. yüzyılın başından 1970'e kadar istikrarlı bir şekilde düşüş göstermiş, 1970-1985 arasında ise-büyük ölçüde petrol fiyatlarındaki artıştan dolayı-yükselmiş, 1985 sonrasında ise nispeten istikrarlı bir çizgiye kavuşmuştur. 2011-2015 yılları arasında ise kömür fiyatları yarı yarıya azaldığından; kömürden elektrik üretiminin maliyeti biraz daha düşmüştür. Bu noktada 1987'ye kadar dünyanın en çok kömür tüketen ülkesi konumunda olan ABD'de 1920'de kWh başına 12-13 sent olan kömürün maliyeti istikrarlı bir şekilde gerileyerek 1970'de yaklaşık 5 sente düşmüş, sonrasında yükselişe geçerek 1985'de 8 sente ulaşmıştır. İlerleyen yıllarda kömür maliyetleri nispeten istikrarlı bir grafik sergilemiş, 2010'a doğru gelirken kömür maliyetleri 6-7 sent düzeylerinde seyretmiştir.<sup>73</sup> Diğer taraftan kömür santrallerinin verimliliği ise 1990'ların başında ortalama % 37-38 civarında iken günümüzde % 45-46 seviyelerine gelmiştir.<sup>74</sup> Ancak son yıllarda kömürün neden olduğu hava kirliliği ve küresel ısınmayı tetikleyen sera gazı salınımlarından dolayı yeni teknolojiler geliştirilmiş ve bu da maliyeti biraz daha arttırmıştır. Yine de kömür; diğer kaynaklar ile karşılaştırıldığında enerji üretimindeki cazip konumunu korumaktadır. % 10'luk faiz oranına göre; dünyadaki bazı ülkelerin kömürden elektrik üretim maliyetleri Tablo 3.3'deki gibidir.

---

<sup>71</sup> IEA, **age**, 278.

<sup>72</sup> **age**, 279.

<sup>73</sup> McNerney, Farmer, Trancik, **age**, 3048.

<sup>74</sup> Nejat Aybers, Bahri Şahin, **Enerjinin Maliyeti** (İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, 1995), 95.



**Tablo 3.3: 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerin Kömürden Elektrik Üretim Maliyetleri**

Ülke	Teknoloji	Yatırım M. (USD/MWh)	Yakıt M. (USD/MWh)	Karbon M. (USD/MWh)	İşletme ve Bakım M. (USD/MWh)	Toplam M. (USD/MWh)
ABD	Süperkritik öğütülmüş	39.20	28.42	25.20	11.12	104.00
Almanya	Antrasit	25.96	26.38	21.98	9.14	93.47
	Linyit	32.45	14.88	28.20	11.07	96.61
Çin	Ultra süperkritik	12.95	35.67	28.88	4.07	81.57
Güney Kore	Öğütülmüş	19.34	40.04	24.77	5.31	89.46
Japonya	Ultra süperkritik	39.77	35.91	25.02	18.52	119.25
G. Afrika	Öğütülmüş	46.92	20.45	27.00	5.41	99.79

Kaynak: IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition**, 48-49.

Ancak kömür, aynı zamanda karbondioksit salınımlarına en çok sebebiyet veren enerji kaynağı durumundadır. Elektrik üretiminin önemli kollarından olan öğütülmüş kömür santralleri, karbon yoğunluğu en fazla olan elektrik santrali konumundadır. Bu da karbondioksit salınımlarının en büyük sebebi olup, bu durum insan sağlığı ve çevre için büyük tehdit oluşturmaktadır. Özellikle Çin, Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerde yoğun olarak kullanılan bu tür santraller önemli ölçüde çevre ve hava kirliliğine neden olmaktadır.

Termik santrallerin bacasından çıkan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazları, bitki örtüsünü olumsuz yönde etkilerken bu gazlardan en çok etkilenen bitki organı yapraklar olmaktadır. İnsanlarda ise söz konusu santrallerden çıkan SO<sub>2</sub>'nin yıllık ortalama yoğunluğu 100 µg/m<sup>3</sup>'ü (metreküp başına hava kirliliğinin yoğunluğu) aşması halinde solunum yolu hastalıklarında artış görülmekte, günlük SO<sub>2</sub> yoğunluğu 250-500 µg/m<sup>3</sup> olduğu

durumda akciğer hastalıklarında artış görülmektedir. Günlük 500 µg/m<sup>3</sup>'e ulaştığı zaman da solunum yolu hastalıklarında artış ve ölüm olayları görülmektedir. Öte yandan termik santrallerden çıkan baca külleri, kül yağmuru olarak toprağa yağmakta ve bu durum toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını zamanla değiştirmektedir.<sup>75</sup>

Kömürün daha verimli kullanımı ve karbon salınımlarının azaltılması adına çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan yöntem akışkan yataklı yakma teknolojisidir. Bu teknoloji, düşük sıcaklıklarda kömürün tamamıyla yanmasına olanak sağlamaktadır. Dünyada giderek yaygınlaşan bu yöntemle SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub> salınımlarını % 90 hatta daha da fazla oranda azaltabilmektedir.<sup>76</sup> Bir diğer yöntem ise süper kritik kazan teknolojisidir. Bu sistem, öğütülmüş kömür yakma teknolojisine göre daha yüksek buhar sıcaklığında ve basıncında çalışmakta ve % 45 gibi daha yüksek bir verime çıkabilmektedir.<sup>77</sup> Sonraki yıllarda geliştirilen ve kömürü daha da yüksek sıcaklıklarda yakma olanağına sahip ultra-süperkritik ve gelişmiş ultra-süperkritik teknolojilerinin ise verimleri sırasıyla % 47 ve % 50 civarında seyretmektedir.<sup>78</sup> İlerleyen yıllarda verimlilikleri yüksek olan bu teknolojilerin; maliyetlerinin düşmesi halinde kullanımları da yaygınlaşacaktır. Nitekim 2030 itibariyle gelişmiş ultra-süperkritik teknolojinin yatırım maliyetinin kW başına 1.000-2.600 dolar civarlarında olması beklenmektedir.<sup>79</sup>

Öte yandan günümüzde kömürden gaz ve sıvı da elde edilmektedir. Kömürü gazlaştırma ile kömür, termokimyasal bir yöntemle kimyasal bileşenlerine ayrılmakta olup bu yöntem kömürün elektrik, hidrojen ve diğer sanayi ürünlerine dönüştürülmesinde en temiz ve birden çok amaca hizmet eden yöntemlerden biridir. Kömürden sıvı yakıt teknolojisi ise doğrudan ve dolaylı sıvılaştırma olmak üzere ikiye ayrılır. Dolaylı sıvılaştırma yönteminde; kömür önce buhar ve hava ya da oksijenle gazlaştırılarak sentez gaz elde edilmektedir. Sonrasında parçacık madde, kükürt bileşikleri ve azot gibi kirlilikler içeren bu karışım gazı temizlenip temiz, yüksek kaliteli ürünler üretilmektedir. Modern tesislerde enerji verimliliği % 40'ın üzerinde olmaktadır. Doğrudan sıvılaştırmada ise toz kömür doğrudan bir çözelti içinde yüksek sıcaklık ve basınçta sıvı yakıtı dönüştürülerek yüksek enerji

<sup>75</sup> T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, **Türkiye Çevre Atlası** (Ankara, 2004), 216-217.

<sup>76</sup> TMMOB Maden Mühendisleri Odası, **Enerji ve Kömür Raporu** (Ankara, 2015), 116.

<sup>77</sup> **age**, 119.

<sup>78</sup> IEA Clean Coal Centre, **Status of Advanced Ultra-Supercritical Pulverised Coal Technology** (2013), 5.

<sup>79</sup> IEA-NEA-OECD, **age**, 148.

yoğunluklu ürünler üretilmektedir. Bu yöntemin maliyeti yüksek olmasına karşın verimliliği modern süreçlerle % 60-70'lere kadar çıkabilmektedir.<sup>80</sup> İlerleyen yıllarda bu teknolojilerin maliyetlerinin düştüğü takdirde kullanımları da yaygınlaşacaktır.

Bunun dışında kömür kaynaklı istihdam rakamları da madencilik teknolojisinin gelişmesi, kapasite aşımı ve kömür santrallerinin kapatılıp yenilenebilir enerjiye yönelişin hızlanmasından dolayı giderek azalmaktadır. Dünyadaki toplam kömürün yaklaşık yarısını üreten Çin'de 2016'da hükümet, 5.600 madenin kapatılacağını açıklamış, bu durumda da yaklaşık 1,3 milyon kişi işini kaybetme tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Bu rakam Çin'de kömür sektöründe istihdam edilenlerin % 20'sini oluşturmaktadır. Hindistan'da ise dünyanın en büyük kömür üretici firması konumunda olan Coal India'nın istihdam rakamları 2003'de 511.000 iken 2016'da 326.000 olmuştur. Avrupa'da da son 30 yıldır kömür sektöründe istihdam giderek azalmaktadır. Örneğin Almanya'da 2016'da kömür madenlerinde istihdam oranları 30 yıl öncesine göre yaklaşık % 90 düşerek 30.000'e kadar gerilemiştir.<sup>81</sup>

Ancak yine de kömürün ucuz oluşu, dünya genelinde bol miktarda bulunması ve coğrafi yönden nispeten dengeli dağılımı kömürü enerji tüketiminde cazip kılmaktadır. Bu sebeplerden dolayı kömürün, enerji tüketimindeki payının ve öneminin önümüzdeki on yıllarda da yüksek olması beklenmektedir. Ancak; diğer taraftan kömürün ve kömüre dayalı termik santrallerin neden olduğu negatif dışsallıklar insan sağlığı ve ekosistemin geleceğine yönelik ciddi tehditler barındırmaktadır. Bu yüzden özellikle termik santrallerin çevreye vereceği zararın en aza indirilebilmesi adına öncelikle yer seçimi aşamasında çevresel etkenler dikkate alınmalı ve Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) çalışması yapılmalıdır. Unutulmamalıdır ki, enerji ve arz güvenliğini sağlamak kadar; içinde yaşadığımız çevrenin korunması da yaşamsal önem taşımaktadır. Aksi takdirde, uzun dönemde doğal çevre ve ekosistem tahrip olacağından enerji güvenliğini sağlamak adına yapılanların da pek bir anlamı kalmayacaktır. Çünkü yıllar ilerledikçe gelecek nesiller için, dünya giderek yaşanması daha zor bir yer olan bir gezegene dönüşecektir.

---

<sup>80</sup> TMMOB Maden Mühendisleri Odası, **age**, 122-123.

<sup>81</sup> IRENA, **age**, 6.

Uzun vadede ise; kömürün yerini-petrolde olduğu gibi-yavaş yavaş yenilenebilir kaynakların alması beklenmektedir. IEA'nın küresel ısınmaya göre revize ettiği Yeni Politikalar Senaryosuna göre; 2016'da % 28 olan kömürün enerji tüketimindeki payının 2020'de % 27,3'e, 2040'da ise % 24,6'ya düşeceği öngörülmektedir.<sup>82</sup> Böylelikle hem kömürün neden olduğu negatif dışsallıklar azalacak hem de yenilenebilir kaynakların payı arttırıldığı takdirde enerjide bağımsızlığı sağlamak adına çok önemli bir adım atılmış olunacaktır.

### 3.1.3. Doğalgaz

Doğalgaz da petrole benzer bir ortam ve süreçte oluşan fosil yakıtlardandır. Doğalgaz; metan, etan ve propan karışımından oluşmaktadır. Doğalgazın günümüzde enerji tüketiminde çok önemli bir yeri olup, 2016 itibarıyla dünya birincil enerji tüketimindeki payı % 24,1'dir.<sup>83</sup> Doğalgaz, diğer fosil yakıtlara göre daha temiz ve verimli olduğundan enerji tüketiminde birçok ülke tarafından tercih edilmektedir. Doğalgaz; konutlarda, elektrik üretiminde, sanayide ve gübre sanayisinde kullanılmaktadır.

Doğalgaz endüstrisi, 1859'da ABD'de ilk doğalgaz yeraltı kuyusunun açılmasıyla başlamıştır. 1885'de Robert Bunzen'in hava ve doğalgaz ile yanan, ısıtma ve yemek pişirmede kullanılan Bunzen beki icat etmesiyle ve sıcaklık ayarlamalı termostatik sistemlerin keşfedilmesiyle doğalgazın kullanımı giderek yaygınlaşmaya başlamıştır.<sup>84</sup> 1950'li yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler ile çelikten doğalgaz boru hatları yapılmış ve doğalgaz taşımacılığı daha ekonomik hale gelmeye başlamıştır. Bu yıllarda doğalgaz boru hatları giderek genişlemiş ve bu hatların verimliliği de giderek artmıştır. Boru hatları şebekesi genişledikçe de ölçek ekonomisi gereği taşıma maliyetleri düşmüştür.<sup>85</sup> Yani doğalgaz tüketiminin yaygınlaşması için gereken altyapı 1950 ve 60'larda büyük ölçüde hazırlanmıştır. Dünya'da doğalgazın önemli bir enerji kaynağı olarak piyasaya girişi ise 1970'lerde başlayan petrol krizinden sonra olmuştur. Petrol krizi sonrasında petrole olan bağımlılığın azaltılmak istenmesi ve petrol fiyatlarının hızla artması nedeniyle artan enerji maliyetlerine, doğalgaz alternatif bir enerji kaynağı olarak ortaya çıkmıştır.

<sup>82</sup> IEA, *age*, 57.

<sup>83</sup> BP, *age*, 9.

<sup>84</sup> Birsen Beşergil, *Petrol, Petrol Kimyası* (İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları, 2009), 133.

<sup>85</sup> General Electric, *The Age of Gas & The Power of Networks* (2013), 12.

Özellikle 1980’li yılların başından sonra ivme kazanan doğalgaz tüketimi, diğer fosil yakıtlara göre daha temiz bir yakıt olarak görüldüğünden kullanımı hızla yaygınlaşmaya başlamıştır. 1983 yılında 1,46 trilyon m<sup>3</sup> olan dünya doğalgaz tüketimi 1990’da 1,95 trilyon m<sup>3</sup> 2000’de 2,41 trilyon m<sup>3</sup> 2010’da 3,19 trilyon m<sup>3</sup>, 2015’de ise 3,46 trilyon m<sup>3</sup> düzeyine ulaşmıştır.<sup>86</sup> Doğalgazın küresel enerji tüketimindeki payı ise 1890’dan beri sürekli olarak artmış, 1950’den sonra da söz konusu artış iyice belirginleşmeye başlamıştır. 1950’de % 7,5 olan bu pay; 1960’da % 11, 1970’de % 16, 1980’de % 18, 1990’da % 20, 2000’de % 22, 2010’da % 23 olmuştur.<sup>87</sup> Önümüzdeki on yıllarda da doğalgazı tüketimindeki artışın sürmesi beklenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı 2015 raporundaki Yeni Politika Senaryosuna göre; 2020, 2030, 2040 yılları için doğalgaz talep tahminleri sırasıyla 3,84, 4,48 ve 5,16 trilyon m<sup>3</sup> olarak verilmektedir. Yıllık ortalama talep artışı ise % 1,4 olarak tahmin edilmektedir. % 24 olan doğalgazın küresel enerji tüketimindeki payının ise 2020’de % 21,5, 2040’da ise % 23,6’ya gelmesi beklenmektedir.<sup>88</sup>

Elektrik üretiminde doğalgaz çevrim santralleri; yatırım maliyetinin düşük oluşu (kW başına 917 dolar)<sup>89</sup>, birçok enerji kaynağına göre verimliliğinin yüksek olması (ortalama % 60 civarında) ve yapımının 3-4 yıl gibi kısa bir sürede tamamlanabilmesi gibi sebeplerden dolayı birçok ülke tarafından tercih sıralamasında ön sıralarda yer alabilmektedir. Diğer taraftan bu santrallerin yakıt maliyetlerinin yüksek olması ve birçok ülke için ithal bir kaynak olduğundan enerjide dışa bağımlılığı arttıran bir unsur olması sahip olduğu dezavantajlardır. IEA, NEA ve OECD’nin hazırladığı ortak rapora göre; 2015 yılı itibariyle birçok ülke için % 10’luk faiz oranına göre; doğalgaz çevrim santrallerinin maliyeti Tablo 3.4’deki gibidir.

---

<sup>86</sup> BP, **BP Statistical Review of World Energy 2014**.

<sup>87</sup> <https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-sources/> (15.06.2017).

<sup>88</sup> IEA, **age**, 57, 195-196.

<sup>89</sup> Kadir Kaya, Erdem Koç, “Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi”, **Mühendis ve Makina Dergisi**, c. 56, s. 660 (2015): 65.

**Tablo 3.4: 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerde Doğalgazın Elektrik Üretim Maliyetleri**

Ülke	Yatırım M. (USD/MWh)	Yakıt M. (USD/MWh)	Karbon M. (USD/MWh)	İşletme & Bakım M. (USD/MWh)	Toplam M. (USD/MWh)
ABD	17.94	36.90	11.10	4.65	70.62
Almanya	14.56	74.00	9.90	7.71	106.20
B. Krallık	16.03	75.51	9.43	6.63	107.59
Çin	9.38	71.47	11.02	3.25	95.13
Fransa	15.40	68.99	10.56	6.25	101.23
Güney Kore	15.04	98.97	10.27	5.55	129.82
Japonya	18.64	104.07	10.95	9.38	143.07

Kaynak: IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition**, 48-49.

Görüldüğü gibi yakıt maliyetleri, doğalgaz çevrim santrallerinin maliyetinde en belirleyici unsur konumunda bulunmaktadır. Yakıt maliyetlerinin oluşumunda, doğalgaz fiyatlarının ve ulaştırma maliyetlerinin etkisi ve önemi büyüktür. Örneğin geniş doğalgaz rezervlerine sahip olan ABD’de yakıt maliyetleri diğer ülkelere göre nispeten düşük iken; doğalgaz tüketiminin % 90’ından fazlasını maliyeti oldukça yüksek olan LNG alımlarıyla karşılayan Güney Kore ve Japonya’da bu rakam oldukça yüksektir. Bunun yanı sıra enerji yatırım kararlarının alınmasında dönemsel olarak doğalgaz fiyatlarının diğer enerji kaynaklarıyla kıyaslandığında hesaplı olup olmadığı da oldukça önemlidir.

Öte yandan geçmişten günümüze doğalgaz santrallerinin yatırım maliyetlerinde reel olarak azalma veya artma yönünden sınırlı ölçüde değişim yaşandığı, söz konusu santrallerin verimliliklerinin ise yatırım maliyetlerine oranla daha yüksek bir yüzdeyle arttığı görülmektedir. Tablo 3.5’de; 1991 ve 2015 yılları için bazı ülkelerdeki doğalgaz çevrim santrallerinin yatırım maliyetleri ve verimlilik oranları verilmekte olup; söz konusu tabloda 1991 ve 2015 yıllarının yatırım maliyetlerini sağlıklı bir şekilde karşılaştırabilmek adına bahsi geçen ülkelerin; bu yıllara ait tüketici fiyat endekslerinden faydalanılmıştır. Tabloda parantez içinde belirtilen

değerler; 1991 yılı değerlerinin 2015 tüketici fiyat endeksleri dikkate alınarak, o yıldan çevrilmiş halini ifade etmektedir.

**Tablo 3.5: 1991-2015 Yılları Arasında Bazı Ülkelerde Doğalgaz Santrallerinin Yatırım Maliyetlerinde ve Verimlerinde Yaşanan Değişimler**

Ülke	Yatırım Maliyeti (USD/kW <sub>e</sub> ) 1991	Yatırım Maliyeti (USD/kW <sub>e</sub> ) 2015	Yüzdesele artış (%)	Verim (1991) (%)	Verim (2015) (%)	Yüzdesele artış (%)
ABD	701 (1.329)	1.321	85,5 (0)	46,8	60	28,2
B. Krallık	750 (1.333)	1.136	51 (-17,3)	50	59	18
Belçika	854 (1.317)	1.160	35,8 (-13,5)	51	60	17,6
Fransa	707 (1.026)	1.072	51,6 (4,4)	45	61	35,5
Japonya	1.448 (1.506)	1.373	- 9,4 (-9,6)	47	55	17
Portekiz	744 (1.349)	1.175	57,9 (-14,8)	48	60	25

Kaynaklar: Nejat Aybers, Bahri Şahin, **Enerji Maliyeti**, 97-98., IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition**, 38.

Tabloda görüldüğü gibi geçen süre içinde doğalgaz santrallerinde; yatırım maliyetleri bağlamında büyük bir değişimin yaşanmadığı görülmektedir. Bu durumun oluşmasında; doğalgaz santrallerinde geçmişten günümüze genel anlamda aynı teknolojinin kullanılmasının (Kombine çevrimli gaz türbini) etkili olduğu söylenebilir. Buna karşın söz konusu santrallerin verimlerinde yaşanan artışın; yatırım maliyetlerinde görülen değişimlere göre daha keskin şekilde gerçekleştiği görülmektedir. Bu da doğal olarak doğalgaz santrallerinin cazibesini arttıran bir olgudur.

Doğalgazın boru hatlarıyla taşınmasına ve kullanılmasına ek olarak; doğalgazın bir de sıvılaştırılmış olarak taşınması ve kullanımı mevcuttur. Buna da LNG (Sıvılaştırılmış Doğalgaz) denmektedir. LNG; doğalgazın atmosferik basınçta yaklaşık olarak -162 derece soğutulmasıyla elde edilmekte olup renksiz, kokusuz ve zehirli olmayan sıvı fazda bir yakıttır. Sıvı fazda taşınıp depolanmakta, gaz fazında ise tüketime sunulmaktadır. Doğalgazın sıvılaştırılması aşamasında, doğalgazın bünyesinde bulunan ağır hidrokarbonlardan arındırılması, LNG'nin doğalgaza göre

daha temiz ve daha yüksek enerji değerine ulaşmasını sağlamaktadır. Örneğin doğalgazın bünyesinde bulunan metanın sıvılaştırılmış hali, yoğunluk bakımından gazın normal halinden 600 kat daha yoğundur.<sup>90</sup> LNG’de taşımacılık bu iş için özel olarak üretilen tankerlerle yapılmaktadır. Yine de LNG’nin kullanım alanı çok daha sınırlı olup, genelde gazın boru hattı yoluyla taşınmasının mümkün olmadığı durumlarda tercih edilmektedir. Günümüzde bazı Afrika ve Asya ülkelerinden LNG taşımacılığı yapılmaktadır. 2015 itibariyle dünyadaki toplam LNG ticaret hacmi 338,3 milyar m<sup>3</sup> iken; bu miktar dünya doğalgaz tüketiminin yaklaşık % 9,7’sine karşılık gelmektedir.<sup>91</sup>

Küresel anlamda doğalgaz, 2013 itibariyle % 40 ile en fazla elektrik sektöründe tüketilmektedir. Onu % 22 ile sanayi, % 21 ile binalar, % 3 ile ulaşım ve % 12 ile diğer sektörler izlemektedir. IEA’nın Yeni Politikalar Senaryosuna göre; 2040’a gelindiğinde ise; bu anlamda elektriğin payının % 39, sanayinin % 25, binaların % 18, ulaşımın % 5 ve diğer sektörlerin payının ise % 11 olacağı öngörülmektedir. Görüldüğü gibi sektörel anlamda en fazla sanayide doğalgaz kullanımının artması öngörülmekte olup; özellikle yıllar ilerledikçe petrokimya sektöründe talep artışı yaşayacağı tahmin edilen ve son yıllarda iyice belirginleşen hava kirliliği ile mücadele etmek adına kömürden doğalgaza geçişin hızlanacağı öngörülen Çin’in bu konuda lokomotif ülke olması beklenmektedir.<sup>92</sup>

Dünya doğalgaz rezervlerinin büyük bölümü (üçte ikisinden fazlası); Rusya, Ortadoğu ve Orta Asya’da bulunmaktadır. 2016 yılı itibariyle dünyada toplam 186,6 m<sup>3</sup> doğalgaz rezervi bulunmaktadır. Dünya ispatlanmış doğalgaz rezervlerinin bölge ve ülkelere göre dağılımı Tablo 3.6 ve Tablo 3.7’deki gibidir.

---

<sup>90</sup> <http://www.lngcng.org.tr/lngnedir.aspx> (17.06.2017).

<sup>91</sup> Erdal Tanas Karagöl, Salihe Kaya, **LNG’nin Dünya Enerji Ticaretindeki Yeri** (İstanbul: Seta Yayınları, 2016), 13.

<sup>92</sup> IEA, **age**, 201-202.



**Tablo 3.6: 2016 İtibariyle İspatlanmış Doğalgaz Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı**

<b>Bölge</b>	<b>İspatlanmış Doğalgaz Rezervi (trilyon m<sup>3</sup>)</b>	<b>Toplam Rezervlere Oranı (%)</b>
Ortadoğu	79,4	42,5
Avrupa/Avrasya	56,7	30,4
Asya Pasifik	17,5	9,4
Afrika	14,3	7,6
Kuzey Amerika	11,1	6,0
Orta ve Güney Amerika	7,6	4,1

Kaynak: BP, BP Statistical Review of World Energy June 2017, 26-27.

**Tablo 3.7: 2016 İtibariyle İspatlanmış Doğalgaz Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı**

Ülke	İspatlanmış Doğalgaz Rezervi (trilyon m <sup>3</sup> )	Toplam Rezervlere Oranı (%)
İran	33,3	18,0
Rusya	32,3	17,3
Katar	24,3	13,0
Türkmenistan	17,5	9,4
ABD	8,7	4,7
Suudi Arabistan	8,4	4,5
BAE	6,1	3,3
Venezuela	5,7	3,1
Çin	5,4	2,9
Nijerya	5,3	2,8
Cezayir	4,5	2,4
Irak	3,7	2,0
Avustralya	3,5	1,9
Endonezya	2,9	1,5
Kanada	2,2	1,2
Norveç	1,8	1,0
Kuveyt	1,8	1,0
Mısır	1,8	1,0

Kaynak: BP, *BP Statistical Review of World Energy June 2017*, 26.

Tablolara bakıldığında dünya ispatlanmış doğalgaz rezervlerinin yarısına yakınının 3 ülkeye (İran, Rusya, Katar) ait olduğu görülecektir. Burada Rusya'nın İran'a göre daha çok ülkeye doğalgaz satışı yapması, iç tüketiminin daha fazla olması ve İran'a uygulanan yaptırımlardan dolayı İran'ın yüksek miktarda doğalgaz satışı yapamaması gibi nedenlerden İran'ın rezervleri Rusya'yı geçmiştir. Ancak yine de 32,3 trilyon m<sup>3</sup>'lük rezerviyle Rusya, yine de ihraç potansiyelinin yüksekliği ve enerji politikalarındaki tartışılmaz üstünlüğüyle, günümüzde doğalgaz piyasasındaki en önemli oyuncu konumundadır.

Doğalgaz piyasasında fiyatlar ise arz-talep dengesine göre belirlenmektedir. 2015 itibariyle ABD 754, Rusya ise 625 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz üretimi gerçekleştirmiş ve dünya toplam doğalgaz arzının % 39'luk bölümünü oluşturmuşlardır.<sup>93</sup> ABD'deki üretim, iç tüketimi karşılamakta iken; Rusya ise ürettiği gazın yaklaşık olarak % 30'unu ihraç etmektedir. Bu durum özellikle Avrasya'da doğalgaz arzında tekel konumunda olan Rusya'ya doğalgaz fiyatlarını belirleme noktasında önemli bir esneklik şansı tanımaktadır. Önümüzdeki yıllarda ise kendisine yönelik yaptırımların kalkmasından dolayı ihraç potansiyeli artacak olan İran ve doğalgaz piyasasındaki etkinliklerini giderek arttıran Katar, Türkmenistan gibi doğalgaz zengini ülkelerin doğalgaz satışlarını yükseltmesi halinde doğalgaz fiyatlarının daha da düşmesi kaçınılmaz olacaktır.

Öte yandan doğalgaz fiyatlarında bir başka belirleyici unsur da ikili ilişkiler olabilmektedir. Doğalgaz arzında bulunan ülkeler; ellerindeki bu "silahı" kullanarak kendilerine politik, ekonomik veya askeri anlamda avantaj sağlayabilmektedirler. Bir örnek vermek gerekirse Rusya, 2010 yılında Kırım'da 2017'den itibaren askeri varlığını 25 yıl daha sürdürmesine karşılık Ukrayna'ya % 30'luk doğalgaz indiriminde bulunmuştur.<sup>94</sup> Doğalgaz temin edecek ülkelerin ise; bu ülkeler ile eşit koşullarda ellerindeki ekonomik, siyasi vb. araçları kullanarak, ekonomik çıkarlarına uygun anlaşma ve sözleşmeleri elde etmeye çalışması mantıklı olacaktır.

Daha önce söz edildiği gibi küresel doğalgaz talebinin önümüzdeki on yıllar içerisinde artması öngörülmektedir. Bu artışın kaynağının büyük ölçüde OECD dışı ülkeler kaynaklı, yani gelişmekte olan ülkeler olması beklenmektedir. Örneğin; 2013 yılında 173 milyar m<sup>3</sup> gaz tüketen Çin'in, 2020 yılında 315, 2030 yılında ise 483 milyar m<sup>3</sup> gaz tüketmesi beklenmektedir.<sup>95</sup>

2013-2040 yılları arasında Çin'in doğalgaz talep artış oranının yıllık ortalama % 4,7 gibi çok yüksek bir değere ulaşacağı hesaplanmaktadır. Halen enerji tüketiminin yarısından fazlasını (% 60'a yakın) kömür ile karşılayan Çin'de, hava kirliliği çok ciddi bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Ülkede doğalgaza yönelik bu ciddi talep artışının en önemli nedenlerinden biri kömür kullanımının yarattığı bu olumsuz

<sup>93</sup> ENI, **World Oil and Gas Review 2016**, 43.

<sup>94</sup> <https://www.haberler.com/rusya-ve-ukrayna-eski-gunlere-dondu-rus-ussune-25-haberi/> (19.06.2017).

<sup>95</sup> IEA, **age**, 196.

koşullardır. Çin’de 2013 yılında doğalgazın birincil enerji tüketimi içindeki payı % 5 iken, 2040 yılında bu rakamın % 11’e yükseleceği tahmin edilmektedir.<sup>96</sup>

Bunun yanı sıra Hindistan (yıllık artış oranı % 4,6), Latin Amerika (% 2,1) ve Ortadoğu (% 2,1) önümüzdeki yıllarda beklenen küresel gaz talep artışının sürükleyici ülke ve bölgeleri olarak öne çıkmaktadır. ABD ve AB ise diğer ülke ve bölgelere oranla gaz talep artış oranları çok daha düşük seyreden ülke ve bölgelerdir. 2013-2040 yılları arasında ABD ve AB’nin yıllık ortalama gaz talep artış oranları sırasıyla % 0,5 ve % 0,1 olarak tahmin edilmektedir.<sup>97</sup>

Doğalgaz, genel anlamda diğer fosil yakıtlara oranla temiz ve verimli olmasına karşın yine de bünyesinde birçok tehlike de barındırmaktadır. Örneğin; doğalgazın yanmasında ozon tabakasına doğrudan etkisi bulunan NO<sub>x</sub>’in canlılara ve ekosisteme etkileri kömür ve petrolden kaynaklanan NO<sub>x</sub>’ler ile aynıdır.<sup>98</sup>

Doğalgazın bir diğer önemli tehlikesi ise diğer yakıtlarda da olduğu gibi belirli oranlarda hava ile karışması durumunda patlayıcı hale gelmesidir. Havadaki doğalgaz çok az ya da çok fazla ise patlama gerçekleşmez. Ancak % 5-15 aralığında bir karışım söz konusu olduğunda tehlike var demektir. Bu nedenle gaz sızıntılarının olmaması, olası kaçakların hemen belirlenmesi ve gaz sızabilecek yerlerin iyi havalandırılmış olması güvenlik açısından çok önemlidir.<sup>99</sup>

Doğalgazın yaratabileceği bir başka sıkıntı da yapılan alım garantili sözleşmelerdir. Doğalgaz alım sözleşmeleri çoğunlukla sene başına m<sup>3</sup> cinsinden yapıldığından doğalgaz alımını gerçekleştiren ülkenin gaz alımı yapacağı süreçte, gaz talep tahminini çok dikkatli yapması gerekmektedir. Bu tahmini yaparken de nüfus artış hızı, ülke ekonomisinin yıllık büyüme rakamları vb. birçok etken göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi takdirde gaz talep tahmini beklenen seviyenin altında kalırsa doğalgaz kıtlığı yaşanacak ve günlük hayat birçok yönüyle sekteye uğrayacaktır. Gaz talebi tahmin edilenden fazla olduğu durumda ise; söz konusu ülke hem ihtiyacından fazla gaz alımı yaptığından ekonomik kayıp yaşayacak hem de tüketim fazlası

---

<sup>96</sup> age, 199.

<sup>97</sup> age, 196.

<sup>98</sup> Örgen Uğurlu, *Çevresel Güvenlik ve Türkiye’de Enerji Politikaları* (İstanbul: Örgün Yayınevi, 2009), 167-168.

<sup>99</sup> age, 168.

yaşanacağından hava kirliliği artacaktır. Bu durumda doğalgaz talebinin ne derecede doğru tahmin edileceği, ülkenin yaşayacağı karı veya zararı belirleyecektir.

Doğalgazın diğer fosil yakıtlara kıyasla daha temiz ve verimli oluşu, bu enerji kaynağının kullanımını daha cazip kılmaktadır. Ancak, doğalgazın aynı zamanda diğer fosil yakıtlara göre pahalı oluşu da önemli bir olumsuzluktur. Bu durumda doğalgaz alımı yapacak ülkenin sahip olduğu özel ve jeopolitik konumunu iyi kullanıp, bunu lehine çevirebilme becerisi de büyük önem taşımaktadır.

### **3.1.4. Nükleer Enerji**

Nükleer enerji, günümüzde belki de en çok tartışılan enerji kaynağı olma özelliğini taşımaktadır. Nükleer enerji, bir taraftan enerji tüketiminden kaynaklanan küresel ısınma ve iklim değişikliği kaygılarına bir çözüm gibi gözükmektedir; diğer taraftan da başta bu enerji kaynağı menşeli silah geliştirilmesi olmak üzere bünyesinde birçok endişe barındırmaktadır.

Nükleer enerji, maddenin en küçük parçası olan atomun çekirdeğindeki enerjidir. Çekirdeği bir arada tutan bağlarda ise çok büyük miktarda enerji yüklüdür. Bu bağların kırılması durumunda da büyük miktarda enerji açığa çıkmaktadır. Bu enerji, elektrik üretme amaçlı kullanılabilir. Nükleer enerji üretiminde fizyon ve füzyon gibi iki farklı yöntem bulunmaktadır.

Fizyonda ağır ve kararsız atomlar, daha küçük atomlar oluşturmak üzere ayrılır. Bu işlem sırasında enerji açığa çıkmakta ve bu enerji elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Kısır döngü halinde devam eden bu işlemde sürekli olarak enerji açığa çıkmaya devam etmektedir. Günümüzdeki nükleer santraller, fizyon teknolojisiyle çalışmaktadır. Füzyonda ise tersine, atomlar daha büyük atomlar oluşturmak için birleşmekte ve bu birleşim sırasında enerji açığa çıkmaktadır. Bu işlem sırasında da fizyondakinden çok yüksek miktarda ve sıcaklıkta (yaklaşık 150 milyon derece) enerji açığa çıkmaktadır.<sup>100</sup>

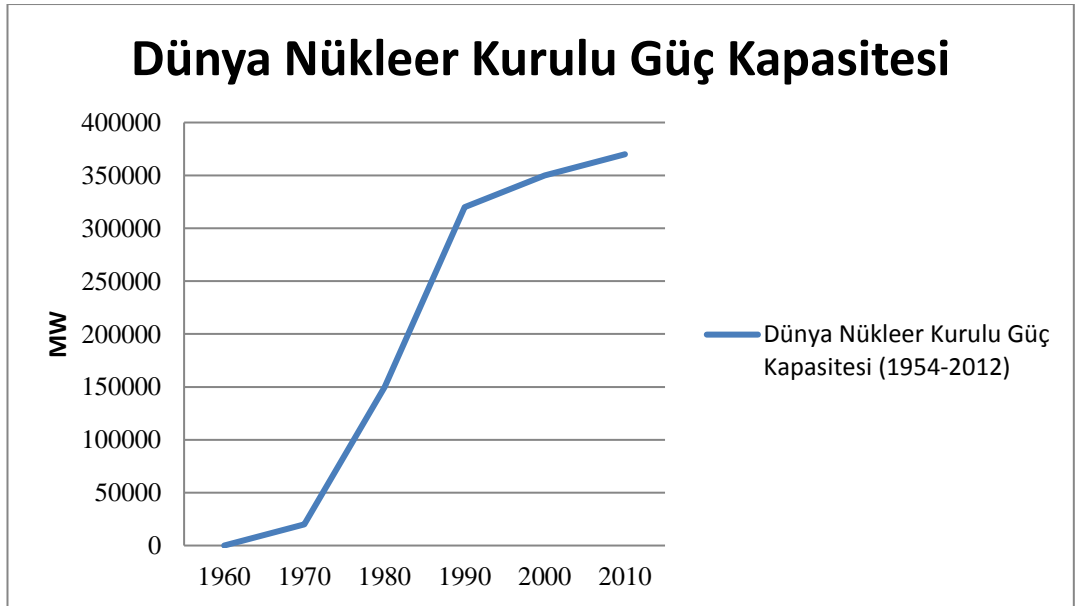
Günümüzde ise fizyon teknolojisi; füzyona göre açığa çıkan enerji elektrik üretimine dönüştürülme olanağı bulunduğu için doğal olarak çok daha fazla kullanılmaktadır. Ancak füzyon teknolojisine ilişkin çalışmalar da sürmektedir. ABD’li bilim adamları

---

<sup>100</sup> Pamir, *age*, 102.

füzyon teknolojisiyle enerji elde edilmesinin zor olduğunu vurgulamakla birlikte, bu başarıldığı takdirde de elde edilecek enerjinin fizyondan ucuz ve fizyona göre çok daha güvenli olacağından söz etmektedir. Ancak bu teknolojinin başarısına ilişkin bir bulgu olmayıp, uzmanlar bu tesislerin hizmete girmesinin onlarca yılı bulabileceğinden söz etmektedir.

Nükleer bilime yönelik çalışmalar, 2. Dünya Savaşı sırasında nükleer enerji kullanılarak açığa çıkan enerji ile bomba üretilebileceğinin anlaşılmasıyla hız kazanmıştır. Deneysel anlamda ilk nükleer reaktör 1942’de Enrico Fermi tarafından Chicago Üniversitesi’nde geliştirilmiş, 1945’te de Japonya’nın Hiroşima ve Nagazaki kentlerine atılan nükleer bombalar ile nükleer enerji ile açığa çıkan güç ve tabii ki ne denli yıkıcı sonuçlara yol açabileceği net bir şekilde görülmüştür. Sahip olduğu enerji potansiyelinin iyice anlaşılmasıyla 2. Dünya Savaşı’ndan sonra nükleer enerjiye yönelik çalışmalar iyice yoğunlaşmış, 1951’de ABD’de nükleer enerji kullanılarak ilk elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında 1953’de İngiltere, 1954’de Rusya, 1956’da Fransa, 1961’de ise Almanya’da nükleer enerji ile elektrik üretilmeye başlanmıştır.<sup>101</sup> 1954-2012 yılları arasında dünya nükleer kurulu gücü aşağıdaki gibi gelişmiştir.



**Şekil 3.4: 1960-2012 Yılları Arasında Dünya Nükleer Kurulu Güç Kapasitesi**

Kaynak: [http://www.earth-policy.org/images/uploads/graphs\\_tables/highlights33\\_capacity.PNG](http://www.earth-policy.org/images/uploads/graphs_tables/highlights33_capacity.PNG) (22.06.2017).

<sup>101</sup> Kocaeren, **age**, 289.

1960'lı yılların sonlarında nükleer enerji; bünyesinde barındırdığı büyük enerji potansiyeliyle alternatif bir enerji kaynağı olarak ortaya çıkmış, dünyada-özellikle gelişmiş ülkelerde-artmakta olan toplam enerji talebine bir anlamda cevap olmuştur. 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizlerinin etkisi ve 1980'li yılların başlarına kadar olan süreçte nükleer enerji üretim maliyetlerinin kömür santralleriyle yakın olması nedeniyle enerji arzlarını çeşitlendirmek isteyen bu ülkeler çevreye görünen anlamda daha az negatif dışsallık yayan bu kaynağa yönelmişlerdir. Ancak 1980'li yılların ortalarından itibaren nükleer üretim maliyetlerinin yükselerek kömüre göre daha pahalı hale gelmesi (1981'de kWh başına 2,48 sent olan üretim maliyeti 1987'de 3.48 sente yükseldi.), aynı süreçte kömür ve petrol fiyatlarının düşmesi ve daha çevreci, ekonomik ve kısa sürede tamamlanabilen doğalgaz çevrim santrallerinin ortaya çıkışıyla birlikte nükleer enerjiye olan talep yavaşlamaya başlamıştır.<sup>102</sup> Bunun yanı sıra 1979'da ABD'deki Three Mile Island ve 1986'daki Çernobil nükleer kazalarıyla, nükleer enerjinin yol açabileceği sonuçların görülmesi ve nükleer enerjiye yönelik çekincelerin dünya kamuoyunda artması da bu konuda etkili olmuştur. 1990'lı yılların ortalarına doğru durma noktasına gelen küresel kapasitedeki artış, nükleer üretim maliyetlerinde yaşanan düşüşün (2002'de kWh başına 1.71 sente kadar geriledi.<sup>103</sup>) ve Çin, Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerin de nükleer enerjiye yönelmesinin etkisiyle yeniden yükselmeye başlamıştır. 2011'de Japonya'da yaşanan Fukuşima nükleer felaketi sonrasında ise nükleer santrallerin güvenlik boyutu tekrar gündemdeki yerini almıştır.

Günümüzde, dünyada 31 ülkede toplam 450 nükleer reaktör işletme halinde olup 16 ülkede 60 nükleer tesis de yapım aşamasındadır. Kasım 2016 itibariyle nükleer reaktörlerin ülkelere göre dağılımı, nükleer üretim kapasiteleri ve elektrik üretiminde nükleer reaktörlerin payı Tablo 3.8'deki gibidir.

---

<sup>102</sup> David Bodansky, **Nuclear Energy: Principles, Practices, and Prospects** 2. bs. (New York: Springer, 2004): 567.

<sup>103</sup> **age**, 567.

**Tablo 3.8: 2016 İtibariyle Nükleer Reaktörlerin Ülkelere Göre Dağılımı, Nükleer Üretim Kapasiteleri ve Elektrik Üretiminde Nükleer Enerjinin Payı**

Ülke	Nükleer reaktör sayısı	Nükleer üretim kapasitesi (MW)	Elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı (%)
ABD	99	98,868	19,7
Fransa	58	63,130	72,3
Japonya	43	40,290	2,2
Rusya	36	26,557	17,1
Çin	36	31,402	3,6
Güney Kore	25	23,133	30,3
Hindistan	22	6,225	3,4
Kanada	19	13,524	15,6
Ukrayna	15	13,107	52,3
Birleşik Krallık	15	8,918	20,4
İsveç	10	9,651	40,0
Almanya	8	10,799	13,1
İspanya	7	7,121	21,4
Belçika	7	5,913	51,7
Tayvan	6	5,052	13,7
Çek Cum.	6	3,930	29,4
İsviçre	5	3,333	34,3
Finlandiya	4	2,752	33,7
Macaristan	4	1,889	51,3
Slovakya	4	1,814	54,1
Pakistan	4	1,005	4,4
Arjantin	3	1,632	5,6
Bulgaristan	2	1,926	35,0
Brezilya	2	1,884	2,9
Güney Afrika	2	1,860	6,6

Kaynaklar: <https://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/n/nuclear-power-plant-world-wide.htm> (24.06.2017), <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/nuclear-generation-by-country.aspx> (24.06.2017).



Tabloda görüldüğü gibi bazı ülkelerin elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı oldukça yüksektir. Fransa, bu alanda % 72,3 ile başı çekmektedir. Yine Ukrayna, Macaristan, Slovakya gibi ülkeler de elektrik gereksiniminin yarısından fazlasını nükleer reaktörlerden karşılamaktadır. Öte yandan nükleer enerjinin küresel anlamda elektrik üretimindeki payı 1996'dan beri giderek azalmaktadır. 1996'da % 18 olan bu oran 2013'de % 11'e kadar gerilemiştir.<sup>104</sup>

Nükleer enerjinin fosil kaynaklara göre; temiz olması, karbondioksit salınımının düşüklüğü, birim başına ürettiği enerji miktarının çok daha yüksek olması, bunların yanında hayata geçirildiği takdirde başta tıp olmak üzere tarım, endüstri ve araştırma alanlarında geniş uygulama olanakları bulunması nükleer enerjinin çekiciliğini artıran etkenler olarak öne çıkmaktadır.

Ancak diğer taraftan; bugüne kadar gerçekleşen nükleer kazalar ve bu kazaların sebep olduğu yıkıcı sonuçlar ortada olmakla birlikte nükleer enerjinin sürdürülebilirliği, insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri ekseninde yoğun tartışmalar mevcuttur. Örneğin; bugünkü teknolojik olanaklarla nükleer atıkların güvenli bir biçimde depolanabilmesi oldukça güç olmakla birlikte maliyeti çok yüksektir. Yeraltında depolanmak zorunda olan bu atıklar yerleşim alanlarının dışında olmak durumundadır. Diğer yandan radyoaktif atıkların yüzeydeki ara depolarda veya yerin altında bulunan nihai depolarda saklanması gerektiği tartışılmakta olup, henüz bu soruna net bir çözüm bulunamamıştır.<sup>105</sup> ABD'de Yucca Dağı'nın altına yapılması planlanan deponun inşası için Obama Hükümeti tarafından durdurulana kadar 11 milyar dolar harcama yapılmış, deponun tamamlanması halinde toplam harcamanın 77 milyar doları bulacağı belirtilmektedir.<sup>106</sup>

Nükleer santraller; günümüzde en pahalı enerji yatırımları arasında yer almaktadır. İlk yatırım maliyetlerinde deniz üstü rüzgar santralinden sonra en pahalı yatırım konumunda olan nükleer santraller (kW başına 5530 dolar); yıllık sabit işletme maliyetlerinde de kW başına 93,28 dolar ile biyokütlenin ardından ikinci sırada

<sup>104</sup> IEA, **World Energy Outlook 2014**, 351.

<sup>105</sup> Eren Alper Yılmaz, "Güvenlik ve Ekonomik Boyutuyla Nükleer Enerji Tartışmaları: Akkuyu Nükleer Santrali Örneği", **Cumhuriyet Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi**, c. 39, s. 1 (2015): 233.

<sup>106</sup> Pamir, **age**, 417.

gelmektedir.<sup>107</sup> 2015 itibariyle bazı ülkeler için % 10'luk faiz oranına göre nükleer santrallerin maliyeti Tablo 3.9'da verilmiştir.

**Tablo 3.9: 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerde Nükleer Santrallerin Maliyetleri**

Ülke	Yatırım M. (USD/MWh)	Yakıt ve Atık M. (USD/MWh)	İşletme ve Bakım M. (USD/MWh)	Toplam M. (USD/MWh)
ABD	79.16	11.33	11.00	101.76
B. Krallık	103.46	11.31	20.93	135.72
Çin	47.75	9.33	7.32	64.40
Fransa	92.53	9.33	13.33	115.21
Güney Kore	33.15	8.58	9.65	51.37
Japonya	70.90	14.15	27.43	112.50

Kaynak: IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition**, 48-49.

Nükleer santral maliyetlerinin en belirleyici kalemi konumundaki yatırım maliyetleri ise son 25 yılda ciddi anlamda yükselerek; bazı ülkelerde iki, bazılarında ise yaklaşık üç kat artış göstermiştir. Tablo 3.10'da 1991 ve 2015 yıllarındaki yatırım maliyetleri belirtilmekte olup, yine söz konusu yıllar arasında yatırım maliyetleri anlamında daha sağlıklı bir karşılaştırma yapabilmek için 1991 ve 2015 yıllarında tabloda belirtilen ülkelerin bu yıllara ait tüketici fiyat endekslerinden faydalanılmıştır. Parantez içindeki değerler 1991 maliyetlerinin 2015'e göre çevrilmiş değerini ifade etmektedir.

<sup>107</sup> Kaya, Koç, **age**, 65.

**Tablo 3.10: 1991-2015 Yılları Arasında Bazı Ülkelerde Nükleer Santrallerin Yatırım Maliyetleri ve Yaşanan Yüzdesele Değişimler**

Ülke	Yatırım Maliyetleri-1991 (USD/kW <sub>e</sub> )	Yatırım Maliyetleri-2015 (USD/kW <sub>e</sub> )	Yüzdesele artış (%)
ABD	2.380 (4.160)	5.828	144,8 (40)
B. Krallık	3.543 (5.750)	8.053	127,2 (40)
Belçika	2.360 (3.748)	7.222	206 (92,6)
Çin	1.869 (4.776)	3.717	98,8 (-28,4)
Finlandiya	2.207 (3.221)	6.959	215,3 (116)
Fransa	1.658 (2.384)	7.202	334,3 (202)
Japonya	2.939 (3.057)	5.519	87,7 (80,5)

Kaynaklar: Nejat Aybers, Bahri Şahin, **Enerji Maliyeti**, 127. IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity**, 41.

Tabloya bakıldığında söz konusu süreçte; Çin dışındaki ülkelerde nükleer santrallerin yatırım maliyetlerinin yükseldiği görülmektedir. Bu durumun oluşmasında; nükleer teknolojinin olgunluk seviyesine yaklaşmasının etkisi olmakla birlikte Çin dışındaki ülkelerin gelişmiş ülke sınıfında yer alması dikkat çekicidir. Burada nükleer teknoloji anlamında Çin'in 1980'den günümüze üretim ve teknolojinin diğer birçok alanında olduğu gibi gelişmiş ülkelerle arasındaki teknoloji farkını azaltmış olması muhtemeldir. Diğer taraftan ABD ve Birleşik Krallık'da reel anlamda yatırım maliyetlerinde yaşanan artışın diğer ülkelere göre daha düşük oranlarda gerçekleştiği görülürken; bu ülkelerin geçen süre zarfında nükleer teknoloji anlamında ve inşa sürecinde daha verimli hamleler yaptığı anlaşılmaktadır.

Nükleer santrallerin artan yatırım maliyetleri; yüksek verimliliklerine rağmen (% 90 civarında) yatırımcıların gözünde nükleer santrallerin çekiciliğini azaltan bir etken olmaktadır. Yatırım maliyetlerini yükselten en önemli etkenlerden biri bu santrallerin, inşa sürelerinin uzun oluşudur. Bir nükleer santralin inşa süresi ortalama 7-9 yıl arası iken; bu süre; ilgili proje için finansman bulma sıkıntısı, santralin yapımı sürecinde karşılaşılan teknik zorluklar gibi sebeplerden dolayı da uzayabilmektedir. İnşa süresinin aşağıya çekilebilmesi durumunda ise nükleer santrallerin maliyeti önemli ölçüde azalacaktır. Bu noktada Japonya güzel bir örnektir. Japonya'da 1983'den beri inşa edilen 30 nükleer santral ortalama 50 ayda tamamlanmıştır.

Bunun sonucunda da Japonya’da yatırım maliyetlerinin artış oranı birçok ülkeye göre daha düşük oranda kalmıştır.<sup>108</sup> Bunun yanı sıra bu santrallerin kurulu gücü arttırılmak suretiyle ölçek ekonomisi anlayışı daha geniş çapta benimsenmesi halinde de bu durum yatırım maliyetlerini düşürücü etki yapacaktır. Böylece yatırımcıların gözünde nükleer enerji seçeneği daha cazip hale gelebilecektir. Ayrıca nükleer santrallerin söküm maliyetleri de oldukça yüksektir. ABD’deki Maine-Yankee reaktörünün kuruluş maliyeti 280 milyon dolar iken; bu santralin sökölüp devre dışı bırakılmasının maliyeti 2 milyar doları bulmuştur.<sup>109</sup>

Bunun dışında özellikle nükleer enerjiye yeni geçiş yapmak isteyen ülkeler, işin teknolojik boyutunu da hesaba katmak durumundadır. Bugün nükleer teknoloji konusunda enformasyon düzeyi yüksek olan ülke sayısı iki elin parmaklarını geçmemektedir. Bu da nükleer enerjide dışa bağımlı hale gelmek demektir. Bu durumda, o ülkeye nükleer santrali kim kuracaksa; o ülke üzerindeki politik ve ekonomik etkisini artıracığını öngörmek zor değildir.

Öte yandan nükleer santrallerin olumsuz çevresel etkileri konusundaki duyarlılık da son yıllarda oldukça artmıştır. Özellikle Fukuşima’daki felaket sonrasında, birçok ülke nükleer politikasını yeniden gözden geçirmeye başlamıştır. Örneğin Almanya, Fukuşima felaketinden hemen sonra ülkedeki yedi nükleer reaktörü üç ay süreyle geçici olarak kapatmış, 2022’de ise ülkede tüm nükleer reaktörlerin kapatılması kararlaştırılmıştır. İtalya’da ise 2011’de yeni nükleer santral inşa edilmesi için yapılan referandumda % 94 ret oyu çıkmıştır. Belçika, İspanya ve İsveç gibi ülkeler de yeni nükleer reaktör inşa etmeme, var olanları da devre dışı bırakma kararı almışlardır.

Nükleer santraller konusunda düşünülmesi gereken bir diğer husus da işin askeri güvenlik boyutudur. Özellikle nükleer teknolojiye yeni geçiş yapacak olan ülkelerin terör-güvenlik sorunları, buldukları bölgenin siyasi ve askeri istikrar durumu büyük önem taşımaktadır. Örneğin bir savaş veya çatışma durumunda nükleer santraller, potansiyel bir hedef haline gelebilirler. Bu nedenle çatışma riski yüksek olan veya çıkabilecek çatışmalardan etkilenme olasılığı yüksek olan bölgelere nükleer tesisler inşa etmek pek de akılcı olmayacaktır. Öte yandan özellikle son

---

<sup>108</sup> Bodansky, *age*, 569.

<sup>109</sup> Yılmaz, *age*, 233.

yıllarda tüm dünyada artan terör tehdidiyle birlikte nükleer tesisler de kolayca bir hedef haline dönüşebilir. Bu durumda nükleer santrallerdeki güvenlik önlemlerinin en üst seviyeye çıkarılması ve nükleer tesislere terörist sızmaların yaşanmaması için gereken her türlü önlemin alınması çevresel güvenlik açısından şarttır.

Nükleer reaktörlerin; güvenlik sorunu teşkil ettiği bugün yoğun şekilde tartışılmakta ve bazı kişi ve çevrelerce de kabul edilmektedir. Özellikle yenilenebilir enerjiye geçmişten günümüze yüksek miktarda yatırım yapmış ülkeler (Almanya gibi), son yıllarda nükleer enerjiyi yenilenebilir enerjiyle ikame etmeye başlamışlardır. Yine de nükleer teknolojiye sahip olan ülkelerin; enerji arzındaki çeşitliliği sürdürmek, nükleer enerjinin başka sektörlerde de önemli ölçüde kullanılmasından-özellikle silah sektöründe-dolayı nükleer programlarını ilerleyen yıllarda sürdürmeleri muhtemeldir. Nitekim 2016'da % 4,4 olan nükleer enerjinin küresel enerji tüketimindeki payının;<sup>110</sup> 2020'de % 5,4'e, 2040'da ise 6,6'ya yükselmesi beklenmektedir.<sup>111</sup>

### **3.1.5. Kaya Gazı**

Günümüzde konvansiyonel enerji kaynakları konumunda olan petrol, kömür ve doğalgaz gibi kaynaklar uzun vadede tükeneceğinden bu durum ülkeleri yeni enerji kaynakları bulma konusunda arayışlara yöneltmiştir. Bu bağlamda ABD'de yapılan çalışmalar sonucunda petrol ve doğalgazı oluşturan kayaların içerisinde bulunan gaz literatürdeki yerini almıştır. Kaya gazı; ince taneli tortul kayaların gözeneklerinde depolanmış, yeni bir enerji kaynağıdır. Petrol ve doğalgaz, olduğu ana kayadan ayrılarak farklı kayalar içerisinde yerleşirken; bu yer değişimi sırasında petrol veya doğalgazın bir bölümü ana kayada kalmaktadır. İşte kaya gazı, ana kayayı terk etmeyen ve kayacın gözeneklerinde kalan gazı ifade etmektedir.<sup>112</sup>

İlk kaya gazı üretimi, ABD'nin New York eyaletinde 1821 yılında gerçekleştirilmiş ve 1970 yılında endüstriyel ölçekte üretime başlanmıştır. Ana kaya doğal haliyle geçirgen olmadığından öncelikle hapsettiği gazı serbest bırakacak duruma getirilmesi gerekmektedir. Bunun için yüksek basınçla hidrolik çatlatma işlemi

---

<sup>110</sup> BP, *age*, 9.

<sup>111</sup> IEA, *age*, 57.

<sup>112</sup> Süleyman Karşlı, "Son Gelişmeler Işığında Türkiye'de Kaya Gazı", *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 5, s. 3 (2015): 27.

uygulanmaktadır.<sup>113</sup> Oldukça pahalı olan bu yöntem ilk olarak 1947 yılında ABD'nin Kansas eyaletinde uygulanmış ve bugün ABD'de giderek yaygınlaşmaktadır. Bu yöntemle 2000 yılında ABD'de günde yaklaşık 23,000 kuyudan günde 102,000 varil petrol üretilmişken, 2015'e gelindiğinde hidrolik çatlatmayla petrol üretilen kuyu sayısı 300,000'e çıkmış, bu kuyulardan üretilen petrol miktarı da günde 4,3 milyon varile yükselmiştir. Bunun yanı sıra, 2000'de bu yöntemle üretilen petrol, toplam petrolün % 2'sine eşitken, 2015'de bu rakam % 51'e çıkmıştır.<sup>114</sup>

Dünyadaki kaya gazı rezervlerini tahmin etmek amacıyla EIA ( Energy Information Administration) ve ARI (Advanced Resources International), 2013 yılında ortak bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışma sonucunda; 42 ülkede 95 kaya gazı havzasıyla birlikte 137 kaya gazı oluşumu belirlenmiştir. Bu havza ve oluşumların; ülkelere dağılımı ise Tablo 3.11'deki gibidir.

---

<sup>113</sup> age, 28.

<sup>114</sup> <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=25372> (26.06.2017).

**Tablo 3.11: Dünyada Tahmin Edilen Kaya Gazı Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı**

Sıra	Ülke	Çıkarılabilir Kaya Gazı Rezervi (trilyon feet küp)	Toplam Rezervlere Oranı (%)
1	Çin	1,115	15,4
2	Arjantin	802	11,1
3	Cezayir	707	9,8
4	Kanada	573	7,9
5	ABD	567	7,8
6	Meksika	545	7,5
7	Avustralya	437	6
8	Güney Afrika	390	5,4
9	Rusya	287	3,9
10	Brezilya	245	3,4
11	Venezuela	167	2,3
12	Polonya	148	2
13	Fransa	137	1,9
14	Ukrayna	128	1,7
15	Libya	122	1,6
	Diğer	831	11,5
	<b>Tüm Rezervler</b>	<b>7,201</b>	<b>100</b>

Kaynak: EIA, *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States*, 5-7.

Dünyanın en geniş kaya gazı rezervleri Çin’de olmasına rağmen, bugün bu gazdan en çok üretim gerçekleştiren ve yararlanan ülke ABD’dir. Çünkü bu kaynağa geçmişten günümüze en yoğun biçimde yatırım yapan ülke ABD olmuştur. ABD’nin yanı sıra kaya gazı üretimi son yıllarda birçok AB ülkesinin, Çin, Hindistan, Güney Afrika ve Arjantin gibi gelişmekte ülkelerin de gündemine gelmiştir. İlerleyen yıllarda bu kaynağa olan yatırımların sürmesi ve artması halinde de bu durum dünya doğalgaz piyasalarını derinden etkileyecektir. IEA’nın tahminlerine göre 2013’de 331 milyar

m<sup>3</sup> olan kaya gazı üretimi 2040'a gelindiğinde 941 milyar m<sup>3</sup>'e ulaşacağı öngörülmektedir.<sup>115</sup>

Günümüzde kaya gazının sondaj maliyeti yüksek olsa da; ilerleyen yıllarda söz konusu maliyetlerin düşebileceğine yönelik işaretler mevcuttur. ABD'nin Haynesville bölgesinde kaya gazı çıkarma amaçlı kazılan bir kuyunun maliyeti yaklaşık 9 milyon dolar iken; ilk kaya gazı kuyusundan günümüze sondaj maliyeti % 39, çatlatma maliyeti ise % 50 oranında azalmıştır.<sup>116</sup> Önümüzdeki yıllarda kaya gazı maliyetlerinin düşmeye devam etmesi durumunda bu kaynağa yönelik yatırımların artacağı ve kullanımının küresel çapta yaygınlaşacağını söylemek zor değildir.

Buna karşın; kaya gazı çalışmalarının birçok olumsuz çevresel etkileri de bulunmaktadır. Hidrolik çatlatma sürecinde yüksek miktarda su kullanılmakta ve bu durum dünyadaki temiz su miktarını azaltıcı etki yapmaktadır. Bunun yanı sıra gazın yeryüzüne çıkartılması sırasında yaşanabilecek doğalgaz kaçaqları karbon salınımlarını arttırmakta, hava kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca hidrolik çatlatma sonrasında yüzeye dönen atık sular, tuz ve radyoaktif maddeler tarafından kirletilmiş olup bu durum yer üstü su kaynakları, toprak ve doğal yaşam için zararlı olmaktadır.<sup>117</sup>

Sonuç olarak elde bulunan veriler; kaya gazının küresel ölçekte kullanımının ve öneminin önümüzdeki on yıllarda artacağını işaret etmektedir. Elbette ki ülke yönetimlerinin ve büyük enerji şirketlerinin bu kaynağa ne derece yatırım yapacağı da büyük önem taşımaktadır. Ancak bu kaynaktan ileri gelecek ticari kazançlar, insan sağlığını ve ekosistemi korumanın önüne geçmemelidir. Özellikle yerleşim bölgeleri ve tarımsal üretim yapılan bölgelerde gaz arama ve çıkarma çalışmaları yapılmaktan kaçınılmalı ve içinde yaşadığımız doğanın korunmasına öncelik verilmelidir. Aksi takdirde doğa ve çevre belki de geri dönülemez bir şekilde tahrip olacaktır. Ülke yönetimleri de üzerlerine düşen görevleri yapmalı; insan sağlığı ve ekosistemi koruyacak yasal düzenlemeleri hayata geçirmeli ve gerekli tedbirleri almalıdır.

---

<sup>115</sup> IEA, *age*, 233.

<sup>116</sup> [http://www.sde.org.tr/userfiles/file/Kaya%20Gaz%C4%B1%2002\\_04\\_13.pdf](http://www.sde.org.tr/userfiles/file/Kaya%20Gaz%C4%B1%2002_04_13.pdf) (25.06.2017).

<sup>117</sup> Nazan Yalçın Erik, "Şeyl Gazı (Kaya Gazı) ve Çevresel Etkileri", *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 37, s. 4 (2016): 428.



### 3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, yenilenme hızları tüketilme hızlarına göre daha çabuk olan kaynakları ifade etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları; sürdürülebilir ve temiz olmalarının yanı sıra bu kaynaklara geçiş yapılabildiği takdirde enerjide dışarıya bağımlılık önemli ölçüde azalacak ve enerji üretim maliyetleri kademeli olarak düşecektir. Enerji güvenliğini sağlamanın, ülke ekonomilerinin temel hedeflerinden biri olduğu da göz önüne alındığında; yenilenebilir kaynaklara yapılacak her yatırım, ülke ekonomilerine uzun vadede büyük kazançlar getirecektir.

Geçmişten günümüze enerji kullanımı, yenilenemeyen enerji kaynakları olan fosil yakıt merkezli olduğundan bu kaynaklar belli bir süre sonra tükenecektir. Bu nedenle içinde bulunduğumuz süreç, yenilenebilir kaynaklara yönelmeyi ve zaman içerisinde geçişi bir anlamda zorunlu kılmaktadır. Bu süreç içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapan ve bu alanda teknolojik ilerlemeler kaydeden ülkeler, diğer ülkelere göre büyük avantaj sağlayacaktır. Çünkü ilerleyen yıllarda bu kaynakların önemi giderek artacağından, bu yönde teknolojik olanaklarını geliştiren ülkeler belki de diğer ülkelere bu kaynakların kurulumunu gerçekleştirerek yine ekonomik bakımdan önemli kazanımlar elde edeceklerdir. Çünkü genel anlamda; sonraki sayfalarda da inceleneceği gibi yenilenebilir kaynakların kuruluş maliyetleri yüksektir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini destekleyen bir başka gelişme ise özellikle 1990'lı yıllardan itibaren fosil yakıt temelli enerji kullanımından dolayı, küresel ısınmanın ciddi boyutlara ulaşmaya başlaması ile çevre bilincinin artış göstermesidir. Bu bilinç, atmosfere kirlilik yaratıcı salınım vermeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının destek görmesini sağlamış ve ilerleyen yıllarda bu kaynaklara yapılan yatırımlar da artmaya başlamıştır.

2016 yılı verilerine göre; küresel enerji tüketiminin % 10'u yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılanmıştır.<sup>118</sup> Öte yandan yenilenebilir enerjinin, bugün en yoğun olarak kullanıldığı sektör elektrik sektörüdür. 2016 yılında dünyadaki

---

<sup>118</sup> BP, age, 9.

elektriğin % 24,5'i yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretilmiştir.<sup>119</sup> Önümüzdeki on yıllarda yenilenebilir kaynakların, küresel enerji tüketimi içindeki yer ve öneminin hangi boyutta olacağına dair birçok öngörü yer almaktadır. Yüzdeler farklılık gösterse de; öngörülerini yapan kuruluşlar, yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji tüketimi içindeki payının artacağı noktasında anlaşmaktadırlar. Örneğin 2011 yılında WWF'nin (Dünya Doğal Yaşamı Koruma Vakfı) "Enerji Raporu-2050'de % 100 Yenilenebilir Enerji" adlı raporunda; 2050 yılına kadar tamamen yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin mümkün olduğundan söz edilmektedir.<sup>120</sup> Biraz abartılı da olsa raporda; enerji ve elektrik talebinde ciddi tasarruf tedbirlerinin alınması, fosil yakıtların yenilenebilir kaynaklarla ikame edilmesi ve enerjide verimliliğe öncelik verilmesi halinde, 2050'lerde fosil yakıtların ve nükleer enerjinin toplam enerji tüketimindeki payının çok alt seviyelere düşeceği belirtilmektedir. Shell'in 2100 yılına yönelik tahminlerinin yer aldığı "Yeni Lens Senaryoları" adlı raporunda ise yenilenebilir kaynakların toplam enerji tüketimi içindeki payının 2060 yılında % 30-40 civarına ulaşacağı, zaman sınırı uzatıldığı takdirde ise % 60-70'lik oranlara çıkabileceği düşünülmektedir.<sup>121</sup> Bunun yanı sıra IEA'nın World Energy Outlook 2015 raporundaki Yeni Politika Senaryosuna göre; ise 2013-2040 yılları arasında yenilenebilir kaynakların payının elektrik üretiminde % 22'den % 34'e, ısınmada % 10'dan % 15'e ulaşımda ise % 3'den % 7'ye çıkacağı öngörülmektedir.<sup>122</sup>

Öte yandan yenilenebilir enerjiye geçiş, istihdam olanaklarını da önemli ölçüde arttırıcı etki yapmaktadır. Dünya ölçeğinde 2016 itibariyle yenilenebilir enerji sektöründe yaklaşık 9,8 milyon kişi istihdam edilmiştir. 2012'de bu rakamın 7,1 milyon olduğu göz önüne alındığında; bu süreçte yaşanan artış oldukça dikkat çekicidir.<sup>123</sup> Bu kaynakların enerji üretim maliyetlerinin düşerek konvansiyonel enerji kaynaklarına giderek yaklaştığı ve son yıllarda küresel anlamda çevresel duyarlılığın da iyice arttığı göz önüne alındığında; ilerleyen yıllarda yenilenebilir kaynakların küresel enerji tüketiminde öneminin giderek artacağı ve bu sektörde

---

<sup>119</sup> REN21, **Renewables 2017: Global Energy Report**, 33.

<sup>120</sup> WWF, **The Energy Report 100 % Renewable Energy by 2050**, 23.

<sup>121</sup> <http://www.shell.com/content/dam/royaldutchshell/documents/corporate/scenarios-newdoc.pdf> (28.06.2017).

<sup>122</sup> IEA, **age**, 349.

<sup>123</sup> IRENA, **Renewable Energy and Jobs Annual Review 2017**, 5.

istihdam edilen birey sayısının da artarak yükseleceğini söylemek yanlış olmayacaktır.

Günümüzde başlıca yenilenebilir enerji kaynakları; rüzgar, güneş, biyokütle, hidrolik enerji, jeotermal enerji, dalga ve okyanus enerjisi ve hidrojen enerjisidir. Aşağıda bu kaynaklar incelenirken; bu kaynakların enerji potansiyelleri ve getirebilecekleri ekonomik kazançların yanı sıra yaratabilecekleri çevresel etkiler (ve sorunlar) ile birlikte değerlendirilecektir.

### 3.2.1. Rüzgar Enerjisi

Yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir enerji kaynağı olan rüzgarın; bu amaçla kullanımı 13.yüzyıla kadar gitmektedir. Bu dönemde yel değirmenlerinde kullanılan rüzgar, modern anlamda ise 1970'lerde yaşanan petrol krizleriyle birlikte kullanılmaya başlanmıştır. 1980'lerde birçok ülkede devlet destekli araştırma programı başlatılmış, bu süreç içerisinde rüzgar enerjisi üretimi 55 kW'den 1000 kW'ye çıkmıştır.<sup>124</sup> Denizdeki ticari anlamda ilk rüzgar türbini ise 1991'de Danimarka'da üretilmiştir.<sup>125</sup>

Dünya Enerji Konseyi (WEC) tarafından yapılan çalışmada dünya yüzeyinin % 27'sinde yıllık ortalama rüzgar hızının 5,1 m/s'den yüksek olduğu tespit edilmiştir. 3-5 m/s rüzgar hızının rüzgar enerjisi için ekonomik sınır olduğu göz önüne alındığında, geniş bir alanda rüzgar gücünden yararlanmak mümkün gibi gözükmektedir. Ancak bu bölgelerin, uygulamaya yönelik ve toplumsal kısıtlar sebebiyle % 4'lük bölümünün kullanılacağı esasına dayalı çalışmada, dünyada teknik olarak yararlanılabilecek rüzgar kaynağı, 94.895 TWs/yıl olarak hesaplanmıştır. 94.859 TW'nin yaklaşık 11.000'i ABD'de, 37.500'ü AB ülkelerinde, yine 36.000'i Rusya'da, 10.395'i ise dünyanın geri kalanında bulunmaktadır.<sup>126</sup>

Küresel Rüzgar Enerji Konseyi (GWEC) tarafından yayınlanan istatistiklere göre; rüzgar enerjisi son 5 yıl içinde yaklaşık 235.000 MW artış ile toplam 432.883 küresel kapasiteye ulaşmıştır. Rüzgar gücündeki en büyük artış ise 63.467 MW ile 2015 yılında yaşanmış olup bu artışta en büyük pay 30.753 MW ile Çin'e aittir. 2015

<sup>124</sup> Burcu Kılınc Sivrul, **Enerji Ekonomisi: Türkiye'nin Enerji Sektörü ve Alternatif Enerji Kaynakları** (Çanakkale: Dora Yayıncılık, 2016), 60-61.

<sup>125</sup> Jefferson W. Tester ve diğ., **Sustainable Energy: Choosing Among Options** (Cambridge: MIT Press, 2005), 616.

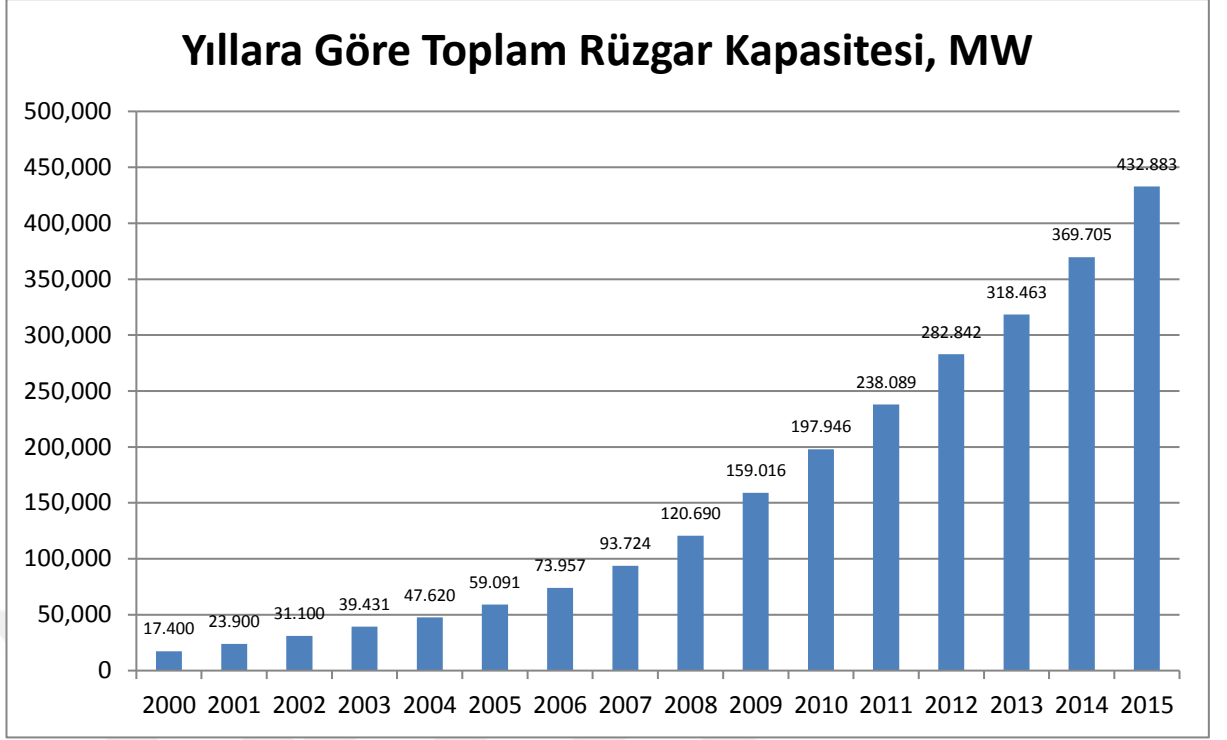
<sup>126</sup> World Wind Energy Association, **World Wind Resource Assessment Report**, 4.

itibariyle en çok rüzgar kurulu gücüne sahip olan ülkeler ve son 15 yıldaki toplam rüzgar kurulu gücüne ilişkin veriler Tablo 3.12 ve Şekil 3.5’de okuyucuya sunulmuştur.

**Tablo 3.12: Dünyadaki Toplam Rüzgar Kurulu Gücünün Ünelere Göre Dağılımı**

Ülke	Toplam Rüzgar Kurulu Gücü (MW)	Dünya Genelindeki Payı (%)
Çin	145.362	33,6
ABD	74.471	17,2
Almanya	44.947	10,4
Hindistan	25.088	5,8
İspanya	23.025	5,3
Birleşik Krallık	13.603	3,1
Kanada	11.205	2,6
Fransa	10.358	2,4
İtalya	8.958	2,1
Brezilya	8.715	2,0
Diğer	67.151	15,5
İlk 10 Toplam	365.731	84,5
<b>Dünya Toplamı</b>	<b>432.883</b>	<b>100</b>

Kaynak: Global Wind Energy Council, **Global Wind Report 2015**, 13.



**Şekil 3.5: Yıllara Göre Dünyada Toplam Rüzgar Kurulu Gücü**

Kaynak: Global Wind Energy Council, **Global Wind Report**, 14.

Tablo 3.12’de görüldüğü gibi 2015 yılı itibariyle Çin, 145.362 MW ile en çok rüzgar kapasitesine sahip ülke konumundadır. Çin özellikle son 5 yılda rüzgar enerjisine yönelik yatırımlarını artırmış olup bu süre zarfı içinde rüzgar kapasitesini yaklaşık 100.000 MW ölçüsünde genişletmiştir. Bu da Çin’e elektrik üretiminde kaynaklarını çeşitlendirme noktasında da bir fırsat yaratmaktadır. Çünkü ülkenin elektrik üretiminin büyük bölümü kömür kaynaklı olduğundan, bu durum ülkeye hava kirliliği olarak geri dönmekte ve ülke bugün ciddi bir hava kirliliği sorunu yaşamaktadır. Bugün ülkede rüzgarın, elektrik üretimindeki payı % 3,32 iken ilerleyen yıllarda rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlar sürdürülüp, elektrik üretimi ve enerji tüketimi içinde kömürün payı azaltılıp yerine bu kaynaklar ikame edildiği takdirde ülkedeki hava kirliliğinin azaltılmasının önü açılacaktır. Ayrıca bu şekilde, ABD’yle birlikte bugün sera gazı salınım miktarı en yüksek ülke olan Çin’de bu miktarın azalmasıyla küresel ısınma bir nebze de olsa yavaşlatılabilecektir. Benzer durum elbette ABD için de geçerlidir.

Rüzgar kapasitesinde Çin’in ardından ikinci sırada 74.471 MW ile ABD yer almaktadır. Bugün ABD, elektrik talebinin % 4,7’lik kısmını rüzgar enerjisinden sağlamaktadır. ABD’nin oldukça geniş bir rüzgar potansiyeli olup, sadece Kuzey

Dakota ve Güney Dakota eyaletlerinin ülkenin elektrik gereksiniminin yarısını karşılayacak nitelikte rüzgar potansiyeline sahip olduğu söylenmektedir.<sup>127</sup>

Bunun yanı sıra AB ülkeleri de rüzgar enerjisinden yoğun biçimde yararlanmaktadır. AB'nin 2015 yılı itibariyle rüzgar kapasitesi 141.578 MW olup, AB elektrik talebinin % 11,4'ünü rüzgar enerjisinden karşılamaktadır. Almanya yaklaşık 45 GW'lik rüzgar kapasitesiyle ilk sırada yer alırken; onu İspanya (23 GW), Birleşik Krallık (14 GW) ve Fransa (10 GW) takip etmektedir. Bugün; 9 AB ülkesi 5 GW'den, 16 ülke de 1 GW'den fazla rüzgar kapasitesine sahiptir. Birçok Avrupa ülkesinde rüzgar enerjisi, elektrik üretiminde oldukça önemli bir paya sahiptir. 2015 yılında Danimarka elektrik ihtiyacının % 42'sini rüzgar enerjisinden karşılamış olup, İrlanda'da bu oran % 23 Portekiz'de % 22, İspanya'da % 20, Almanya'da % 12, Birleşik Krallık'da da % 11'dir.<sup>128</sup>

Rüzgar enerjisi, günümüzde yenilenebilir kaynaklar içerisinde en ekonomik kaynaklardan biri konumunda bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucu rüzgar enerjisi, karada konvansiyonel enerji kaynaklarıyla rekabet edecek seviyeye ulaşmıştır. Rüzgar enerjisinin ortalama maliyeti 1983'de kW başına ortalama 4,766 dolar iken bu miktar 2014'de 1,623 dolara inmiştir.<sup>129</sup> Öte yandan bu süreçte rüzgar türbinlerinin kapasite faktörleri de önemli oranlarda artmıştır. Örneğin; Danimarka'da 1998-1999 yıllarında rüzgar türbinlerinin kapasite faktörü % 23,7 iken bu oran 2013'de % 31,6'ya çıkmıştır.<sup>130</sup> ABD'nin birçok bölge ve eyaletinde de bu alanda önemli artışlar yaşanmıştır. ABD'nin orta bölgelerinde, Kaliforniya ve Texas eyaletlerinde 1998 öncesi türbinlerin kapasite faktörleri sırasıyla % 28,9, % 11,9 ve % 22,3 iken; bu oranlar, 2006'da % 40,8, % 36,4 ve % 36,9 olmuştur.<sup>131</sup> Denizdeki rüzgar türbinlerinin maliyeti ise halen oldukça yüksektir. 2012 itibariyle bu türbinlerin yatırım maliyeti yaklaşık kW başına 6230 dolardır.<sup>132</sup> Ülkeler bazında ise % 10'luk faiz oranına göre rüzgar enerjisinin toplam maliyeti Tablo 3.13'deki gibidir.

<sup>127</sup> Tester ve diğ., **age**, 617.

<sup>128</sup> <http://www.ntv.com.tr/dunya/portekiz-4-gun-boyunca-yenilenebilir-enerji-kullandi,6hTdMxbrg0Wra6L0haaw7Q> (30.06.2017).

<sup>129</sup> World Energy Council, **World Energy Resources: Wind 2016**, 20.

<sup>130</sup> IRENA, **Renewable Power Generation Costs in 2014**, 66.

<sup>131</sup> Cedrick N. Ospey, **Wind Power: Technology, Economics and Policies** (New York: Nova Sciences Publishers, 2009), 81.

<sup>132</sup> Kaya, Koç, **age**, 63.

**Tablo 3.13: 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerde Rüzgar Enerjisinin Maliyetleri**

Ülke	Teknoloji	Kapasite Faktörü (%)	Yatırım M. (USD/MWh)	İşletme ve Bakım M. (USD/MWh)	Toplam M. (USD/MWh)
ABD	Karada	49	40.16	11.37	51.64
Almanya	Karada	34	72.62	34.67	107.60
	Denizde	48	165.75	49.33	215.80
Birleşik Krallık	Karada	28	114.43	36.24	150.67
	Denizde	38	138.97	52.08	191.05
Çin	Karada	26	61.89	9.76	71.91
Fransa	Karada	27	88.23	22.15	110.64
	Denizde	40	187.76	39.95	228.14
Güney Kore	Karada	23	149.77	28.86	178.63
	Denizde	30	252.47	74.41	326.88
Japonya	Karada	20	188.60	34.24	223.38

Kaynak: IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition**, 52-53.

Tabloda görüldüğü üzere karada rüzgar enerjisi maliyetlerinin; son yıllarda gerçekleşen iyileşmelerle birlikte doğalgaz ve kömür gibi konvansiyonel enerji kaynaklarının maliyetlerine oldukça yaklaştığı görülmektedir. İlerleyen yıllarda rüzgar türbinlerinde beklenen teknolojik ilerlemelerin sürüp, söz konusu maliyetler daha aşağıya çekilmesi halinde ilerleyen yıllarda rüzgar enerjisinin kullanımının daha da yaygınlaşması öngörülmektedir. Denizdeki rüzgar enerjisinin maliyetleri ise halen oldukça yüksek olup; bu türbinlerin maliyet yönünden konvansiyonel kaynaklarla günümüz itibariyle rekabet edebilecek düzeyde olmadığı görülmektedir.

Rüzgar türbinleri kurulduktan sonra 3 ay gibi kısa bir sürede işleme alınabilmektedir. Bunun yanı sıra bu türbinlerin, bakım ve işletme maliyetleri oldukça düşük olmakla birlikte bunlar kullanımı zor olmayan otomatik makineler olduğundan periyodik bakımlar düzenli olarak yapıldığı takdirde 20-30 yıllık kullanım ömürleri boyunca sorunsuz olarak çalışmaktadırlar.<sup>133</sup>

<sup>133</sup> Kocaeren, **age**, 243.

Rüzgar enerjisinin sağladığı bir diğer avantaj da istihdam yaratmasıdır. IRENA'nın 2017'de yayınladığı “Yenilenebilir Enerji ve Meslekler” adlı raporda dünya genelinde rüzgar enerjisinin istihdam ettiği kişi sayısı 1.16 milyon olarak belirtilmektedir. Çin, bu sektörde 509.000 kişiye iş olanağı sağlayarak ilk sırada yer alırken, onu 142.900 ile Almanya ve 102.000 ile ABD izlemektedir.<sup>134</sup>

Öte yandan diğer yenilenebilir kaynaklarda olduğu gibi rüzgar enerjisinin de en önemli sorunlarından ikisi; süreklilik ve üretilen enerjinin uzun mesafelere taşınmasıdır. Bu noktada; arzın talebi karşılayamadığı veya tam tersinin geçerli olduğu durumlarda enerjinin sağlıklı bir şekilde depolanması, rüzgar gibi yenilenebilir kaynakların enerji sistemine yapacağı katkı yönünden büyük önem taşımaktadır. Günümüzde bu yöndeki araştırmalara büyük harcamalar yapılmasına karşın henüz istenilen sonuçlar alınamamıştır. Buna ek olarak rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu bölgeler ile yerleşim bölgeleri arasında farklılıklar olabilmektedir. Bu da rüzgar enerjisinden yararlanma olanaklarını kısıtlamaktadır. Bu noktada yer altına kurulabilecek devasa kablolardan oluşacak bir şebeke çözüm getirebilecek niteliktedir. Bu şekilde hem rüzgardan elde edilecek enerji arz fazlası olduğu takdirde başka yerlere iletilebilecek hem de bu sektörde uluslararası ticaretin önü açılacaktır. Elbette ki bu tarz projelerin maliyeti oldukça yüksektir. Bu noktada ülke yönetimlerinin ve enerji şirketlerinin tavrı ve kararlılığı kilit önem taşımaktadır.

Bunun dışında, rüzgar türbinleri estetik yönden de bazı sorunlar yaratabilmektedir. Yüksek miktarda enerji üreten bir rüzgar istasyonunun, yüzlerce türbini barındırması gerektiğinden bu durum estetik kaygılara neden olabilmektedir. Günümüzde özellikle Batı Avrupa ülkelerinde bu yöndeki kaygı ve hoşnutsuzluklar oldukça fazladır. Bu sorun karşısında rüzgar türbinlerini mümkünse yerleşim yerlerine görsel bir rahatsızlık yaratmayacak mesafelere inşa edip, ilerleyen yıllarda ise rüzgar enerjisini iletmek için yeraltı şebekelerinin kurulması halinde de sorunun kökünden çözülebilecektir.

Rüzgarın, enerji kullanımındaki rolü ve önemi giderek artmaktadır. IEA'nın 2015 raporundaki Yeni Politikalar Senaryosuna göre; 2013'de dünya genelinde rüzgardan sağlanan elektrik üretimi 635 TWh iken; bu miktarın 2025'de 1.988, 2040'da ise

---

<sup>134</sup> IRENA, **Renewable Energy and Jobs Annual Review 2017**, 9.



3.568 TWh olacağı ve rüzgarın elektrik üretimindeki payının ise sırasıyla % 6,3 ve % 9 olacağı öngörülerek yenilenebilir kaynaklar arasında en büyük artışın rüzgar enerjisinde yaşanacağı tahmin edilmektedir.<sup>135</sup> Rüzgar enerjisinden küresel ölçekte tam kapasiteyle yararlanıldığı takdirde gezegenin elektrik ihtiyacının önemli bir bölümü karşılanabilecektir. Bu yüzden ülkelerin hem enerjide dışarıya bağımlılığı azaltmak hem de sera gazı salınımlarını azaltmak adına bu kaynağa yatırım yapmaları büyük önem taşımaktadır. Ancak bunu yaparken de yukarıda söz edilen çevresel etkiler de mutlaka gözetilmelidir. Aksi durumda ekosistem ve doğal çevre tahrip olacak, içinde bulunduğumuz çevrede yaşamak giderek zorlaşacak ve belki de enerji güvenliğini sağlamak adına yapılan çalışmalar önemli ölçüde anlamını yitirecektir.

### 3.2.2. Güneş Enerjisi

Günümüzde ve gelecek adına en çok ümit bağlanan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de güneştir. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde bulunan füzyon süreciyle açığa çıkan ışınım enerjisidir. Hidrojenin helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanmaktadır. Güneş, yeryüzüne ulaştığında 0-1100 W/m<sup>2</sup> değerleri arasında ısı etkisi yaratmaktadır.<sup>136</sup> Bu enerjiyle günümüzde değişik şekillerde ısı ve elektrik üretimi yapılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda da güneş enerjisinin küresel ölçekte giderek yaygınlaşması ve öneminin artması beklenmektedir.

İnsanoğlu, güneşten tarih boyunca ısınmak ve yemek pişirmek amacıyla yararlanmıştır. Yunanlılar ve Romalılar, yaklaşık 2000 yıl önce güneşi enerji kaynağı olarak ilk kez kullanan topluluklar olarak kayıtlara geçmişlerdir. Özellikle 18.yüzyıldan itibaren ise güneşi yüksek sıcaklık gerektiren işlemlerde kullanmak amacıyla birçok teknoloji geliştirilmiştir. Lavoisier'in 1700'lerin ortalarında geliştirdiği güneş enerjisiyle çalışan 1700°C sıcaklığındaki fırın bunlardan birisidir.<sup>137</sup> 19. yüzyılın sonunda ve 20. yüzyılın ilk yarısında ise büyük ölçüde petrolün keşfinden ve petrolün kömürle birlikte temel enerji kaynağı olarak kullanımından dolayı güneş enerjisinin gelişimi sınırlı düzeyde olmuştur. Ancak

---

<sup>135</sup> IEA, **age**, 348.

<sup>136</sup> Kocaeren, **age**, 223.

<sup>137</sup> Tester ve diğ., **age**, 544.

özellikle 1973 Petrol Krizi ve 1979 Enerji Krizi sonrasında; petrole olan bağımlılığı azaltmak ve giderek artan bir sorun haline alan karbon salınımlarının önüne geçebilmek adına güneş, bu yönde alternatif bir enerji kaynağı olarak görülmeye başlanmış ve günümüze kadar gelinen süreçte kullanımı giderek yaygınlaşmıştır.

Güneş, herhangi bir yanma ürünü çıkartmayan ve işletim teknolojisinde kullanılan malzemeler dışında çevreye olumsuz bir etkisi bulunmayan bir enerji kaynağıdır. Güneş; bugün enerji kaynağı olarak 3 ana şekilde kullanılmaktadır. Güneşten ısıtma amaçlı yararlanmak mümkün olup, bu ısıdan elde edilen su buharından elektrik enerjisi de üretilebilmektedir. Ayrıca fotovoltaiik piller aracılığıyla güneşten doğrudan elektrik üretmek de mümkündür. Bu kullanımları ayrı ayrı incelemek daha uygun olacaktır.

### **3.2.2.1. Güneş Isıtması**

Güneş ışığından ısıtma amaçlı olarak; pasif ve aktif şekilde yararlanılabilmektedir. Pasif ısıtma, güneş ışığından bina ve su ısıtmada doğrudan yararlanmayı ifade etmektedir. Böyle bir durumda güneş enerjisinden en üst düzeyde faydalanmak için; binanın güneş alma açısı, bina yapımında kullanılan malzemelerin türü (taş, çimento, beton, kerpiç gibi), binanın güneş almayan yüzeylerinin yalıtımı büyük önem taşımaktadır. Hatta binanın güneş alan tarafının siyah veya koyu bir renge boyanması bile, güneş ışığının özümsemesi bakımından önemlidir. Güneş almayan tarafların ise yalıtımı iyi yapılarak ısı kaybının önüne geçilmesi gerekir.<sup>138</sup> Bunlar yapıldığı takdirde hem bina ve su ısıtmasında güneşten maksimum yararlanma sağlanabilecek hem de yapay ışıklandırma gereksinimi azaltılarak elektrik masrafları düşecektir.

Aktif ısıtmada ise güneş ışığından yararlanılacak binalara güneş panelleri yerleştirilerek, elde edilen ısının; akışkan hale getirilerek bina içinde dolaşımı sağlanmaktadır. Bu tür sistemler çoğunlukla evlerde ve ticari binalarda kullanılmakta olup bu sistemlerden ısınma, sıcak su ve klimada yararlanılmaktadır.<sup>139</sup>

Güneş ısıtma sistemleri; günümüzde Türkiye, Çin ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerde yatırım maliyetlerinin düşüklüğünden dolayı ekonomik olan bu sistemlerin maliyeti ABD, Avustralya ve Güney Afrika gibi ülkelerde kullanılan teknoloji,

---

<sup>138</sup> age, 555.

<sup>139</sup> age, 556.

malzeme, kalite ve işçi maliyetlerinin farklılığından dolayı nispeten daha yüksektir. Dünya ölçeğinde bu sistemlerin maliyeti kW başına 250-2.500 dolar arasında değişmektedir. Öte yandan Avrupa'da 2020'ye gelindiğinde fosil yakıtlarla rekabet edebilecek seviyeye ulaşması için bu sistemlerin maliyetinin % 50 düşürülmesi hedeflenmektedir.<sup>140</sup>

Dünyada 2016 yılı itibariyle 456 GW su ısıtma kapasitesi bulunmaktadır. Çin, bu alanda toplam kapasitenin % 71'ine sahiptir.<sup>141</sup> Önümüzdeki yıllarda, bu alanda yapılacak AR-GE çalışmalarına bağlı olarak maliyetleri düşürmek ve verimlilik seviyesini arttırmak oldukça mümkündür. Geçmişten günümüze yenilenebilir enerji kaynaklarında bu yönde yaşanan gelişmeler, gelecek için ümitleri arttırmaktadır.

### 3.2.2.2. Fotovoltaik Elektrik

Güneş enerjisinden elektrik üretimi günümüzde en yaygın ve etkin biçimde fotovoltaik hücreler kanalıyla yapılmaktadır. Fotovoltaik hücreler, güneşten gelen enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmekte ve böylelikle büyük bir elektrik enerjisi açığa çıkmaktadır.

Fotovoltaik modüller olarak da bilinen bu hücreler; katı, sıvı ve gaz şekline bürünebilmekte, etkisini maddenin 3 hali aracılığıyla da yapabilmektedir. Ancak en etkin hali; yarı iletkenliğin ve depolama verimliliğinin en yüksek düzeyde olduğu saptandığı katı halidir. Fotovoltaik modüller temel olarak kristal silikon ve ince film olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Günümüzde ticari amaçla üretilen fotovoltaik modüllerin % 90'ı kristal silisyumdan imal edilmektedir.<sup>142</sup>

Bunun yanı sıra ince film teknolojisinde ise, çok ince filmlerden elektrik üretildiğinden birçok alanda kristal silisyuma göre daha kullanışlıdır. Film teknolojisi, özellikle kiremitlerde, bazı elektronik cihazlarda yoğun şekilde kullanılmaktadır. İnce film teknolojisi, kristal silisyuma göre daha az malzemeyle üretilebildiğinden maliyeti nispeten düşük olmasına karşın verimlilik seviyesi daha düşüktür.<sup>143</sup>

<sup>140</sup> IRENA, **Solar Heating and Cooling for Residential Applications 2015**, 22-24.

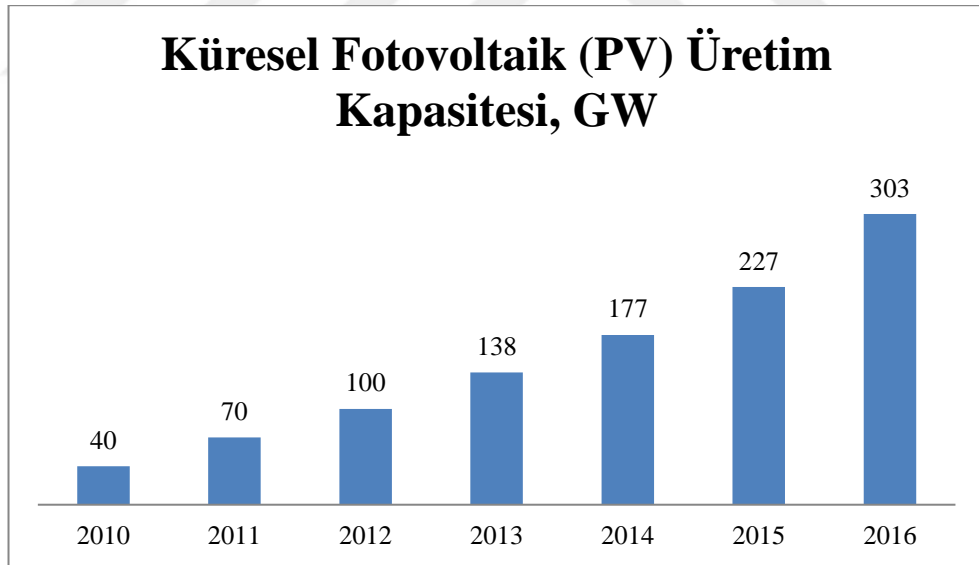
<sup>141</sup> REN21, **age**, 78.

<sup>142</sup> Robert Forster, Majid Ghassemi, Alma Cota, **Solar Energy: Renewable Energy and the Environment** (Boca Raton: CRC Press, 2010), 115.

<sup>143</sup> Paul Komor, **Renewable Energy Policy** (Lincoln: iUniverse, 2004), 40.

Fotovoltaik hücreler günümüzde; yol işaretlerinden transmisyon kulelerine, hesap makinelerinden kol saatlerine<sup>144</sup>, cep telefonu şarjından aydınlatma ve soğutmaya kadar birçok alanda kullanılmaktadır.<sup>145</sup> Bunun yanı sıra elektriğin ulaşmadığı bölgelerdeki köy okullarının elektriğinin temin edilmesinde, bazı koruma alanlarının aydınlatılmasında ve birçok su pompalama yönteminde da fotovoltaik enerjiden yararlanılmaktadır. Örneğin Nijerya'nın Jigawa eyaletindeki 3 köyde fotovoltaik paneller; su pompalamada, okulların aydınlatılmasında ve yerel işletmelere elektrik sağlanmasında kullanılmaktadır. Fotovoltaiklerin; az gelişmiş ülkelerde kırsal bölgelerde yaşayan elektrikten yoksun konumda bulunan yaklaşık 1,6 milyar kişiye en ucuz elektrik sağlayan kaynak olabileceği belirtilmektedir.<sup>146</sup>

Fotovoltaik elektriğin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle son 6 yılda küresel ölçekte fotovoltaik kapasite önemli ölçüde artmıştır. 2010'da 40 GW olan küresel kapasite 2016'da 303 GW'a yükselmiştir. Fotovoltaik üretim kapasitesindeki son yıllarda gerçekleşen artışı göstermek adına son 6 yılın üretim kapasitelerini belirtmek yararlı olacaktır.



**Şekil 3.6: Yıllara Göre Küresel Fotovoltaik Üretim Kapasitesi**

Kaynak: REN21, **Renewables 2017, Global Energy Report**, 66.

<sup>144</sup> age, 40.

<sup>145</sup> IEA-PVPS, **Trends 2015 in Photovoltaic Applications**, 6.

<sup>146</sup> Isabel Thomas, **The Pros and Cons of Solar Power** (New York: The Rosen Publishing Group, 2008), 36-37.

Günümüzde fotovoltaik modüller, küresel elektrik talebinin yaklaşık % 1,3'ünü karşılamaktadır. 2015 yılı itibariyle İtalya ve Almanya elektrik taleplerinin sırasıyla % 8 ve % 7,1'ini fotovoltaiklerle karşılayabilecek duruma gelmişlerdir. Ayrıca Avrupa'nın elektrik ihtiyacının en az % 3,5'i fotovoltaik hücreler aracılığıyla sağlanmaktadır.<sup>147</sup>

Fotovoltaik hücrelerin kullanımının giderek yaygınlaşmasında yenilenemeyen kaynaklara alternatif yaratma ihtiyacının olduğu kadar yıllar ilerledikçe azalan maliyetlerin de etkisi oldukça büyüktür. Bu bağlamda 1979'da silisyum modüllerden elde edilen watt başına elektriğin maliyeti 32 dolar iken; bu meblağ 2002'de 3,10 dolara düşmüş olup<sup>148</sup>, 2015'de ise 0,3 sente kadar gerilemiştir. Bunun yanı sıra geniş çaplı fotovoltaiklerin kurulum maliyeti, 2010'da kW başına 3.700-7.060 dolar arasında iken; 2014'de 1.570-4.340 arasına gelmiş, söz konusu maliyetler % 39-58 arasında azalmıştır.<sup>149</sup>

İtalya'da ise 2008-2012 yılları arasında fotovoltaik modül fiyatları beşte bir, sistem fiyatları da üçte bir oranında azalmıştır. Fotovoltaik modüllerde üretim kapasitesi arttıkça maliyetler azalmaktadır.<sup>150</sup> Yine İtalya'da, 2013 yılında 1-3 KW kapasiteli modüllerin sistem fiyatı yaklaşık 3 avro iken 1000 KW'nin üzerindeki modüllerde bu miktar yaklaşık olarak 1,5 avrodur.<sup>151</sup>

Öte yandan fotovoltaik modüllerde maliyetler sistem büyüdükçe azalmaktadır. Fotovoltaik modüllerde zemin temelli geniş bir arazide gerçekleştirilen watt başına üretimin birim maliyeti-bazı istisnalar hariç-evlerin çatılarına yerleştirilen ve ticari amaçlı daha küçük çaptaki modüllere göre oldukça düşüktür. Bu durum doğal olarak sistem fiyatlarına da yansımaktadır. Örneğin; 2013 yılının verilerine göre sistem fiyatlarında watt başına çatıdaki modüllerin geniş arazi modüllerine oranı Fransa'da 1,86, İtalya'da 1,71, Birleşik Krallık'ta 1,47, ABD'de ise 1,48 dolardır.<sup>152</sup> Yani, öncelikle fotovoltaikler için doğru bölge ve araziyi seçmek, sonrasında ise bunların kapasitesini kademeli olarak arttırarak üretimi gerçekleştirmek maliyetleri düşürmek

---

<sup>147</sup> IEA-PVPS, **2015 Snapshot of Global Photovoltaic Markets**, 6.

<sup>148</sup> P. Jayarama Reddy, **Science and Technology of Photovoltaics** 2. bs. (Hyderabad: BS Publications, 2010), 255-256.

<sup>149</sup> IRENA, **age**, 75.

<sup>150</sup> IEA, **Technology Roadmap-Solar Photovoltaic Energy 2014 Edition**, 12

<sup>151</sup> **age**, 14.

<sup>152</sup> **age**, 15.

açısından büyük önem arz etmektedir. Fotovoltaik modüllerin; zemin temelli, ticari amaçlı ve evlerde kullanılmak üzere % 10'luk faiz oranına göre bazı ülkelerdeki maliyetleri Tablo 3.14'deki gibidir.

**Tablo 3.14: 2015 İtibariyle Fotovoltaik Modüllerin Bazı Ülkelerdeki Maliyetleri**

Ülke	Teknoloji	Kapasite Faktörü (%)	Yatırım M. (USD/MWh)	İşletme & Bakım M. (USD/MWh)	Toplam M. (USD/MWh)
ABD	Evlerde	15	186.63	12.82	199.45
	Ticari amaçlı	15	144.27	6.50	150.76
	Zemin temelli	21	97.79	4.76	102.56
Almanya	Evlerde	11	242.81	33.06	275.87
	Ticari amaçlı	11	175.27	23.86	199.13
	Zemin temelli	11	138.30	18.83	157.13
B. Krallık	Evlerde	10	308.88	43.75	352.63
	Zemin temelli	11	166.82	36.85	203.66
Çin	Ticari amaçlı	12	79.21	16.47	97.98
	Zemin temelli	17	71.53	16.45	95.69
Fransa	Evlerde	14	320.61	41.21	361.82
	Ticari amaçlı	14	171.46	40.81	212.27
	Zemin temelli	15	123.10	37.58	160.68
Güney Kore	Evlerde	13	241.31	27.45	268.76

	Ticari amaçlı	14	190.13	21.61	211.75
	Zemin temelli	15	158.75	17.59	176.34
Japonya	Evlerde	12	337.16	51.43	373.65
	Zemin temelli	14	238.90	36.48	290.33

Kaynak: IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition**, 50-51.

Tabloda fotovoltaik modüllerin ölçeği genişledikçe maliyetlerinin de düştüğü görülmektedir. Günümüz itibariyle bu modüllerin maliyetleri halen yüksek olsa da; son yıllarda yaşanan gelişmelerle birlikte bu modüllerin maliyetlerinin-özellikle zemin temelli olanların-konvansiyonel kaynaklara giderek yaklaştığı görülmektedir. Rüzgar enerjisi kadar kısa sürede olmasa da; ilerleyen yıllarda sağlanacak teknolojik ilerlemelerle birlikte fotovoltaiklerin de kullanımının ilerleyen yıllarda yaygınlaşması beklenmektedir.

Fotovoltaikler, diğer yenilenebilir kaynaklar gibi çevre dostu olmalarının yanı sıra işletme ve bakım maliyetleri de oldukça düşüktür. Fotovoltaiklerle ilgili belki de en temel iki sorun; enerjinin depolanması ve ulaştırılmasıdır. Günümüzde bu yönde yüksek harcamalar yapılmasına karşın henüz depolama teknolojisinde istenilen sonuçlar alınamamıştır. Öte yandan çöller gibi güneş enerji potansiyeli yüksek olup yerleşimin olmadığı bölgelerdeki enerjinin iletilmemesi önemli sorunlardan biridir. Aslında, yeraltına dönecek ve okyanuslardan geçecek devasa kablolardan oluşacak şebekeler bu soruna çözüm olabilecek niteliktedir. Ancak maliyetleri günümüzde çok yüksek olmasından dolayı bu tarz projeler, şu an için enerji şirketlerinin ve devletlerin gündeminde bulunmamaktadır. Önümüzdeki on yıllarda petrol gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının azalacak olmasından dolayı ortaya çıkacak olan boşluk ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından açığa çıkan sera gazı salınımlarının neden olduğu küresel ısınmanın etkileri muhtemelen daha fazla hissedileceğinden, enerji şirketleri bu yöndeki yatırımları daha fazla gündemlerine alabilir. Böylece yapılacak AR-GE çalışmalarıyla bu yöndeki maliyetlerin düşmesinin önü açılabilir.

Fotovoltaiklerin kullanımının küresel anlamda yaygınlaşmasıyla birlikte; bu sektördeki istihdam olanakları da oldukça genişlemiştir. 2012'de dünya çapında bu

sektörde yaklaşık 1.360.000 kişi istihdam edilirken; bu rakam 2016'da 3.095.000'e kadar çıkmıştır.<sup>153</sup> Günümüzde en çok istihdam sağlayan yenilenebilir enerji kaynağı konumunda olan fotovoltaiklerin kullanımının gelecek yıllarda giderek düşen maliyetlerin ve artmakta olan çevresel kaygıların etkisiyle yaygınlaşacağı da düşünüldüğünde bu sektörde istihdam edilen kişi sayısı hızla artmaya devam edecektir.

Son yıllarda fotovoltaiklerin üretim kapasitelerindeki artış göz önüne alındığında önümüzdeki yıllarda, güneş enerjisi ve fotovoltaiklerin küresel enerji tüketimi içerisindeki payının artmasını beklemek yanlış olmayacaktır. Dünyanın en yüksek kapasiteli 10 fotovoltaik güç santralinden 9'u 2013'ten sonra yapımı tamamlanmış ve üretime başlamıştır.<sup>154</sup> Özellikle 2009'dan sonra devlet destekli feed-in tariff<sup>155</sup> politikasıyla başta ABD, İngiltere, Çin ve Hindistan olmak üzere birçok ülke fotovoltaik kapasitesini ciddi oranlarda arttırmıştır. Günümüzde fotovoltaiklerden elektrik üretiminin maliyeti, konvansiyonel enerji kaynaklarından yüksek olsa da, geçmişten günümüze azalan maliyetler gelecek için umut vericidir. Nitekim IRENA'nın 2025 yılı için yaptığı tahminlere göre; geniş çaplı fotovoltaiklerin kurulum maliyetinin kW başına 1.100 dolara kadar düşebileceği öngörülmektedir.<sup>156</sup>

Gelecek yıllarda fotovoltaik modüllerin küresel enerji tüketimindeki öneminin giderek artacağı tahmin edilmektedir. IEA'nın 2015'de yayınladığı rapordaki Yeni Politikalar Senaryosuna göre; 2013'de 139 TWh olan fotovoltaiklerden elektrik üretiminin 2025'de 725 TWh'ye, 2040'da ise 1.521 TWh'ye ulaşacağı öngörülmektedir. Bu süre zarfında fotovoltaiklerin elektrik üretimindeki payının da % 0,4'den yaklaşık olarak % 3,7'ye çıkması beklenmektedir.<sup>157</sup>

Ülkelerin enerji politikası bağlamında; fotovoltaik gibi yenilenebilir kaynaklara yatırım yapılmasının önemi büyük olup, gelecekte bu kaynakların enerji tüketimindeki rolünün ve öneminin artacağı göz önüne alındığında bu yarışta geride

---

<sup>153</sup> IRENA, *age*, 5.

<sup>154</sup> <http://www.imeche.org/news/news-article/top-10-solar-photovoltaic-plants-in-the-world> (10.12.2016).

<sup>155</sup> Devletlerin yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımları hızlandırmak için uyguladığı teşvik politikası. Bu politikayla devletler, yenilenebilir kaynaklara olan yatırımları belli bir süre finanse ederek (10-15 yıl) ve bu kaynaklarla üretilen elektriği ucuza satın alarak enerji üreticilerini bu yönde cesaretlendirmeyi amaçlamaktadır.

<sup>156</sup> IRENA, *age*, 145.

<sup>157</sup> IEA, *age*, 348.



kalmamak büyük önem taşımaktadır. Devletler; enerji üreticilerini bu yönde cesaretlendirmeli ve desteklerini kesinlikle onlardan esirgememelidirler. Bu şekilde hem enerjide dışarıya bağımlılık azaltılabilecek hem de günümüzde artık etkileri önemli ölçüde hissedilen küresel ısınma ve hava kirliliğinin azaltılması yönünde de önemli bir adım atılmış olacaktır.

### 3.2.2.3. Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi

Güneşten enerji üretmenin bir başka yolu yoğunlaştırılmış sistemlerdir. Bu sistemlerle; öncelikle uygun optik sistemlere yansıyan güneş ışığı ile (parabolik oluk sistemler, merkezi alıcı sistemler gibi) yüksek ısı enerjisi elde edilir. Sonrasında ortaya çıkan bu enerji; elektrik enerjisi üretimi, denizlerin tuzdan arındırılması ve termokimya sürecinde hidrojen üretimi gibi alanlarda kullanılabilir. Günümüzde bu sistemler, esas olarak elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaktadır.<sup>158</sup>

Bu sistemler ile elektrik üretebilmek için elde edilen ısı, elektrik üretimi için bir türbine veya benzeri bir düzeneğe aktarılmaktadır. Yani ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülür. Yoğunlaştırılmış sistemlerle; parabolik oluk, fresnel aynalı, parabolik çanak ve merkezi alıcı gibi birçok yöntemle elektrik üretilmektedir. En yaygın kullanılan ve teknik olarak yeterliliği en kanıtlanmış olan ise parabolik oluk sistemlerdir. Bu sistemde, parabolik bir oluk toplayıcı üzerine yerleştirilen boru şeklinde bir alıcı vasıtasıyla güneşten elde edilen ısı çevrim suyuna aktarılmakta ve elde edilen su buharı ile türbin döndürülerek elektrik enerjisi üretilmektedir.<sup>159</sup> Diğer sistemlerin ise kullanımları daha sınırlı olup bu sistemleri geliştirmeye yönelik çalışmalar sürmektedir.

Yoğunlaştırılmış sistemlerin kullanımı, fotovoltaiklere göre oldukça sınırlıdır. 2016 yılı itibarıyla fotovoltaiklerin küresel kapasitesi 303 GW iken yoğunlaştırılmış sistemlerde bu rakam 4.8 GW'dir.<sup>160</sup> Yani bu sistemlerin güneş enerjisinden elde edilen toplam elektriğe oranı sadece % 2'dir. Bu durumun en önemli sebeplerinden biri, yüksek olan maliyetlerdir. 2014 yılında fotovoltaiklerin ortalama maliyeti 0,08

---

<sup>158</sup> G.Lorenzini, C. Biserni, G.Flacco, **Solar Thermal and Biomass Energy** (Bologna: WIT Press, 2010), 94.

<sup>159</sup> Kocaeren, **age**, 231.

<sup>160</sup> REN21, **age**, 73.

\$/kWh iken, buna karşılık yoğunlaştırılmış sistemlerin ortalama maliyeti 0,20 \$/kWh'dir.<sup>161</sup> Öte yandan ABD Enerji Enformasyon Yönetimi'nin 2010-2016 yılları arasında yaptığı 5-6 yıllık öngörü raporlarında da yoğunlaştırılmış sistemlerdeki maliyet düşüşü % 8, fotovoltaiklerdeki düşüş ise % 79 olarak öngörülmüştür. Yine 2016'da yapılan tahminlere göre; 2022 yılına gelindiğinde fotovoltaiklerin maliyetinin 84 \$/MWh, yoğunlaştırılmış sistemlerin ise 235 \$/MWh olacağı tahmin edilmektedir.<sup>162</sup>

Fotovoltaiklerin maliyetinin yoğunlaştırılmış sistemlere göre daha düşük olmasının en önemli sebebi; kullanım alanları daha geniş olduğundan fotovoltaik sistemlere daha fazla yatırım yapılmasından kaynaklanmaktadır. Fotovoltaikler ile hem doğrudan gelen güneş enerjisinden hem de çevreye yayılan enerjiden yararlanılabilmektedir. Buna karşın yoğunlaştırılmış sistemlerde, sadece doğrudan gelen güneş ışınlarından faydalanmak mümkün olmaktadır. Bu sayede fotovoltaiklerden elektrik üretiminin yanı sıra cep telefonu şarj etme ve kol saati pili gibi birçok uygulamada yararlanılabilmektedir.<sup>163</sup>

Diğer taraftan 1 MW'dan fazla elektrik üretebilecek kapasitede güneş ışığı alan bölgelerde yoğunlaştırılmış sistemler, yatırım yapıldığı, AR-GE çalışmaları gerçekleştirildiği takdirde fotovoltaiklere göre daha verimli olması sağlanabilir. Avrupa ülkelerinin çoğunda ve Japonya gibi ülkelerde yoğunlaştırılmış sistemlerden üretim yapacak yeterlilikte gün ışığı temin edilemediğinden ve de fotovoltaiklerin yararlanma yelpazesi daha geniş olduğundan geçmiş yıllarda fotovoltaiklerin gelişimine daha çok ağırlık verilmiştir. Ancak; yoğunlaştırılmış sistemlerin üretimi için yeterli düzeyde gün ışığı alan ABD, Latin Amerika ülkeleri, Çin, Hindistan, Ortadoğu ve Afrika ülkeleri bu teknolojiye daha fazla yatırım yaptığı takdirde zamanla maliyetlerin de düşmesinin önü açılacaktır. Özellikle yenilenebilir kaynaklarda üretim kapasitesi genişledikçe maliyetlerin de genel olarak düştüğü göz önüne alındığında bu sistemlerin önümüzdeki yıllarda fotovoltaiklerle rekabet edecek konuma gelip, özellikle köylerin ve küçük şehirlerin elektrik ihtiyacının karşılanmasına katkıda bulunabilir. Böylece bu sistemlerin küresel ölçekteki payı artabilir.

---

<sup>161</sup> IRENA, **Renewable Power Generation Costs in 2014**, 1.

<sup>162</sup> EIA, **Annual Energy Outlooks 2010-2016**

<sup>163</sup> Lorenzini, Biserni, Flacco, **age**, 91.

### 3.2.3. Biyokütle

Bir başka önemli yenilenebilir enerji kaynağı da biyokütledir. Biyokütle, tüm bitkisel mahsullerin yanı sıra insan, hayvan ve bitki kökenli tüm organik atıklar da biyokütlenin hammaddesini oluşturmaktadır. Bu hammaddeler, uygun işlemlerle birlikte biyokütle enerjisine dönüştürülmektedir. Ağaçlar, çimenler, hayvan gübrelereinin yanı sıra çöpler, kanalizasyon atıkları da biyokütleye örnektir.<sup>164</sup> Biyokütle; katı, sıvı veya gaz olabilmektedir. Biyokütle, ısı sağlama, elektrik üretme ya da yakıt üretme gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Biyokütle temelli günümüzde en fazla kullanılan yakıt biyoetanoldür. Biyoetanol; şeker ve kompleks karbonhidratlardaki (nişasta, selüloz gibi) alkolün mayalanmasıyla elde edilmektedir. Biyoetanol; çoğu zaman benzinle karıştırılarak kullanılmakla birlikte bazı durumlarda direkt olarak benzinin yerine de ikame edilebilmektedir.<sup>165</sup> 2016 yılı itibariyle; dünyada toplam 135 milyar litre biyoyakıt üretimi yapılmış, bu üretimin % 74'ü biyoetanol kaynaklı olmuştur. Özellikle ABD ve Brezilya'da biyoetanol üretimi yoğun olarak yapılmakta olup, 2016'da küresel biyoetanol üretiminin % 86'sı bu iki ülkede gerçekleşmiştir.<sup>166</sup> Örneğin Brezilya'da araçlarda günümüzde ortalama % 20-25 aralığında biyoetanol kullanılmaktadır. ABD'nin çoğu eyaletinde ise minimum % 10 biyoetanol kullanımı zorunlu halde bulunmaktadır. Biyoetanol kullanım oranları; yıldan yıla arz-talep dengesi, petrol fiyatları gibi etkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Devletlerin enerji politikaları ve de enerji şirketleri ile ilişkileri de önemli etkenlerden biridir. Ancak önümüzdeki yıllarda CO<sub>2</sub> salınımları ve hava kirliliğinin hükümetler üzerinde yarattığı baskı ve giderek azalan petrol rezervleri de göz önüne alındığında biyoetanolin önemini koruması, hatta Avrupa ve Asya'da da yaygınlaşabileceğini söylemek oldukça mümkündür.

Biyokütle temelli bir başka önemli yakıt, biyodizeldir. Biyodizeli; kolza, ayçiçeği, hurma, soya ve hayvansal yağlara belirli miktarlarda dizel yakıtı karıştırarak ya da yağların katalizör eşliğinde eklenen kısa zincirli bir alkol ile reaksiyonu sonucunda

---

<sup>164</sup> Tester ve diğ., **age**, 240

<sup>165</sup> Lorenzini, Biserni, Flacco, **age**, 161.

<sup>166</sup> REN21, **age**, 48.

elde etmek mümkündür.<sup>167</sup> Biyodizel; günümüzde dizel motorlu araçların otomatik çekişinde ve elektrik üretiminde kazanlara yakıt temininde yoğun olarak kullanılmaktadır. Biyodizelin, geleneksel yakıtlara göre en önemli avantajları ise; yüksek seviyede oksijen barındırması, sülfür barındırmaması ve yağlama kapasitesinin yüksek olmasıdır.<sup>168</sup> Biyodizel; biyoetanolün ardından en çok üretilen biyokütle kökenli yakıttır. 2016'da küresel biyodizel üretimi 28,7 milyar litre olup; biyoyakıt üretiminin % 23'ü biyodizel kaynaklı olmuştur.<sup>169</sup>

Biyoyakıt üretiminin tarihsel gelişimine bakıldığında; biyoyakıt üretimi ile petrol fiyatları arasında büyük bir paralellik olduğu görülecektir. Biyoyakıt üretiminin endüstriyel anlamda başlangıcı 1973 Petrol Krizi olmuş, bu dönemde ABD, Brezilya gibi ülkeler bu endüstriye yönelmeye başlamışlardır. 1985'de biyoyakıt üretimi yaklaşık 8 MTEP'e kadar çıkmıştır. 1986'dan sonra petrol fiyatlarının düşmesinin etkisiyle 2000'li yılların başlarına dek biyoyakıt üretimindeki artış oldukça yavaşlamış, 2002'ye gelindiğinde yaklaşık 12 MTEP olmuştur. 2002'den itibaren petrol fiyatlarının yükselmesiyle; alternatif yakıt arayışları yeniden hızlanmış, biyoyakıt sektörü bu dönemde adeta altın çağını yaşamıştır. 2002-2014 yılları arasında küresel anlamda biyoyakıt üretimi yaklaşık 6,5 kat artmış, 2014'e gelindiğinde 79 MTEP'e kadar çıkmıştır.<sup>170,171</sup> 2014 sonrasında ise petrol fiyatlarının düşmesi üzerine dünya genelinde biyoyakıt üretimindeki artış yeniden azalmaya başlamıştır. Ancak ilerleyen yıllarda üretim maliyetlerinin giderek düşmesi, petrole olan bağımlılığın azaltılması ve küresel ısınmanın ülke ve toplumlar üzerinde yaratacağı baskının da etkisiyle biyoyakıt üretim artışının-petrol fiyatlarına da bağlı olarak-hızlanması oldukça muhtemeldir.

Biyoyakıt yatırımları yapan ülkelerin enerji tüketiminde uzun vadede dışa bağımlılıklarının azalmasını yanı sıra; bu durum, onlara önemli ekonomik kazançlar da sağlayabilmektedir. Örneğin dünyanın ikinci biyoetanol üreticisi konumundaki Brezilya, bu sektöre girdiği 1973'den bu yana ülkede bu sektörün geliştirilmesine

---

<sup>167</sup> Umur Gürsoy, **Enerjide Toplumsal Maliyet ve Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları**, (Ankara: Türk Tabipleri Birliği Yayınları, 2004), 129.

<sup>168</sup> Lorenzini, Biserni, Flacco, **age**, 157-158.

<sup>169</sup> REN21, **age**, 48.

<sup>170</sup> E. Emrah Hatunoğlu, **Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektörüne Etkileri**, (Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı, 2010), 20.

<sup>171</sup> BP, **age**, 45.

yönelik 11 milyar dolar harcama yapmış, bunun karşılığında da bu süreçte 27 milyar değerinde petrol dışalımını yapmaktan kurtulmuştur.<sup>172</sup>

Öte yandan biyokütle temelli yakıtlar, diğer yenilenebilir kaynaklar gibi çevre dostu olduklarından fosil kökenli yakıtlarla birlikte kullanıldıklarında hava kirliliği üzerindeki baskıyı azaltmaktadırlar. Örneğin; bir termik santralde kömür, % 33-37 oranında biyokütle ile birlikte yakıldığında SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> salınımlarının % 30 azaldığı tespit edilmiştir.<sup>173</sup>

Biyokütle enerjisinden; maddenin gaz halinde de yararlanılmaktadır. Bu yararlanma biyogaz şeklinde olmaktadır. Biyogaz; tarımsal üretim sonucunda ortaya çıkan bitkisel atıkların, hayvan ve insan dışkısının sabit bir ısıda hava almayacak şekilde korunmuş tanklar içinde metan bakterileri tarafından parçalanmasıyla oluşan ısı değeri yüksek yanıcı bir gazdır. Biyogazın; özellikle tarımsal üretimde birçok faydası mevcuttur. Örneğin biyogaz gübresi biyogazı alınmamış gübreye göre % 20 daha verimlidir. Biyogaz gübresi, klasik çiftlik gübresine göre buğdayda % 16, pancarda % 25 oranında verim artışı sağlar. Öte yandan biyogaz ile üretilen gübrede hiçbir böcek veya kemirgen üreyemez. Ayrıca biyogaz gübresi, katı gübrenin yaklaşık yarısı kadar yer kaplamaktadır.<sup>174</sup> Böylece biyogaz gübresinin kullanımıyla tarımda ürün ile birlikte verimlilik artışı da sağlanmış olacaktır. Bunun yanı sıra biyogazla üretilen gübrede hiçbir canlı üreyemeyeceğinden bu durum çiftçilerin ürünlerini korumak için yaptıkları harcamaları da düşürecektir. Ülkeler bazında ise biyogazın maliyeti oldukça farklılık gösterebilmektedir. İspanya'da biyogazın üretim maliyeti 100.79 \$/MWh iken; İtalya'da bu miktar 280.28 \$/MWh'ye kadar çıkmaktadır.<sup>175</sup>

Biyogaz; ısıtma ve elektrik amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Özellikle Avrupa'da çoğunlukla kojenerasyon yöntemi ile ısınma ve elektrikten birlikte yararlanılmaktadır. Böylece evlere ve sanayi tesislerine ısı sağlanırken aynı zamanda elektrik üretimi de gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemle toplam ısı ve elektrik verimi ortalama % 80-85 civarında artmakta olup maliyetler de oldukça azalmaktadır. Almanya'da kojenerasyon üretimin maliyeti 52.50 \$/MWh, İspanya'da 42.53 \$/MWh,

---

<sup>172</sup> Hans Langeveld, Johan Sanders, Marieke Meeusen, **The Biobased Economy: Biofuels, Materials and Chemicals in the Post-oil Era** (Londra: Earthscan, 2010): 283.

<sup>173</sup> Gürsoy, *age*, 128.

<sup>174</sup> *age*, 130-131.

<sup>175</sup> IEA-NEA-OECD, *age*, 54-55.

Avusturya'da ise 160.01 \$/MWh'dir.<sup>176</sup> Bunun yanı sıra Asya, küçük ölçekli biyogaz üretiminde başı çekmektedir. Çin'in kırsal bölgelerinde 100 milyondan fazla kişi, Hindistan'da ise yaklaşık 5 milyon insan biyogaz erişimine sahiptir. Bu ülkelerde biyogaz; daha çok ısınma ve yemek pişirme amaçlı olarak kullanılmaktadır.<sup>177</sup>

Biyokütlenin en yoğun biçimde kullanımı ise maddenin katı halinde olmaktadır. Biyokütle ile yapılan ısıtmanın % 77'si, elektrik üretiminin de yaklaşık % 71'i katı halde gerçekleştirilmektedir.<sup>178</sup> Biyokütlenin, katı halde üretim ve arzının şekli bölge ve yörelerin ihtiyaçlarına göre farklılık göstermektedir. Örneğin; samandan elektrik üretimi için 50 km<sup>2</sup>'lik alanlarda yararlanılmaktadır. Öte yandan küresel çapta üretimi ve arzı küresel çapta yapılan ürünler de bulunmaktadır. Bunların başında ise ağaç peletleri gelmektedir. Ağaç peletleri; elektrik üretiminde, ısınma ve yemek pişirmede oldukça kullanışlıdır. 2014 yılı itibariyle Avrupa Birliği'nde 13,5 milyon ton ağaç peleti üretilirken; 2,1 milyon ton ile Almanya, bu alanda başı çekmekte ardından ise sırasıyla 1,6 ve 1,3 milyon ton ile İsveç ve Letonya gelmektedir.<sup>179</sup> Bunun yanı sıra; yapılan bir araştırmaya göre ağaç paleti ile kWh başına elektriğin maliyeti 9-12 sent arası iken, bu rakam kömür için 5-6 sent, petrol için ise 7 sent dolaylarındadır.<sup>180</sup> Günümüzde ağaç paletinin, konvansiyonel yakıtlara göre maliyeti biraz daha yüksek olsa da önümüzdeki yıllarda sağlanacak teknolojik ilerlemeler ile bu tarz kaynakların kullanımı giderek yaygınlaşacaktır.

2014 yılı itibariyle; toplam nihai enerji tüketiminin yaklaşık % 14'ü biyokütleden karşılanmaktadır. Biyokütle, en yaygın olarak binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bugün dünyada binaların yaklaşık % 30'ü biyokütle ile ısınmaktadır. Elektrik üretimi ve ulaşımda ise biyokütlenin payı birim başına maliyetin fosil yakıtlara göre yüksek olmasından dolayı düşüktür. Bu oranlar; sırasıyla % 2 ve % 2,8'dir. Buna karşın; son 6 yılda biyokütle ile üretilen elektrikte yaşanan artış dikkat çekicidir. 2010'da biyokütle ile üretilen elektrik yaklaşık 315 TWh iken, bu rakam 2016'da 504 TWh olmuştur.<sup>181</sup> Biyoyakıtta ise önümüzdeki

---

<sup>176</sup> age, 56-57.

<sup>177</sup> REN21, **Renewables 2016 Global Status Report**, 44.

<sup>178</sup> age, 45.

<sup>179</sup> AEBIOM, **Annual Report 2015**, 7.

<sup>180</sup> Sustainable Energy Authority of Ireland, **Domestic Fuels-Comparison of Energy Costs 2017**.

<sup>181</sup> REN21, **Renewables 2017 Global Status Report**, 47.

yıllarda teknolojik ilerlemeler kaydedilip maliyetler düştüğü takdirde, bu yakıtların kullanım oranları artacaktır.

Biyokütlenin kullanımı ve yaygınlaşmasıyla birlikte istihdam da bu durumdan-diğer yenilenebilir kaynaklarda olduğu gibi-olumlu şekilde etkilenmektedir. Bu durum özellikle kırsal bölge ve yörelerde iş olanaklarını arttırmakta ve ekonomiyi canlandırıcı etki yapmaktadır. Örneğin Almanya'da biyokütle sektöründe toplam 130.000 kişi istihdam edilmekle birlikte biyokütle ürünlerinin işlenmesi ve lojistiği de 260.000'in üzerinde kişiye iş olanağı sağlamaktadır.<sup>182</sup> Dünya genelinde yaklaşık 2,7 milyon kişi bu sektörde istihdam edilmektedir.<sup>183</sup>

Bu noktada dikkat edilmesi gereken temel hususlardan biri enerji üretimi amacıyla biyokütleden yararlanırken, bu durum tarımsal faaliyetleri sekteye uğratacak şekilde olmamalıdır. Köylü tarımını normal biçimde yapabilmeli, üretimini gerçekleştirip bu ürünleri hizmete sunabilmelidir. Bunun dışında; biyokütle kaynakları uygun şekilde kullanıldığı takdirde birçok köy ve kasabanın ısınma ve elektrik gereksinimini karşılamak mümkün olacak, böylece otomatik olarak enerjide dışarıya bağımlılık azaltılmasında önemli bir adım atılmış olunacaktır.

### **3.2.4. Hidrolik Enerji**

Günümüzde yaygın olarak kullanılan enerji kaynaklarından biri de sudur. Sudan elde edilen, bir miktar yüksekte bulunan suyun potansiyel enerjisine de hidrolik enerji denmektedir. Bu enerji, türbinler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bu dönüştürülen enerjiye de hidroelektrik enerji denmektedir.<sup>184</sup>

Hidroelektrik enerji üretimi, genel olarak iki şekilde yapılmaktadır. Bunlardan biri, barajsız santrallerde yapılan üretimdir. Bu santrallerde elektrik üretmek için baraj yapılmamaktadır. Bu sistemde akarsu, bir kanal veya tünele alınarak bir miktar eğim kazandırılmakta ve kanalın veya tünelin bir ucuna yerleştirilen türbin vasıtasıyla da enerji üretimi gerçekleştirilmektedir.<sup>185</sup>

---

<sup>182</sup> Langeveld, Sanders, Meeusen, **age**, 344.

<sup>183</sup> REN21, **age**, 43.

<sup>184</sup> Komor, **age**, 53.

<sup>185</sup> Kocaeren, **age**, 253.

Ancak en yaygın hidroelektrik enerji üretimi barajlı hidroelektrik santraller bünyesinde yapılmaktadır. Bu sistemde önce akarsu üzerine barajlar inşa edilerek, büyük bir yapay göl oluşturulmakta ve bu gölde su biriktirilmektedir. Belli bir potansiyel enerjiye sahip olan bu su ile kurak geçen yıllarda bile enerji üretimi yapılabilmektedir. Daha sonra da türbinler vasıtasıyla hidroelektrik enerji üretimi sağlanmaktadır. Üretilen elektrik ise kablolar aracılığıyla yerleşim birimlerine ulaştırılmaktadır.<sup>186</sup>

Su gücü kullanımının tarihçesi milattan önce 202 yılına kadar dayanmaktadır. İlk hidroelektrik proje 1878 yılında İngiltere’de hayata geçirilmiş olup, özel ve ticari amaçlı ilk hidroelektrik tesis ise 1882’de ABD’nin Wisconsin eyaletinde işleme açılmıştır. 20. yüzyılda ise hidroelektrik teknoloji küresel ölçekte yayılmıştır.<sup>187</sup> Küresel hidroelektrik güç üretimi 1965’te yaklaşık 1,000 TWh/yıl iken 2015’te bu rakam yaklaşık 3,940’a ulaşmıştır. Bu noktada 2005 ile 2015 arasında yaşanan artış oldukça dikkat çekicidir. 2005’te yaklaşık 2,600 TWh/yıl olan üretim 10 yıl içinde 1,5 kat artış göstermiştir. Bu yaşanan artışta, barajlarda sağlanan verimlilik artışı ve Çin’in bu sektöre olan yatırımlarını arttırması oldukça etkili olmuştur. Hidroelektrik enerji; sahip olduğu düşük üretim maliyetlerinden dolayı küresel anlamda elektrik üretimindeki yer ve önemini korumayı başarmıştır. 1971-2015 yılları arasında hidroelektrik enerjinin dünya elektrik üretimindeki % 15-20’lik payını korumuştur.<sup>188</sup> 2016 itibariyle, dünyada üretilen elektriğin % 16,6’sı hidroelektrik enerji kaynaklıdır. Yenilenebilir kaynaklardaki elektrik üretiminin de % 67’si hidroelektrik enerji ile gerçekleştirilmektedir.<sup>189</sup> Ayrıca 2016’da küresel enerji tüketiminin de % 6,8’i hidrolik enerjiyle yapılmıştır.<sup>190</sup>

Günümüzde birçok ülkede, elektrik üretiminin önemli bir bölümü hidroelektrik enerji ile yapılmaktadır. Norveç’te üretilen elektriğin % 96’sı, Brezilya’da % 75’i, Venezuela’da % 65’i Kanada’da % 60’ı, İsveç’te % 47’si hidroelektrik enerji kaynaklıdır.<sup>191</sup> Hidroelektrik enerjinin kullanım miktarları, ülkelerin su kaynakları ve enerji politikalarına göre farklılık göstermektedir. Örneğin; dünyanın en büyük

---

<sup>186</sup> age, 253.

<sup>187</sup> <https://www.hydropower.org/a-brief-history-of-hydropower> (10.02.2017).

<sup>188</sup> <http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.HYRO.ZS?end=2015&start=1960> (01.07.2017).

<sup>189</sup> REN21, age, 33.

<sup>190</sup> BP, age, 9.

<sup>191</sup> IEA, Energy Statistics 2014, 19.



hidroelektrik kapasitesine sahip olan Çin'i boydan boya besleyen iki büyük nehir mevcuttur. Benzer şekilde ikinci en büyük kapasiteye sahip olan Brezilya'da dünyanın akarsu debisi bakımından en yüksek nehri olan Amazon nehri bulunmaktadır.

Diğer taraftan hidroelektrik enerjinin; temiz oluşu, bakım ve işletme maliyetlerinin düşüklüğü, yerli bir kaynak olduğundan dışa bağımlılığı azaltması, ekonomik ömrünün uzunluğu gibi faktörler bu kaynağı fosil yakıtlara göre cazip kılabilmektedir. Bir örnek vermek gerekirse ABD'de 2005 itibariyle 1930-1970 arasında inşa edilen büyük ölçekli hidroelektrik santrallerin (HES) büyük bölümü faaliyetlerini sürdürürken; bu santraller için yapılan yatırım harcamaları en çok 20 yılda karşılanmıştır.<sup>192</sup> Hidroelektrik gücün sermaye maliyeti ise, kurulu güç ile ters orantılıdır. Örneğin 2010'da AB ülkelerinde küçük santrallerin ortalama maliyeti KW başına 4500 \$ iken büyük santrallerde ortalama 3000 \$ idi(Dünyadaki genel kabule göre; kurulu gücü 10 MW'nin altındaki santraller küçük HES, kurulu gücü 10 MW'nin üzerinde olanlar ise büyük HES şeklinde tanımlanmaktadır.). Öte yandan barajın yüksekliği ile yatırım maliyetleri arasında da güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Genel olarak ekonomik yönden ideal baraj yüksekliği 25-30 metre aralığında olmalıdır. Daha önce de belirtildiği gibi yüklü kapasite arttıkça yatırım maliyetleri azalmaktadır. 25 metre yüksekliğindeki bir hidroelektrik santralde, 50 KW'lik bir santralin yatırım maliyeti yaklaşık 4000 \$ iken 500 KW'de 3200 \$, 1 MW'de 3000 \$, 5 MW'de 2400 \$, 10 MW'de ise 2200 \$'dir.<sup>193</sup> Bu noktada kurulu hidroelektrik kapasiteyi arttırmanın önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Hidroelektrik santrallerin yatırım maliyetleri; inşa edildikleri bölgelerin arazi ve iklim şartlarına göre farklılık göstermektedir. Örneğin mevsimsel değişimlerin yüksek olduğu bölgelerde; rezervuarda daha büyük bir depolama kapasitesine ve baraj yapısına gereksinim duyulmakta, bu da yatırım maliyetlerini arttıran bir etken olmaktadır.<sup>194</sup> Geçmişten günümüze hidroelektrik santrallerin yatırım maliyetlerinde büyük bir değişim yaşandığı görülmemektedir. Örneğin ABD'de 1980-2015 yılları arasında inşa edilen hidrolik santrallerin yatırım maliyetleri ortalama kW başına 2000-6000 dolar aralığında iken; bu süreçte söz konusu maliyetler, genel anlamda

---

<sup>192</sup> Tester ve diğ., *age*, 536.

<sup>193</sup> IRENA, **Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series, Hydropower**, 18-19.

<sup>194</sup> Tester ve diğ., *age*, 536.

yakın seviyelerde kalmıştır.<sup>195</sup> Bunda hidroelektrik teknolojinin büyük ölçüde olgunluğa ulaşmasının etkisi büyüktür. Yani gelecek yıllarda da hidroelektrik santrallerin maliyetlerinde kayda değer bir değişim yaşanması beklenmemektedir. 2015 yılı itibariyle bazı ülkeler için % 10'luk faiz oranına göre hidroelektrik enerjinin maliyeti Tablo 3.15'deki gibidir.

**Tablo 3.15: 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerde Hidroelektrik Enerjinin Maliyetleri**

Ülke	Teknoloji	Kapasite Faktörü (%)	Yatırım M. (USD/MWh)	İşletme ve Bakım M. (USD/MWh)	Toplam M. (USD/MWh)
ABD	Elektriksiz baraj	62	126.46	5.19	131.68
	Yeni akım geliştirme	66	131.52	5.06	136.61
Almanya	Küçük, run-of-river	55	265.40	41.10	306.51
	Büyük, run-of-river	63	163.40	17.40	180.80
B. Krallık	Büyük	35	186.78	41.02	227.80
Brezilya	Büyük	56	38.40	8.94	47.35
Çin	Büyük, rezervuar	52	17.82	10.57	28.39
İspanya	Küçük, rezervuar	40	55.11	38.40	93.65
	Büyük, rezervuar	40	39.63	0	39.73
İsviçre	Küçük, run-of-river	54	196.29	21.83	218.12
	Büyük, run-of-river	50	191.47	10.17	201.65
	Büyük,	28	380.91	7.53	388.45

<sup>195</sup> U.S. Department of Energy, **2014 Hydropower Market Report** (2015), 22-23.

	rezervuar				
	Büyük, pompaj depo	26	97.07	9.54	106.61
Japonya	Büyük	45	298.81	22.57	321.39
Portekiz	Büyük, rezervuar	17	267.17	16.65	283.83
	Büyük, pompaj depo	28	206.45	12.14	218.59

Kaynak: IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition**, 54-55.

Hidroelektrik santrallerin maliyetlerinin ülkelere ve kullanılan teknolojilere göre önemli farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Ancak HES'lerin işletme ve bakım maliyetinin düşüklüğü ve yakıt maliyetlerinin olmaması, onları elektrik üretiminde cazip kılan etkenler olmaktadır. Diğer taraftan yapılacak küçük çaplı harcamalarla HES'lerin ömrü onlarca yıl uzatılabilmekte olup, bu da onların çekiciliğini diğer enerji kaynakları karşısında arttıran bir başka unsurdur.

Hidroelektrik enerjinin bir diğer artışı da; diğer yenilenebilir kaynaklarda olduğu gibi geniş istihdam olanakları yaratmasıdır. Hidroelektrik enerji; dünya genelinde geçmişten günümüze enerji tüketimindeki yer ve önemini koruduğundan bu enerji türü, istikrarlı bir biçimde istihdam sağlamaya devam etmiştir. Küresel anlamda fotovoltaiklerin ve biyokütlenin ardından en fazla istihdam sağlayan yenilenebilir enerji kaynağı konumunda olan hidroelektrik enerji, 2016 itibariyle toplam 1.730.000 kişiye istihdam olanağı sağlamıştır. Bunların büyük bölümü yaklaşık 1.519.000 kişi ile büyük HES'lerde görev yaparken; geri kalanını ise küçük HES'lerde istihdam edilenler oluşturmaktadır.<sup>196</sup> Ülkeler bazında bakıldığında ise büyük HES'lerde gerçekleşen istihdamın % 21'inin Çin'de, % 16'sının Hindistan'da, % 12'sinin ise Brezilya'da yaşandığı görülmektedir.<sup>197</sup>

Hidroelektrik gücün getirdiği önemli avantajların yanı sıra; özellikle doğal çevreye ve ekosisteme yönelik birçok olumsuz etkisi de bulunmaktadır. Hidroelektrik projelerden dolayı akarsuların akış düzeni ve sıcaklığı değişmekte, baraj haznelerinin

<sup>196</sup> IRENA, *age*, 7.

<sup>197</sup> *age*, 11.

büyük alanları su altında kalmakta ve yer altı su seviyesi yükselmektedir.<sup>198</sup> Bu da; akarsularda yaşayan birçok balık türünün varlığını tehdit etmektedir. Ayrıca baraj yapımı sırasında oluşan baraj göllerinin etkisiyle ekosistem ve iklim üzerinde yaşanacak olası değişikliklerin sonucunda birçok bitki ve hayvan türünün ortadan kalkması veya sayılarında önemli değişiklikler yaşanması oldukça mümkündür.<sup>199</sup> Doğa ve ekosisteme büyük zarar verecek bir başka olgu da baraj inşası sırasında yok olacak ormanlar ve diğer yeşil alanlardır. Böyle bir durumda birçok canlı yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalacak, ekosistem zarar görecektir ve havadaki oksijen miktarı azalacağından hava kirliliği artacaktır. Bunun yanı sıra; bu süreçte baraj çevresindeki yerleşim birimlerinin büyük bölümü ortadan kalkacak ve haliyle kırsal kesimden kentlere göç artacaktır. Bunun sonucunda da çarpık kentleşme hız kazanacak, gecekondulaşma artacak ve toplam enerji gereksinimi giderek yükselecektir. Bundan dolayı, HES'lerin planlama ve inşaa sürecinde karşılaşılabilecek fiziksel, çevresel ve sosyal sorunlar dikkatli biçimde hesaplanmalı ve projeler bu çerçevede yürütülmelidir. Bu bağlamda ÇED çalışmalarının uygun olarak yapılması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca HES projelerini yürüten şirketler, genellikle özel şirketlerdir. Özel şirketlerin de öncelikli amacı kar sağlamak olduğundan; yapılan işin niteliği, normal standartlara uygunluğu ikinci planda kalabilmektedir. Bu nedenle hükümet bazında yasal düzenlemeler getirilmeli ve bu şirketler sıkı şekilde denetime tabi tutulmalıdır. Aksi halde birçok sıkıntıyla karşı kalınması işten bile değildir.

Tarih boyunca en önemli enerji kaynaklarından biri olan suyun, gelecek yıllarda da enerji arzındaki önemini koruması beklenmektedir. IEA'nın 2015 raporundaki Yeni Politikalar Senaryosuna göre; dünya ölçeğinde HES'lerden elektrik üretimi 2013'de 3.789 TWh iken; bu miktarın 2025'de 4.951'e, 2040'da ise 6.180 TWh'ye ulaşması beklenmektedir. Ayrıca enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki paylarına bakıldığında ise; 2013'de hidrolik enerjinin elektrik üretimindeki payı % 16,2 iken; bu oranın 2040'da % 15,6 olacağı öngörülmektedir.<sup>200</sup> Yani bu süreçte de hidrolik enerjinin, enerji tüketimindeki önemini korumaya devam edeceği açık bir şekilde gözükmektedir.

---

<sup>198</sup> Kocaeren, **age**, 248.

<sup>199</sup> T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, **Türkiye Çevre Atlası** (Ankara,2004), 193.

<sup>200</sup> IEA, **age**, 348.

### 3.2.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji; başta ısı ve elektrik sağlamak üzere birçok alanda kullanılan bir başka yenilenebilir kaynak türüdür. Jeotermal enerji, genel anlamda; yerkabuğunun derinliklerinde birikmiş olan ısıların oluşturduğu, sıcaklıkları bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içeren buhar ve sıcak suları ifade etmektedir.<sup>201</sup> Jeotermal kaynaklar, uygun şekilde işletildiği takdirde gerçekten önemli bir potansiyele sahiptir.

Jeotermal enerjiden; doğrudan veya dolaylı şekilde yararlanılmaktadır. Dolaylı kullanımı ile ısı yüksek olan, sıcaklığı 150°C'den yüksek olan sulardan yeryüzüne kurulan bir düzenele elektrik enerjisi edilmektedir. Bu yolla elde edilen verim % 10-15'i geçmemektedir. Öte yandan jeotermal enerjinin en ekonomik ve geniş kullanım biçimi olan doğrudan kullanımda ise aynı kaynağın verimi % 80 olmaktadır.<sup>202</sup>

İnsanoğlu, jeotermal enerjinin nimetlerinden antik dönemden itibaren yararlanmıştır. M.Ö. 10.000'li yıllarda jeotermal enerjiden; çanak-çömlek, cam, tekstil ve krem üretiminde yararlanılmaktaydı. 1200'lü yıllarda ise Avrupa ülkeleri; jeotermal enerjiyi, mekan ve su ısıtmada kullanmaya başladı. İlk jeotermal santral ise 1966'da Japonya'da kurulmuştur. Jeotermal enerjinin kullanımındaki artış, diğer yenilenebilir kaynaklarda olduğu gibi 1973 Enerji Krizi ile başlamıştır. Jeotermal kaynaklı elektrik üretim kapasitesi, 1975'de yaklaşık 1 GW iken 2015'te bu rakam 13 GW'e ulaşmıştır. Jeotermal enerjinin; yatırım maliyetinin düşük olması, yüksek verimlilikte çalışmaları, elektrik üretiminde yakıt ihtiyacının olmayışı ve yerli bir kaynak oluşu onu enerji yatırımlarında cazip kılan faktörler olarak öne çıkmaktadır. ABD'de jeotermal EIA'nın 2015 yılında yaptığı öngörüye göre; 2020 yılı için açık farkla en ucuz elektrik kaynağı olacağı tahmin edilmektedir.<sup>203</sup> Tablo 3.16'da 2015 itibariyle bazı ülkeler için % 10'luk faiz oranına göre jeotermal enerjinin maliyeti yer almaktadır.

---

<sup>201</sup> Ayşegül Çetin, **Ülkemizin Jeotermal Enerji Kapasitesi ve Yapılabilecekler** (İstanbul: Geleceği Önemseyenler Derneği, 2014): 3.

<sup>202</sup> Gürsoy, **age**, 133.

<sup>203</sup> EIA, **Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2015**, 6.

**Tablo 3.16: 2015 İtibariyle Jeotermal Enerjinin Bazı Ülkelerdeki Maliyetleri**

Ülke	Kapasite Faktörü (%)	Yatırım M. (USD/MWh)	İşletme ve Bakım M. (USD/MWh)	Toplam M. (USD/MWh)
ABD	90	84.65	14.54	99.33
B. Krallık	91	106.68	37.09	144.01
İtalya	92	81.14	18.20	99.55
Yeni Zelanda	89	46.78	11.31	58.14

Kaynak: IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition**, 54-55.

Tabloya bakıldığında jeotermal enerjinin; kömür, doğalgaz ve nükleer enerji gibi yenilenemeyen kaynaklarla rekabet edebilecek düzeyde olduğu göze çarpmakta olup, sera gazı salınımları yaymaması, kapasite faktörünün yüksekliği, işletme ve bakım maliyetlerinin düşüklüğü ve diğer yenilenebilir kaynaklarda olduğu gibi yakıt maliyetlerinin olmaması, bu enerji kaynağını elektrik üretiminde cazip kılmaktadır.

Jeotermal enerjinin maliyeti, 1980 yılından bu yana önemli ölçüde azalmıştır. 1980’de jeotermal enerjinin maliyeti, kWh başına yaklaşık 10 sent iken 2002-2003 yıllarında yaklaşık 3 sente gerilemiştir. 1980-2000 yılları arasında keskin bir şekilde azalan maliyetlerin azalış hızı, bu yıldan sonra düşmeye başlamıştır.<sup>204</sup> Jeotermal enerjinin yatırım maliyetleri ise petrol ve doğalgaz fiyatlarına önemli ölçüde bağlıdır. Petrol fiyatları arttıkça jeotermal akışkan için sondaj kuyuları açmanın maliyeti de artmaktadır. Örneğin 2003-2009 arasında petrol fiyatları % 165 oranında yükselirken jeotermal enerjinin yatırım maliyetleri de % 60-70 oranında artış göstermiştir.<sup>205</sup> 2014 itibariyle jeotermal enerjinin yatırım maliyeti kW başına 1.850-5.100 arasında değişmektedir.<sup>206</sup>

Yapılacak uygun çalışmalarla jeotermalin maliyetini aşağıya çekmek oldukça mümkündür. Örneğin rezervuar üretkenliğinin artırılmasıyla jeotermal akışkan hızının artması, bunun sonucunda da jeotermal enerjinin maliyetinin düşmesi mümkündür. Akışkan hızının 2 kat artmasıyla, jeotermalin maliyetinin yaklaşık % 39

<sup>204</sup> <http://www.zerobuildings.com/renewable-and-green-energy-cost-trends/> (31.07.2017).

<sup>205</sup> IRENA, *age*, 139.

<sup>206</sup> *age*, 137.

oranında azalması beklenmektedir.<sup>207</sup> Ayrıca jeotermal akışkandaki ısıyı, çift elektrik ünitesindeki ısıyı iletmenin yanı sıra ısıyı da düşük sıcaklıktaki ısıtma sistemlerine kaydırıldığı takdirde söz konusu maliyetin % 55'e kadar düşmesi mümkündür.<sup>208</sup> Öte yandan jeotermal buharın elektriğe çevrilme verimi de jeotermalin maliyeti konusunda belirleyici unsurlardan biridir. ABD'nin Kaliforniya eyaletindeki bir jeotermal santralde 1960'larda 1 kWh elektrik üretmek için 9 kg kömür gerekirken, yapılan çalışmalarla 1980'lerde bu miktar 6.6 kg'ye düşürülmüştür.<sup>209</sup> Bu alanda yapılacak AR-GE faaliyetleriyle jeotermal santrallerin verimini arttırmak oldukça mümkündür.

Jeotermal; elektriğin yanı sıra ısı üretiminde de önemli bir potansiyele sahiptir. 2016 itibariyle jeotermal kaynaklı toplam 157 TWh'lik üretimin yaklaşık yarısı ısıtmada kullanılmıştır.<sup>210</sup> Birçok ülke için jeotermal önemli bir ısı kaynağı konumundadır. Örneğin İzlanda, ısı enerjisinin % 85'ini jeotermal ile sağlamaktadır.<sup>211</sup>

Öte yandan jeotermal enerjiden birçok endüstride yararlanma olanağı bulunmaktadır. Düşük ve orta ısıdaki sahalardan üretilen jeotermal akışkan; sera, konut ısıtılması, yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayi ve soğutma tesislerinde kullanılmaktadır. Ayrıca akışkandaki CO<sub>2</sub>'den kuru buz elde edilmesiyle kimyasal madde üretiminde de kullanılmaktadır.<sup>212</sup> Yüksek ısılı sahalardan elde edilen akışkandan ise daha önce de belirtildiği üzere elektrik enerjisi üretilmektedir.

Öte yandan jeotermalin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Jeotermal kaynakların bulunduğu kuyularda; arama sırasında derinlere inildikçe belirsizlik artmakta, bu da maliyetlerin yükseleceği endişesini doğurduğundan jeotermale yönelik yatırımları azaltıcı etki yapabilmektedir. Özellikle düşük kaliteli kuyularda yapılan arama ve sondaj harcamaları, toplam maliyetin % 60-75'ini oluşturabilmektedir.<sup>213</sup> Bu noktada bu kuyuların analiz edilip, karakteristiğinin anlaşılması kilit önem taşımaktadır. Bu

---

<sup>207</sup> Ernst Huenges, **Geothermal Energy Systems: Exploration, Development, and Utilization** (Darmstadt: Wiley-VCH, 2010), 389.

<sup>208</sup> *age*, 390-391.

<sup>209</sup> Tester ve diğ., *age*, 509.

<sup>210</sup> REN21, *age*, 52.

<sup>211</sup> Gürsoy, *age*, 134.

<sup>212</sup> Çetin, *age*, 7.

<sup>213</sup> Maciej Z. Lukawski, Rachel L. Silverman, Jefferson W. Tester, **Uncertainty analysis of geothermal well drilling and completion costs**, 2.

yapıldığı takdirde, jeotermal endüstri daha da gelişme olanaklarına kavuşacak ve var olan jeotermal potansiyelden daha etkin bir şekilde yararlanılmasının önü açılacaktır.

Bazı jeotermal santraller, yüksek miktarda ikincil sıvı kullanmayı gerektirmektedir. Bu sıvıların da maliyetinin yüksek oluşu, jeotermal gücün önündeki engellerden birini teşkil etmektedir. Ayrıca ikincil sıvı olarak hidrokarbon kullanılması halinde, hidrokarbonlar yanıcı özellik taşıdığından büyük bir risk oluşmaktadır.<sup>214</sup> Böyle bir durumda, jeotermal güç üretimi için kullanılacak olan sahanın jeolojik analizinin uygun şekilde yapılması ve mevcut projelerin teknik gereksinimleri büyük önem taşımaktadır.

Jeotermal güç, genel anlamda bakıldığında enerji üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir. Dünyada toplam 203 ile 229 GW arasında jeotermal güç potansiyeli bulunduğu sanılmaktadır.<sup>215</sup> Günümüzde bu potansiyelin yaklaşık % 5-6'lık dilimine ulaşılabilmektedir. 1970'li yılların ortalarından itibaren istikrarlı olarak artan jeotermal enerjiden elektrik üretiminin ilerleyen yıllarda da bu trendin sürmesi beklenmektedir. IEA'nın 2015 raporuna göre; 2013'de 72 TWh olan elektrik üretiminin 2025'de 162 TWh'ye, 2040'da ise 392 TWh'ye ulaşması beklenmektedir.<sup>216</sup> Bu öngörüye göre 2013'de binde 3 olan jeotermal enerjinin küresel elektrik tüketimindeki payı, 2040'a gelindiğinde yaklaşık % 1'e gelecektir.

### **3.2.6. Dalga ve Okyanus Enerjisi**

Dalga ve okyanuslar, sahip oldukları enerji potansiyeli bakımından dünya enerji piyasasında oldukça etkili olabilecek bir güce sahiptir. Dünyada, deniz kaynaklı 7,621 GWh enerji potansiyelinin bulunduğu tahmin edilmekte olup; bu rakam hidrolik ve biyokütle potansiyelinin toplamının yaklaşık 5 katına eşittir. Rüzgar potansiyelinin ise dörtte birine denk gelmektedir.<sup>217</sup>

Dünya ve güneşin karşılıklı yerçekimi etkileşimi sonucunda oluşan dalgalar, dünyanın bazı bölgelerinde toplam enerji arzına onlarca GW katkıda bulunabilecek potansiyele sahiptir. Dalga enerjisi, doğrudan dalga yüzeyinden veya yüzey altındaki dalga basıncından elde edilmektedir. Aynı zamanda rüzgar, dünyanın birçok yerinde

---

<sup>214</sup> Kocaeren, **age**, 269.

<sup>215</sup> EIA, **2016 Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report**, 26.

<sup>216</sup> IEA, **age**, 348.

<sup>217</sup> Kocaeren, **age**, 256.



dalgaların şiddetini artıracak yoğunlukta ve sürekli olarak esmektedir. Dalga enerjisi makineleri ise dalgaların yüzey hareketlerinden veya dalga basıncından doğrudan enerji üretebilmektedir.<sup>218</sup>

Dalga üreten tesislerin hayata geçirilmesi durumunda enerji üretiminde çeşitliliğin artacak olmasının yanı sıra; kara ve deniz ulaşımını rahatlatıcı etki yapacaktır. Ayrıca bir dalga santralının ortalama ömrü 75 yıl iken; bu süre fosil yakıt santrallerinde 25 yıl, nükleer santrallerde ise 30-40 yıl aralığındadır.<sup>219</sup> Dalgalar, sahip oldukları büyük potansiyele rağmen günümüze kadar olan süreçte enerji üretimindeki rolleri oldukça sınırlı kalmıştır. Bu durumun önemli nedenlerinden biri yatırım maliyetlerinin belirsizliğidir. Özellikle rüzgar ve dalgaların etkili olduğu bölgelerde enerji üretmek için kurulacak tesislerin olası dalgalardan zarar görme olasılığının yüksekliği ve yüksek miktarda enerji üretebilecek alanların sınırlı olması, yatırımcıları daha güvenilir kaynaklara yöneltmektedir. Ayrıca 1980'lerden itibaren petrol fiyatlarının düşmesiyle birlikte bu gibi yatırım maliyetleri yüksek kaynaklara olan ilgi de azalmaya başlamıştır. 2016 itibarıyla küresel okyanus enerjisi kapasitesi yaklaşık 536 MW'dir. Günümüzde dalgalardan enerji üreten biri Fransa'da, diğeri de Güney Kore'de olmak üzere 2 tane büyük ölçekli tesis bulunmaktadır.<sup>220</sup>

Diğer taraftan okyanuslardaki sıcak ve soğuk sulardaki sıcaklık farkı da elektrik enerjisi açısından büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Özellikle 20°C kuzey ve güney enlemleri arasında kalan bölge, enerji üretimine çok uygundur. Bu bölgede yüzey ile taban suyu arasında 20-25°C fark bulunmakta, bu da enerji üretimini teknik olarak mümkün kılmaktadır. Ancak bu yöndeki çalışmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Bu noktadaki önemli etkenlerden biri anakaradan kopan geniş kütlelerin varlığıdır. Bu kütleler, enerji üretim tesislerini açık denizlere itmekte, bu da üretilecek enerjinin karaya iletimini güçleştirmektedir.<sup>221</sup> Yatırım maliyetlerinin yüksekliği de bu yöndeki çalışmalarını caydıran bir başka etkidir. Yapılan tahminlere göre dalga enerjisindeki yatırım maliyetlerinin 2020'ye gelindiğinde kW başına 5.100-6.000 dolar arasında, 2030'da ise 3.100-4.000 dolar olması beklenmektedir.<sup>222</sup>

---

<sup>218</sup> age, 255.

<sup>219</sup> R.H. Charlier, C. W. Finkl, **Ocean Energy-Tide and Tidal Power** (Berlin: Springer, 2010), 158.

<sup>220</sup> REN21, age, 61.

<sup>221</sup> Tester, ve diğ., age, 599.

<sup>222</sup> IEA-NEA-OECD, age, 157.

Dalga ve okyanuslar, fiziksel özelliklerinden dolayı diğer yenilenebilir kaynaklara göre daha fazla risk barındırdığından ve sermaye maliyetlerinin yüksekliğinden, bu kaynaklara yönelik yatırımlar da nispeten sınırlı kalmıştır. Dalga ve okyanus enerjisiyle, üretilen elektriğin fosil yakıtlara kıyasla % 50-150 arası daha maliyetli olacağı öngörülmektedir.<sup>223</sup> Bu faktörler, bu kaynaklara yönelik AR-GE çalışmalarını da isteksiz hale getirmektedir. Önümüzdeki on yıllarda da bu durumun değişmesi beklenmemekte, dalga ve okyanusların enerji üretiminde önemli bir aktör olması oldukça düşük bir olasılık olarak görülmektedir.

### 3.2.7. Hidrojen Enerjisi

Doğada sonsuz miktarda bulunan hidrojen, bazı kişi ve çevrelerce geleceğin yakıtı olarak gösterilmektedir. Hidrojenin; kolay ve güvenli bir şekilde her yere taşınabilmesi ve bu süreçte çok az enerji kaybının yaşanması, temiz olması, evlerde, sanayide ve taşıtlarda kullanıma uygun olması, fosil yakıtlara göre daha verimli olması ve gaz, sıvı ve katı şekilde depolanabilmesi onu enerji üretiminde cazip kılan etkenlerdir. Ayrıca hidrojen, birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahip olan yakıttır. 1 kg hidrojen; 2,8 kg petrol veya 2,1 kg doğalgazın sahip olduğu enerjiyi bünyesinde barındırmaktadır.<sup>224</sup> Gelecek on yıllarda teknolojik ilerlemeler sağlandığı ve hidrojen üretiminin maliyeti düştüğü takdirde hidrojenin kullanımını giderek yaygınlaşması oldukça muhtemeldir.

Günümüzde hidrojen üretiminde en yaygın şekilde kullanılan teknoloji, buhar metan reformasyonudur. Dünyadaki hidrojenin yaklaşık olarak yarısı doğalgazdan ayrıştırılmak suretiyle bu teknolojiyle üretilmektedir. Günümüz koşullarında, maliyet yönünden en uygun yöntem de bu yöntemdir. Bu kaynakta da üretim ölçeği büyüdükçe, ortalama maliyet azalmaktadır. Yatırım maliyetleri büyük ölçekli birimlerde KW başına ortalama 400-600 \$ iken, küçük ölçeklilerde bu rakam 3000-5000 \$ civarındadır. Doğalgazın yanı sıra bu teknolojiyle hidrojen yönünden zengin diğer fosil kaynaklardan veya organik atıklardan da hidrojen üretimi gerçekleştirmek mümkündür.<sup>225</sup>

---

<sup>223</sup> Tester ve diğ., **age**, 604.

<sup>224</sup> Kocaeren, **age**, 285.

<sup>225</sup> IEA, **Technology Roadmap-Hydrogen and Fuel Cells**, 28-29.

Hidrojen üretimindeki bir diğer teknoloji de elektrolizdir. Bu teknolojiyle elektrik kullanılarak hidrojenin sudan ayrışması sağlanmaktadır. Verimi diğer teknolojilere göre yüksek olmasına karşın; yatırım maliyetlerinin yüksekliği ve düşük ömürlü oluşu bu teknolojinin kullanımını sınırlandırmıştır. Hidrojeni; hidrit bileşiklerinden, fotobiyolojik yöntemle ve nükleer enerji kullanarak da üretmek mümkündür.<sup>226</sup> Ancak bu yöntemlerle hidrojen üretimi günümüze dek çok düşük seviyelerde kalmıştır.

Hidrojenden elektrik üretimi için günümüzdeki en uygun sistem yakıt pili teknolojisidir. Yakıt pilleri, sistem için temin edilen yakıt ve elektrokimyasal tepkimenin gerçekleşmesi için gerekli olan oksitleyicinin kimyasal enerjisini doğrudan elektrik ve ısı formunda kullanabilir enerjiye çeviren güç elemanlarını ifade etmektedir. Yakıt pilinin; uzay çalışmaları, askeri uygulamalar, binalar, sabit ve yüksek güç üretim sistemleri, taşınabilir güç kaynakları, atık su uygulamaları ve taşıtlar olmak üzere geniş bir yelpazede kullanım alanı bulunmaktadır.<sup>227</sup> Günümüzde yakıt pillerinin yatırım maliyeti kombine çevrim tesislerine göre 4-6 kat yüksek olsa da 2030'a gelindiğinde özellikle hidrojenin katı yakıt teknolojisinin yatırım maliyetinin kW başına 1.100-1.800 dolar olması beklenmekte olup fosil yakıtlarla rekabet edebilecek seviyeye ulaşması beklenmektedir.<sup>228</sup>

Hidrojen enerjisiyle ilgili bir diğer önemli sorun da depolama maliyetlerinin yüksek oluşudur. Hidrojenin; yakıt pillerinin yanı sıra tanklarda, kompresörlerde ve gaz türbinlerinde dönüştürme ve depolama maliyetleri hidrojen üretiminin önündeki önemli engellerden biridir. Örneğin 10 MW kapasitedeki hidrojenin depolanması için kurulacak bir basınçlı tankın yatırım maliyeti saat başı üretim için 10.000 \$'ye kadar çıkabilmektedir.<sup>229</sup>

Önümüzdeki yıllarda; fosil kaynakların azalmasıyla ve küresel ısınmanın hükümetler üzerinde yaratacağı baskıyla birlikte yenilenebilir kaynaklara doğru yöneliş hızlanacaktır. Sahip olduğu birçok avantajdan dolayı hidrojen de bu kaynaklardan biri olabilir. Yapılacak çalışmalar sonucu yaşanacak maliyet düşüşleri hidrojenin

---

<sup>226</sup> İstanbul Ticaret Odası Yayınları, **Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi**, (İstanbul: Sektörel Yayınlar, 2008), 101.

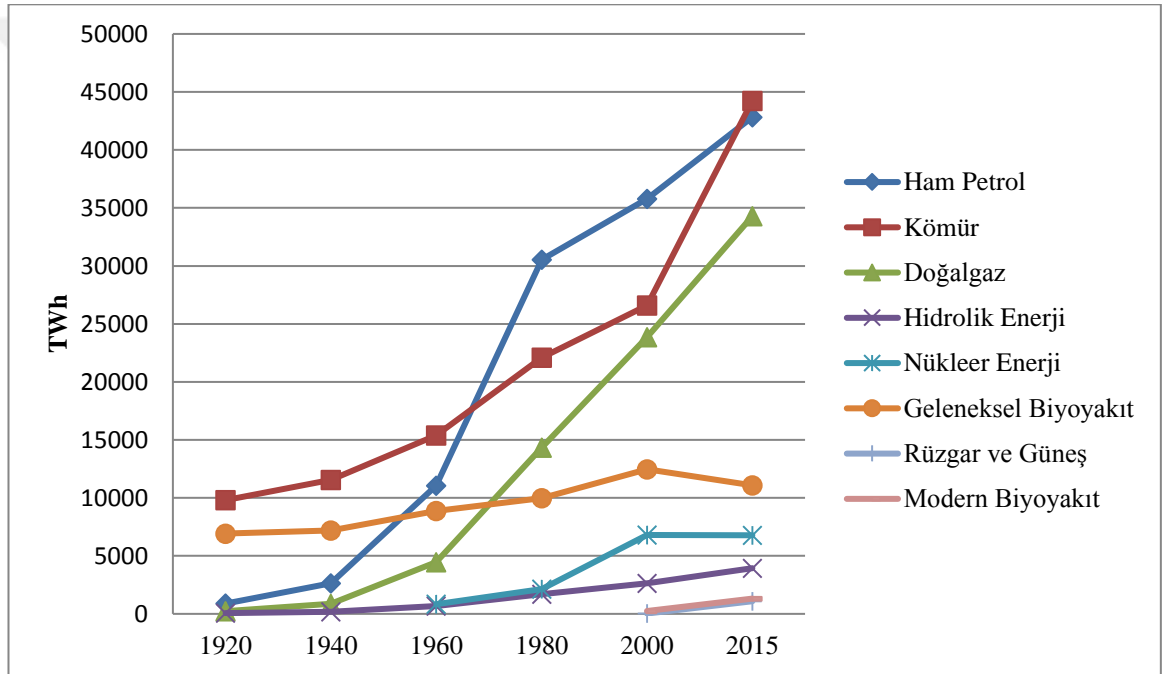
<sup>227</sup> Ahmet Eniş, "Enerji Politikaları ile Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları", **TMMOB 4. Enerji Sempozyumu Bildirileri 10-12 Aralık 2003** (Ankara: Milli Kütüphane, 2003) 319-320.

<sup>228</sup> IEA-NEA-OECD, **age**, 151.

<sup>229</sup> IEA, **age**, 32.

enerji üretimindeki kullanım ölçeğini belirleyecektir. Bu noktada örneğin; yakıt pillerinin PEM elektroliti için üretim maliyetinin 2007 ile 2014 arası yarı yarıya düşmesi<sup>230</sup> umut verici bir gelişmedir. Ülkeler için ise hidrojen teknolojilerindeki gelişmeleri takip etmeli ve enerji üreticilerini bu yönde teşvik etmelidirler. Çünkü belki de hidrojen, gelecek on yıl ve yüzyıllarda dünya enerji piyasasında belirleyici bir aktör olacak ve bu alanda diğer ülkelerden geri kalmamak büyük önem taşımaktadır.

### 3.3. Genel Değerlendirme



Şekil 3.7: 1920-2015 Yılları Arasında Küresel Birincil Enerji Tüketimi

Kaynak: <https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy-consumption-1800-2015> (15.09.2017).

Geçmişten günümüze enerji ihtiyacı; teknolojinin gelişmesi, kaynakların işlevselliği, ilgili maliyetlerin düşmesi ve çevresel faktörlerin etkisiyle çeşitli kaynaklardan karşılanmıştır. Avrupa’da Sanayi Devrimi’nin başladığı 1750’lere kadar büyük ölçüde odundan oluşan enerji havuzuna, bu dönemden itibaren buhar makinelerinde

<sup>230</sup>age, 32.

kullanılan kömür de katılmaya başlamıştır. Özellikle 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren Sanayi Devrimi'nin Kıta Avrupa'sına ve Kuzey Amerika'ya tümüyle yayılması ve kömür üretim tekniklerinin gelişmesi ve maliyetlerin düşmesiyle enerji tüketimi içinde kömürün payı da giderek artmıştır. 1850'de kömürün, birincil enerji tüketimindeki payı % 7 iken; bu oran 1880'de % 26'ye, 1900'de ise % 47'ye yükselmiş, % 50 olan geleneksel yakıtların payına iyice yaklaşmıştır. Kömürün enerji tüketimindeki payı; 1900'lerin başında da artmaya devam etmiş, 1910'a gelindiğinde % 55'e kadar ulaşmış, sonrasında ise petrolün; dünya sahnesine çıkmasıyla birlikte düşmeye başlamıştır. 1940'a gelindiğinde küresel ölçekte birincil enerji tüketiminde kömürün payı % 51, geleneksel yakıtların % 32, petrolün yaklaşık olarak % 11, doğalgaz ve hidrolik enerjinin ise payları sırasıyla % 4 ve % 1 olmuştur.

1940'dan sonra; İkinci Dünya Savaşı'yla birlikte kömüre göre çok daha verimli ve kullanım alanı daha geniş olan petrolün kullanımı giderek ivme kazanmıştır. 1930'larda Arap Yarımadası'nda geniş petrol rezervlerinin keşfedilmesiyle petrol arzı büyük ölçüde güvenceye alınmış ve petrol tüketimindeki artış giderek hızlanmıştır. 1940-1960 yılları arasında petrol; tüketimi en hızlı olarak artan enerji kaynağı olma özelliğini kömürden devralmıştır. Bunun yanı sıra; aynı süreçte, yaşanan teknolojik gelişmelerin etkisiyle çelikten doğalgaz boru hatları yapılmış, bu sayede doğalgaz kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. 1960'a gelindiğinde birincil enerji tüketiminde petrolün ve doğalgazın payları sırasıyla % 27 ve % 11'e çıkarken; kömürün ve geleneksel yakıtların payları ise % 38 ve % 22'ye gerilemiştir.

**Tablo 3.17: Enerji Kaynaklarının Yıllara Göre Küresel Birincil Enerji Tüketimindeki Payları**

Enerji Kaynakları	1920	1940	1960	1980	2000	2015
Ham Petrol	% 4,98	% 11,75	% 27,33	% 37,81	% 33	% 29,42
Kömür	% 54,74	% 51,43	% 38,04	% 27,37	% 24,53	% 30,39
Doğalgaz	% 1,30	% 3,88	% 11,03	% 17,75	% 22	% 23,56
Nükleer Enerji	0	0	% 0,02	% 2,63	% 6,27	% 4,66
Hidrolik Enerji	% 0,36	% 0,85	% 1,70	% 2,10	% 2,44	% 2,70
Geleneksel Biyokütle	% 38,66	% 32,06	% 21,90	% 12,35	% 11,50	% 7,61
Rüzgar ve Güneş	0	0	0	0	% 0,03	% 0,75
Modern Biyokütle	0	0	0	0	% 0,23	% 0,90

Kaynak: <https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy-consumption-1800-2015?stackMode=relative> (16.09.2017).

1960-1980 arasında ise küresel petrol tüketimi; 1973'e kadar, hızlı bir şekilde artmaya devam etmiş, hatta bu süreçte % 80 oranında artış göstererek tarihindeki en üst seviyedeki artışı gerçekleştirmiştir. 1973'de yaşanan Petrol Krizi ile birlikte petrol tüketimi istikrarsız bir grafik çizmeye başlarken; buna karşın maliyeti düşük olan kömürün tüketimindeki artış ivme kazanmıştır. Ayrıca bu dönemde doğalgaz hatları genişlemiş, verimlilikleri artmıştır. Bundan dolayı da ölçek ekonomisi gereği maliyetler düşmüş ve toplam doğalgaz tüketimindeki artış 3 katın üzerinde olmuştur. Diğer taraftan nükleer enerji; alternatif bir enerji kaynağı olarak ortaya çıkmış, birçok ülkenin-özellikle gelişmiş ülkelerin-elektrik üretiminde kısa sürede önemli bir kaynak konumuna gelmiştir. Hidrolik enerji ise istikrarlı artışını sürdürürken; geleneksel biyokütlenin payı ise azalmaya devam etmiştir.

1980 sonrasında ise; Petrol Krizi'nin yaşanmasıyla birlikte güvenilir bir enerji kaynağı olmaktan çıkan petrolün yerine doğalgazın kullanımı giderek yaygınlaşmış ve 2015'e kadar doğalgaz, küresel birincil enerji tüketiminde payı en fazla artan kaynak olmuştur. Öte yandan kömürün payı da bu dönemde 3 puan artmış, bunda Çin, Hindistan ve Güney Afrika gibi ekonomisi hızla gelişen ülkelerin enerji tüketimlerinin yarısından fazlasını kömür ile gerçekleştirmeleri etkili olmuştur. Büyük ölçüde yine aynı sebepten petrolün payı azalmış, 2015'de 1980'e göre 8 puan düşmüştür. Nükleer üretim ise 1980'lerin ortasına kadar hızlı bir şekilde artmaya

devam etmiş ancak maliyeti daha düşük olan doğalgaz çevrim santrallerinin ortaya çıkışı, nükleer santrallerin yenileme masraflarının 1980'lerde artış göstererek kömür santrallerine göre oldukça pahalı hale gelmesi ve 1986'da Çernobil ve daha sonra 2011'de yaşanan Fukushima Faciaları'nın da etkisiyle küresel nükleer kapasitesinin artış hızı giderek yavaşlamıştır. 2000'den sonra ise yenilenebilir kaynaklara yönelik yatırımlar hız kazanmış, bu kaynakların enerji karışımı içindeki hissesi giderek artmaya başlamıştır. İlerleyen yıllarda rüzgar, güneş ve hidrolik enerji gibi yenilenebilir kaynakların; enerji tüketimi içinde payını en çok arttıran kaynaklar olması beklenmektedir.



#### 4. TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKASI

1980’den itibaren neoliberalizm küresel çapta etkisini giderek arttırmış, ülkeler ekonomi ve ticarete birbirlerine iyice bağımlı hale gelmeye başlamışlardır. Bu durumdan, her sektör gibi enerji sektörü de payını almıştır. Enerji alanında; özel şirketler de önemli bir aktör konumuna kademeli olarak yükselmişlerdir. Bu da, doğal olarak enerji piyasasının yapısında önemli değişikliklere neden olmuştur. Enerjinin; dünya genelinde üretilen ürün ve hizmetlerin önemli bir kısmının en önemli girdisi olduğu göz önüne alındığında da, enerji sektörünün bu süreçte yaşadığı dönüşümlerin anlaşılmasının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Öte yandan aynı yıllarda enerji kaynaklarının da çeşitlenmesi süreci hız kazanmıştır. Özellikle 1973 Petrol Krizi’nin ardından, dünya genelinde petrolün artık tam anlamıyla güvenilir bir enerji sağlayıcısı olamayacağı kanısına varılmış ve ülkeler enerji kaynaklarını çeşitlendirme politikasına yönelmişlerdir. Bu da ülkelerin enerji politikalarında önemli değişikliklere sebep olmuştur. Doğalgaz ve nükleer enerjinin enerji tüketimindeki payı artmaya başlamış ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik fırsatlar da daha detaylı biçimde araştırılmaya başlanmıştır.

Türkiye’de ise cumhuriyetin kuruluşundan 1980 yılına kadar olan dönemde, dünyadaki birçok ülkede olduğu gibi ekonomi ve ticarete genel hatlarıyla ithal ikameci politika benimsenmiştir. Bu süreçte dışalımın, dışsatımla dengelenmesi amacı güdüldüğünden 3 kez büyük çapta devalüasyon yapılmış ve artan bütçe açığı yapılacak dışsatımlar ile bir nebze de olsa azaltılmaya çalışılmıştır. Ancak 24 Ocak 1980 tarihinde imzalanan kararlar ile ekonomide tamamen yeni bir dönem başlamıştır. Bu kararlar ile uluslararası sermayenin ülkede serbestçe dolaşımının önü iyice açılmış ve bu durumun her alanda olduğu gibi enerji sektöründe de önemli yansımaları olmuştur. Bunun yanı sıra; aynı dönemde ülkede enerji kaynaklarında çeşitlilik de artmaya başlamıştır. Bu olgular, Türkiye’deki 1980 sonrası dönemi incelemeye değer kılmaktadır. Bu bölümde Türkiye’nin 1980 sonrası enerji



politikaları ve bünyesinde barındırdığı enerji potansiyeli ve kaynakları ele alınacaktır.

#### **4.1. 1923-1980 Arası Türkiye'nin Enerji Politikaları**

Türkiye'de cumhuriyetin ilanından sonra kuruluş sürecinde ekonomide bütçe denklığı politikasına büyük önem verilmiştir. Ancak; ekonomi, Osmanlı döneminden kalan borçlar ve mali ve beşeri sermaye yetersizliğinden dolayı oldukça zor bir durumdaydı. Ekonominin her alanında, eldeki kaynaklardan maksimum fayda sağlanmaya gayret edilmiştir. Enerji politikaları da, bu minvalde üretilmeye ve uygulanmaya çalışılmıştır.

Ülkenin karşı karşıya olduğu ekonomik sıkıntılara çözüm yollarının aranması için 1923'de toplanan İzmir İktisat Kongresi'nde; enerji gereksiniminin-zorunlu şartlar dışında-yerli kaynaklarla, özellikle ülkede rezerv bakımından bol miktarda bulunan kömür ile karşılanması gerektiği belirtilmiştir. Kongrede bu bağlamda; kömür havzalarının içinde bulunduğu kötü durumun iyileştirilmesini sağlayacak tedbirlerin alınması, kok ve antrasit cinsleri dışında maden kömürlerinin dış rekabete karşı korunması, özellikle taşkömürü bakımından zengin olan Zonguldak-Ereğli havzasının jeolojik yapısının saptanması ve bölgenin sınırlarının hukuk yoluyla belirlenmesinin önemine vurgu yapılmıştır.<sup>231</sup> O dönemde enerji temel olarak, kömür üzerinden üretildiğinden, kömürün sağlıklı bir şekilde temini, üretimi ve verimli kullanımına büyük önem verilmiştir.

Enerji güvenliğini ve teminini sağlıklı bir şekilde sağlamanın, ekonomik kalkınmanın temellerinden biri olduğunun bilincinde olan yeni yönetim bu yönde adımlar atmaya gayret etmiştir. Bu doğrultuda; 1935 yılında Nafia Vekaleti'nin bünyesinde ülkedeki yeraltı kaynaklarının işletilmesi ve değerlendirilmesine ve enerji üretimine katkı sağlamak için gerekli sermayenin temini için Etibank, bunun yanı sıra yeraltı kaynaklarını araştırmak, bu kaynakların daha verimli işletilmesini sağlamak ve bu sektörde yapılacak araştırmalar için nitelikli personel yetiştirmek amacıyla Maden Tetkik ve Arama (MTA) ve elektrik enerjisi alanındaki çalışmaları yürütmesi için

---

<sup>231</sup> Ahmet Demir, "Türkiye'de Cumhuriyet Döneminde Enerji Politikaları", **Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Dergisi**, c. 35, s. 1. (1980): 109.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) kurulmuştur. 1939'da da mevcut su potansiyelinin ölçülmesi ve kullanım alanlarının araştırılması için Nafia Vekaleti'ne bağlı olarak Su İşleri Reisliği kurulmuş, sonradan adı Devlet Su İşleri (DSİ) olarak değişmiştir. 1941'de ise ülkedeki petrol kaynaklarını işletmek amacıyla Petrol Ofisi kurulmuştur.

Buna karşın; cumhuriyetin kurulduğu dönemde neredeyse tüm enerji kaynakları yabancıların elinde olduğundan, ekonomik durum el verdikçe bu kaynaklar devletleştirilmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda; 1926'da çıkarılan bir yasa ile ülke sınırları içindeki tüm petrol arama ve işletme yetkileri devlete teslim edilmiş, 1936'da da taşkömürü ocakları Fransız sermayeli Ereğli şirketinden devletçe satın alınarak Etibank'a bırakılmıştır.<sup>232</sup> Özellikle taşkömürünün enerji üretimindeki önemi de düşünüldüğünde, bu kaynağın bulunduğu madenlerin devletleştirilmesinin stratejik önemi büyüktür.

Bu süreçte; enerji kaynaklarının keşfi ve üretiminde de önemli gelişmeler yaşanmıştır. 1940'da Siirt'in Raman ilçesinde petrol yatağı bulunmuş, 1948'de ise ekonomik yönden işletilebilir konuma geldiğinde üretime başlanmıştır. Öte yandan 1945'te Garzan alanında başlayan çalışmalarla, 1951'de bu bölgede de petrol üretimine başlanmıştır. 1950'de yerli ham petrol üretimi 18 bin ton olmuştur.<sup>233</sup> Öte yandan taşkömürü üretiminde de önemli artışlar yaşanmıştır. 1926'da üretilen taşkömürü miktarı 1 milyon ton iken; bu rakam 1934'te 2 milyona, 1940'ta 3 milyona çıkmıştır.<sup>234</sup> Taşkömürü üretimindeki artışın bir yansıması olarak da 1933'de 152 GWh olan elektrik üretimi 1950'de 760 GWh düzeyine çıkmıştır.<sup>235</sup> Bu dönemde enerji alanında bir diğer önemli gelişme de Zonguldak'ta ilk kez bir bölge santralının kurulmuş olmasıdır. Bunun önemi ise o zamana kadar belde veya otoprodüktör santrallerinden karşılanmakta olan belediyelerin ve sanayi kuruluşlarının elektrik ihtiyacı, yeni kurulan sistemle birlikte birbirleriyle bağlantılı olarak kurulan ve kurulacak büyük santrallerin tüm ülkenin elektrik ihtiyacının güvenilir ve ekonomik bir biçimde karşılanması olanağı elde edilmiştir.<sup>236</sup>

Genel olarak bakıldığında; 1923-1950 arası dönemin enerji sektöründe o dönemin koşulları dikkate alındığında oldukça verimli geçtiği söylenebilir. Cumhuriyet

---

<sup>232</sup> MÜSİAD, **2000'li Yıllarda Türkiye'nin Enerji Politikası**, (Kocaali, 1996), 8-9.

<sup>233</sup> **age**, 10.

<sup>234</sup> Demir, **age**, 113.

<sup>235</sup> MÜSİAD, **age**, 10.

<sup>236</sup> Demir, **age**, 113-114.

öncesinde enerji sektöründe fiziki ve beşeri sermayesi çok düşük seviyelerde olan bir ulus, enerji güvenliğini ve bağımsızlığını sağlama konusunda önemli adımlar atmış, ileriki yıllar için bunun altyapısı hazırlanmıştır. Ayrıca aynı dönemde İkinci Dünya Savaşı'nın yaşandığı ve savaşın neden olduğu ekonomik sıkıntılar da göz önüne alındığında; bu durum sağlanan ilerlemeleri daha anlamlı kılmaktadır.

1950 yılında Demokrat Parti iktidara geldikten sonra karma ekonomiye geçilmiş, ekonomide önceki döneme göre daha liberal bir anlayış benimsenmiştir. Enerji politikaları da, doğal olarak bu ilke ile biçimlenmeye başlamıştır. Bu doğrultuda 1954'te çıkarılan bir yasa ile ülkede yabancı şirketlere petrol arama ve üretme izni verilmiştir. Aynı yıl kamu sektörü petrol işletmeciliği için Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) kurulmuştur. 1957'de ise Petrol Kanunu'nda yapılan bir değişiklikle yerli ve yabancı özel sermayeli şirketlere rafineri kurma izni verilmiştir. 1960 yılına gelindiğinde yerli petrol üretimi 363.000 ton olmuş, üretimin % 97'si TPAO tarafından gerçekleştirilmiştir.<sup>237</sup>

Kömür alanında 1957'de bir başka kamu iktisadi teşebbüsü niteliğindeki Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) kurulmuş, kömür işletmeciliği Etibank'tan bu kuruma aktarılmıştır. 1950-60 arasında taşkömüründen ziyade linyit üretiminde artış yaşanmıştır. Bu süreçte linyit üretimi 1,2 milyon tondan 4,1 milyon tona çıkmıştır. Linyit üretiminde, 1950 yılında % 17 olan özel sektörün payı 1960'a gelindiğinde % 40'a çıkmıştır.<sup>238</sup>

Elektrik işletmeciliğinde ise yabancı sermaye içermeyen özel sektör ortaklıklarına gidilmiştir. 1952-56 yılları arasında dört özel sermayeli ulusal anonim şirket oluşturulmuş, kendilerine bölgesel ayrıcalıklar tanınmıştır. Bu politika, o dönemde elektrik üretimi anlamında olumlu sonuçlar da vermiştir. 1950'de 389,9 MW olan termik kurulu güç 1960'a gelindiğinde 860,5 MW'ye ulaşmış, hidrolik kurulu güç ise aynı süreçte 17,9 MW'den 411,9 MW'ye yükselmiştir.<sup>239</sup> 1950'li yıllarda özel sektörün enerji sektörüne etkin olarak girmesi, uzun yıllar sürecek-halen süren-bir periyodu da başlatmıştır. İlk yıllarda, olumlu sonuçlar verse de, bu durum ilerleyen

---

<sup>237</sup> TÜSİAD, **21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi**, (İstanbul, 1998), 246.

<sup>238</sup> **age**, 246.

<sup>239</sup> MÜSİAD, **age**, 11.

yıllarda iyice kontrolden çıkacak ve özelleştirmeler, ülkeye faydadan çok zarar getirecektir.

1960 yılında askeri darbeyle yönetim el değiştirmiş, yeni hazırlanan anayasayla kalkınma, plana bağlanmıştır. 5'er yıllık kalkınma planları hazırlanmış, kalkınmanın en önemli yapıtaşlarından olan enerji konusu ayrıntılı bir biçimde ele alınmıştır. İlk olarak devletin çeşitli kuruluşlarına dağılmış olan enerji işleri, 1963 yılında kurulan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) çatısı altında toplanmıştır.

Oluşturulan kalkınma planlarında enerjiye ilgili birçok hedef belirlenmiştir. Örneğin Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planında; kırsal kesimde yaygın olarak kullanılan odun ve tezek gibi ticari olmayan enerji kaynaklarının yerine ucuz ve sağlığa zararlı olmayan yakıtlara kademeli olarak geçilmesi amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra elektrik tesislerinin en ekonomik şekilde işletilmesi gerektiğine vurgu yapılmış ve elektrik, üretim, iletim ve dağıtım işlerinin tek elden yürütülmesi için “Türkiye Elektrik Kurumu” nun en kısa zamanda kurulması gerektiği belirtilmiştir.<sup>240</sup> Sözü edilen Türkiye Elektrik Kurumu, biraz gecikmeli olarak 1970’te kurulmuştur.

Planlı kalkınma döneminde kömür üretiminde, en büyük artış linyitte yaşanmıştır. 1960’da 4,1 milyon ton olan linyit üretimi 1978’e gelindiğinde 15,1 milyon tona çıkmıştır. Ancak bu üretimin; büyük bölümünü kamu sektörü yapmış, rezervlerin çoğunluğunun ruhsatlarını elinde bulunduran özel sektörün üretimi % 33’te kalmıştır. Taşkömürü üretiminde ise 1967’ye kadar istikrarlı artış sürmüştür, 1952’de 3 milyon ton olan üretim; 1960’da 4 milyona 1967’de de 5 milyona ulaşmıştır. 1967-73 arası dalgalı bir seyir izleyen taşkömürü üretimi; 1973’den itibaren düşmeye başlamış, 1980’de 3,6 milyon tona kadar gerilemiştir.<sup>241</sup> Ayrıca 1973’ten sonra taşkömüründe dışalım artmaya başlamıştır.<sup>242</sup>

Petrol üretiminde ise 1954’te getirilen düzenlemelerin de etkisiyle 1969’a kadar önemli bir sıçrama yaşanmıştır. 1954’te yerli petrol üretiminin, petrol tüketimini karşılama oranı % 21 iken 1969’da bu oran % 58’e kadar çıkmıştır. Ancak 1970’lerin başından itibaren petrol üretimi hızla düşmeye başlamıştır. Bu durumun en önemli sebebi, dünyanın çeşitli yerlerinde yeni büyük keşifler yapılmış ve daha az maliyetle

---

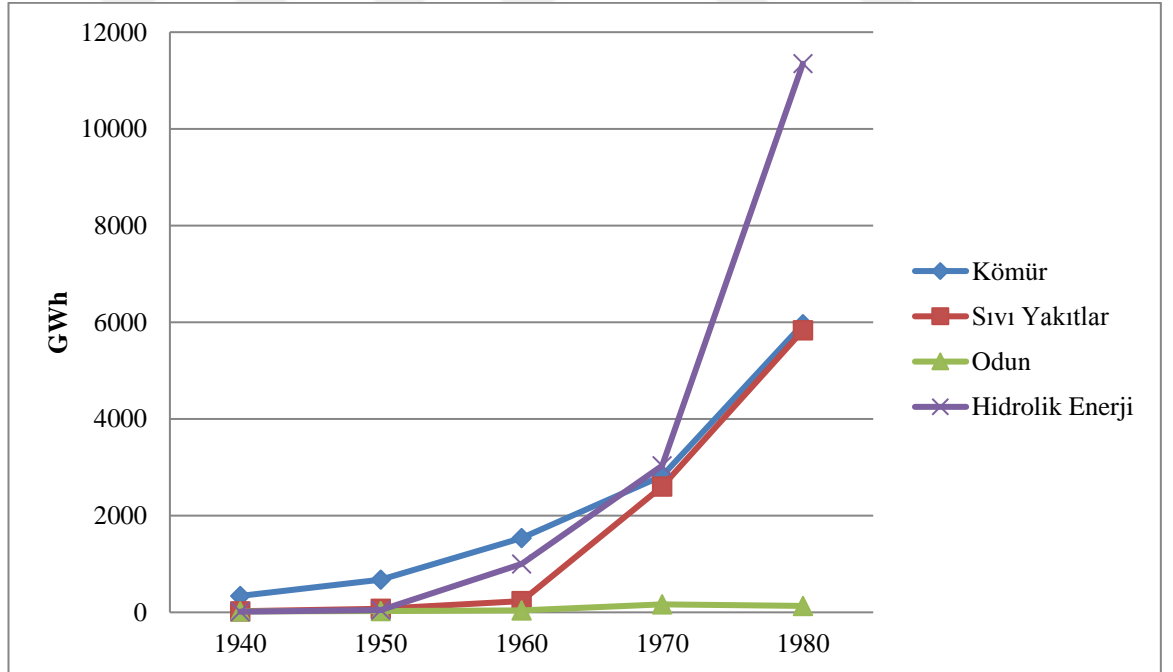
<sup>240</sup> Demir, *age*, 115.

<sup>241</sup> Türkiye Taşkömürü Kurumu, *Taşkömürü Sektör Raporu 2016*, 26.

<sup>242</sup> MÜSİAD, *age*, 12.

daha sığ derinliklerde, çok büyük rezervlere yatırım yapılmaya başlanmasıdır. Bir diğer sebep ise Türkiye’de bulunan alanların küçük rezervli, düşük verimli oluşu ve kuyularda su artışıyla üretimde hızlı bir şekilde düşmesidir.<sup>243</sup>

Öte yandan 1970’te 1509,5 MW olan kurulu termik güç, 1980’de 2987,9 MW’ye çıkmış, aynı süreçte 725,4 MW olan hidrolik kurulu güç ise 2130,8 MW’ye yükselmiştir. 1980’e gelindiğinde nüfusun % 79,7’si elektrikten yararlanır konuma gelmiştir. Elektrikli bölgelerde nüfus başına tüketim ise 576 KWh’ye ulaşmıştır.<sup>244</sup> Öte yandan Türkiye’de 1940-1980 arası kaynaklara göre elektrik üretimi incelendiğinde; kömürden elektrik üretiminin istikrarlı olarak arttığı görülmektedir. Bunun dışında 1960’ların ortalarından itibaren petrolün enerji tüketimindeki önemini arttırmasıyla birlikte petrolden elektrik üretimi ivme kazanmış, 70’lerin ortalarında yaşanan petrol krizlerine kadar hızlı bir şekilde artmaya devam etmiş, bu dönemden sonra düşmeye başlamıştır. Ayrıca 1970’lerde Keban ve Hasan Uğurlu gibi büyük ölçekli barajların yapımının tamamlanmasıyla hidrolik enerji, 1980’e gelindiğinde elektrik üretiminde en önemli kaynak konumuna ulaşmıştır. Türkiye’de 1940-1980 yılları arasında kaynaklara göre brüt elektrik üretimi Şekil 4.1’deki gibi olmuştur.



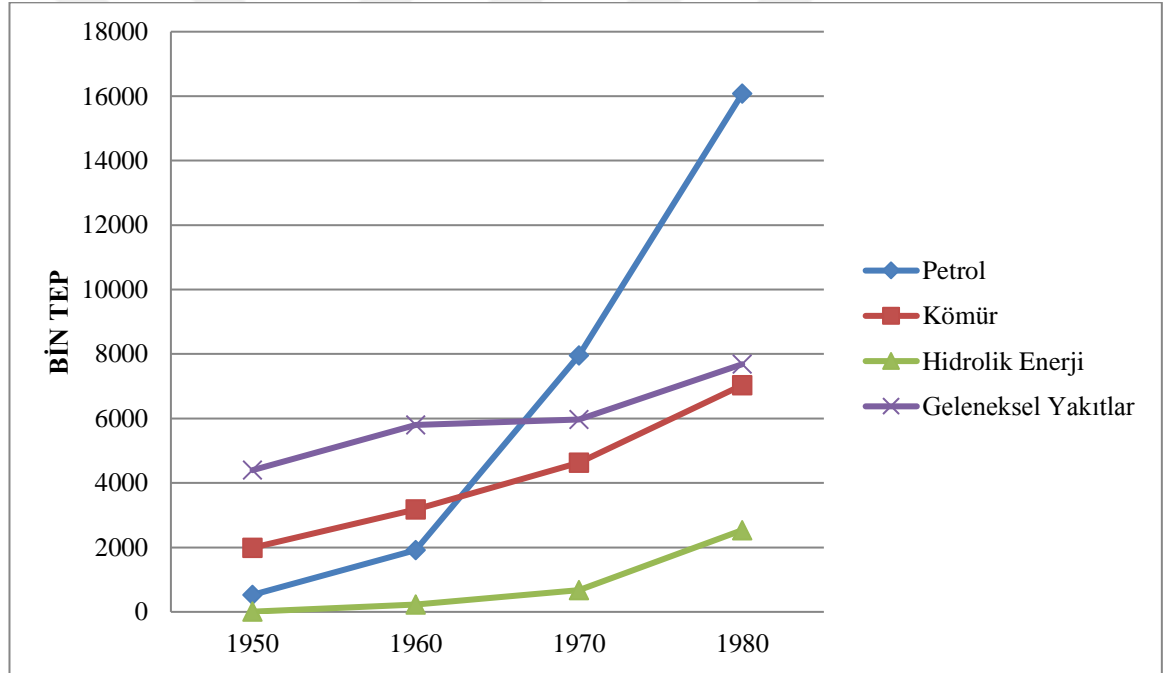
**Şekil 4.1: 1940-1980 Yılları Arasında Türkiye'deki Brüt Elektrik Üretimi**

Kaynak: Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi, **Enerji İstatistikleri** (Ankara:1990), 212.

<sup>243</sup> Uğurlu, **age**, 159.

<sup>244</sup> TÜSİAD, **age**, 248.

Birincil enerji tüketiminde ise 1960'lara kadar odun, bitki ve hayvansal atıklar gibi geleneksel yakıtlar başı çekerken; kömür tüketimi istikrarlı olarak artmaya devam etmiş, petrol tüketimi ise 1960'dan itibaren hızlı bir şekilde artmaya başlamış, 60'ların sonuna doğru petrolün birincil enerji tüketimindeki payı geleneksel yakıtları geçerek en çok tüketilen kaynak konumuna gelmiştir. 1970'lerin ortalarında yaşanan petrol krizlerine kadar petrol tüketiminde yaşanan artış sürmüştü, bu dönemden sonra ise düşmeye başlamıştır. Petrol krizleriyle birlikte petrole göre daha ucuz bir kaynak olan linyit üretimi hız kazanmış, 1970-1980 arası 2 katın üzerinde artış göstermiştir. Aynı süreçte büyük barajların yapımının bitmesinin etkisiyle hidrolik enerji tüketimi de 4 kata yakın düzeyde artmıştır. Yine de 1980'e gelindiğinde petrol % 50 ile en çok tüketilen kaynak olma özelliğini korumuştur. Türkiye'de 1950-1980 arası birincil enerji tüketimi Şekil 4.2'deki gibi olmuştur.



**Şekil 4.2: 1950-1980 Yılları Arasında Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye'de Birincil Enerji Tüketimi**

Kaynak: Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi, **Enerji İstatistikleri** (Ankara: 1990), 113.

1973'te yaşanan Petrol Krizi'yle birlikte enerji tüketimi yönünden büyük ölçüde petrole bağımlı olan Türkiye'de, ekonomi ve enerji sektörü büyük bir çıkmaza girmiş ve ekonomik yönden büyük bir yükün altına girilmiştir. Bu durum, ülkeyi enerjide yeni arayışlara yöneltmiş, ancak o dönemde istenen sonuçlar alınamamıştır. Ekonomik sıkıntıların çoğalmasıyla siyasi durum da iyice gerilmiş, diğer taraftan

neoliberalizm dalgaları da dünya çapında 1980'e doğru hızla yayılmış ve özelleştirmeler hız kazanmaya başlamıştır. 1980 yılına gelindiğinde Türkiye'de ve dünyada siyasi ve ekonomik konjonktür oldukça karmaşık bir durumda olup küresel ekonomik düzen ve doğal olarak enerji sektörü de bir başkalaşma sürecine girmiştir.

## **4.2. 1980 Sonrası Türkiye'nin Enerji Politikası**

Türkiye'de uygulanan enerji politikaları incelendiğinde 2 temel kırılma yaşandığını söylemek mümkündür. 1980'e kadar enerji piyasalarında devletin ön planda olduğu, enerji gereksiniminin çok büyük bölümünün petrol, kömür ve geleneksel yakıtlar ile karşılandığı bir yapı gözlemlenirken; 1980 sonrasında söz konusu piyasalarda gerçekleşen özelleştirmelerle birlikte özel sektörün etkisini giderek arttırdığı görülmektedir. Öte yandan Petrol Krizi sonrasında; petrol güvenilir bir enerji kaynağı olmaktan çıkmış, alternatif enerji kaynakları arayışına girilmiştir. Bunun sonucunda da doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynakları enerji havuzuna girmiş, özellikle doğalgaz kısa sürede ülkenin en önemli enerji kaynaklarından birine dönüşmüştür. Bunun dışında 1980 sonrasında özel sektör enerji piyasalarındaki etkisini arttırmasına karşın; 2002'ye kadar kamu ve özel sektörün enerji piyasalarındaki etkinliği yakın düzeyde iken, 2002'den sonra liberalizm ve küreselleşmenin giderek hız kazanmasıyla özel sektör zamanla baskın konuma ulaşmış, enerji kaynaklarında ise-özellikle kömürde-dışalım giderek artmıştır. Bu bağlamda Türkiye'nin 1980 sonrası enerji politikaları incelenirken; bu iki dönemi birbirinden ayırmak yerinde olacaktır.

### **4.2.1. 1980-2002 Yılları Arası Enerji Politikaları**

24 Ocak 1980'de imzalanan kararlar ile Türk ekonomisinde yeni bir dönem başlamıştır. Uluslararası sermayenin ülkeye girişi noktasındaki engeller kaldırılmaya başlanmış, serbest pazar ekonomisine geçilmiş ve neoliberalizm giderek hız kazanmıştır. Enerji politikaları da; bu anlayışa paralel olarak şekillenmeye başlamıştır. Uluslararası anlamda da; Uluslararası Para Fonu (IMF), Dünya Bankası, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) gibi kuruluşlar özelleştirmelerin gerçekleşmesi konusunda telkinlerde bulunmuş, bir anlamda Türk hükümetlerinden bunu talep etmiştir.

Bu bağlamda 1983 yılında petrol sektöründe; çıkarılan 60 sayılı KHK ile Türk Petrol Kurumu kurulmuş ve TPAO ve TPAO'ya bağlı ortaklıklar olan TÜPRAŞ (rafinaj), BOTAŞ (boru hatları ile taşıma), POAŞ (dağıtım ve pazarlama) ve DİTAŞ (deniz taşıma) TPAO bünyesinden ayrılarak Türk Petrol Kurumu'na bağlı birer Anonim Ortaklık haline dönüşmesi öngörülmüştür.<sup>245</sup> Nitekim 1984'te KİT'lerin düzenlenmesi adı altında sözü edilen kuruluşlar, 233 sayılı KHK ile TPAO'ya bağlı ortaklık haline gelmişlerdir. Sonrasında ise 1990 yılında TÜPRAŞ ve Petrol Ofisi, 1993'de DİTAŞ, 1995'de ise BOTAŞ da TPAO'nun bünyesinden ayrılarak bağlı ortaklık konumundan çıkartılarak özelleştirme sürecine alınmışlardır.<sup>246</sup> Böylece TPAO; dikey bütünleşik yapısından kopmuş, kuruluş felsefesinden tamamen uzaklaşmıştır. Sonrasında ise yukarıda sözü geçen kuruluşlar, büyük ölçüde ticari varlığa dönüşmüş ve dönem hükümetleri tarafından genel olarak "yüksek gelir sağlanabilecek" varlıklar olarak görülmüşlerdir. Nitekim 2000'de Petrol Ofisi'nin % 51 oranındaki hissesi blok satış yöntemiyle özelleştirilmiş, kalan hisseleri ise 2002'de İMKB'de satışı sonucunda elden çıkmıştır.<sup>247</sup> Ayrıca yine 2000'de TÜPRAŞ'ın ikinci halka arzı gerçekleşmiş ve halka arz edilen hisselerin toplam sermayeye oranı % 34,24'e ulaşmıştır.<sup>248</sup> Yani petrol kurumları, adım adım devletin elinden çıkmaya başlamıştır.

Diğer taraftan petrol aramalarını özendirmek için 1983 yılında 2808 sayılı kanun çıkarılmıştır. Söz konusu kanuna göre; şirketlere keşfettikleri sahalardan yapacakları ham petrol üretiminin karada % 35'i, denizde ise % 45'ini, her türlü vergi ve resimden muaf olarak ihraç ve bunlardan elde edilecek geliri yurtdışında tutma, yabancı personel çalıştırma hakkı tanınmış, şirketin gerekli gördüğü malzemelerin gümrük, diğer ithal vergi ve resimlerden muaf olarak ithaline izin verilmiştir.<sup>249</sup> Türkiye'de petrol arama ve çıkarma maliyetleri görece yüksek olduğundan istenen sonuçlar alınamasa da 1980 yılında yerli petrol üretimi yaklaşık 2,3 milyon ton iken 1991'de halen Türk tarihinin en yüksek rakamı olan 4,4 milyon tona ulaşmıştır. Ancak sonrasında TPAO'daki özelleştirmelerin olumsuz etkisi ve petrol arama

---

<sup>245</sup> A. Uğur Gönülalan, Necdet Pamir, Hülya Peker, "Özelleştirme, Özerkleştirme, Türkiye'deki Petrol Sektörünün Konumu ve Geleceği", **TMMOB 8. Enerji Sempozyumu Bildirileri 17-19 Kasım 2012**: 522.

<sup>246</sup> **age**, 524.

<sup>247</sup> **age**, 518.

<sup>248</sup> **age**, 516.

<sup>249</sup> TÜSİAD, **age**, 249.



maliyetlerinin yüksekliğinden dolayı yatırımcıların ilgisinin azalması sonucu bu miktar 2002’de neredeyse yarıya, 2,4 milyon tona kadar gerilemiştir.<sup>250</sup>

Öte yandan özellikle 1970’li yılların sonunda elektrikte arz açığının oluşmasından dolayı 1980’li yıllardan itibaren bu açığın linyitle kapatılması hedeflenmiştir. Bu bağlamda; 1979’da hazırlanan 4. Beş Yıllık Kalkınma Planı’na göre; elektrik üretimi ve ısıtma için stratejik önem taşıyan linyit yataklarının kamu eliyle işletilmesi kararlaştırılmıştır.<sup>251</sup> Yapılan çalışmalar sonucunda 1980’de yaklaşık 15 milyon ton olan linyit üretimi, 1989’a gelindiğinde 50 milyon tona yükselmiştir. Buna karşın taşkömürü üretiminde yaşanan düşüş devam etmiş, 1983’de yaklaşık 4 milyon ton olan taşkömürü üretimi, 2002’de yaklaşık 2,2 milyon tona kadar gerilemiştir.<sup>252</sup>

Linyit üretiminin artmasında; 1970’lerde yaşanan petrol krizleri sonucu petrol fiyatlarının yükselmesinin sonucunda bu kaynağa doğru olan yönelim ve 1980’lerin ortalarından itibaren düşen kömür üretim maliyetleri oldukça etkili olmuştur. Örneğin 1983’de 2,85 sent/kWh olan kömürün üretim maliyeti 1986’da 3,88’e çıkmış ve bu tarihe kadar linyit üretimi yaklaşık 2 kat artış göstermiştir. Sonrasında artan üretim maliyetleri 1988’de 6,65’e kadar çıkmış, bu tarihe kadar linyit üretiminde azalma meydana gelmiştir. 1988-1991 arası yeniden düşen ve 3,85’e gerileyen üretim maliyetlerinin ve Körfez Krizi’nden dolayı artan petrol fiyatlarının da etkisiyle linyit üretimi 1991’de 50 milyon ton seviyesine gelmiştir.<sup>253</sup> 1991-1993 arasında ise linyit üretimi tekrar azalmış, 1993-1998 arası yükseliş içinde olmuş, 1998’de yaklaşık 65 milyon tona ulaşmıştır. Bu yükselişte; süreç içinde düşen kömür üretim maliyetlerinin payı büyüktür. 1993’de 4,02 sent/kWh olan üretim maliyeti, ilerleyen 4 yıl boyunca 2,9 ile 3,6 arası değişmiş, düşen maliyetlerin etkisiyle linyit artışı yeniden hız kazanmıştır.<sup>254,255</sup> Linyit üretimi; bu yıldan sonra düşüşe geçmiş, 2002’de 50 milyon tona düşmüştür. Kömür üretiminde yaşanan düşüşün temel nedeni, doğalgaz alım anlaşmalarıdır. Özellikle 90’lı yılların ikinci yarısında yapılan doğalgaz anlaşmalarından sonra elektrik üretiminde büyük ölçüde doğalgaza bel bağlanmaya başlandığı için kömür üretimi azalma sürecine girmiştir. Ancak bu

<sup>250</sup> Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi, **2002 Enerji İstatistikleri** (İstanbul: 2003): 67.

<sup>251</sup> T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, **Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı** (Ankara: 1979), 417.

<sup>252</sup> Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **Kömür Sektör Raporu (Linyit) 2014** (2015), 20.

<sup>253</sup> TEAŞ, **TEAŞ Santralleri Üretim Maliyeti İstatistikleri 1983-1996** (Ankara: 1997), 11.

<sup>254</sup> **age**, 12

<sup>255</sup> TEAŞ, **TEAŞ Santralleri İşletme (Sınai) ve Ticari Maliyeti İstatistikleri 1994-1999** (Ankara: 2000), 96.

durumda; doğalgazın büyük bölümü dışalım ile temin edildiğinden elektrikte büyük ölçüde dışarıya bağımlılık söz konusu olmaktadır. Kömür rezervi bakımından zengin sayılabilecek bir konumda olan Türkiye, uygun şekilde üretimi yapılmak şartıyla maliyeti de düşük olan bu kaynaktan elektrik üretiminde ve diğer alanlarda en üst düzeyde yararlanmak durumundadır. Bu bağlamda linyit üretiminin yüksek olması çok önemlidir. Enerji güvenliğini sağlayabilmek ve ekonomik kalkınmayı gerçekleştirebilmek için ülkedeki enerji kaynaklarını net olarak belirlemek ve bu kaynakları doğru bir planlama çerçevesinde değerlendirmek elzemdir.

Bunun yanı sıra; Türkiye’de 1980 sonrası hızla yayılan neoliberalizm dalgaları; kömür sektöründe de kendini göstermiştir. 1985 yılında MTA, çıkarılan 3213 sayılı yasa ile adeta özel bir şirkete dönüştürülmüş, ticari bir kurum haline gelmesinin önü açılmıştır.<sup>256</sup> Nitekim ilerleyen yıllarda arama ve sondaj çalışmaları geçmiş yıllara göre oldukça düşük seviyelere inmiştir. 1960-2002 yılları arasında 1.667.673 metre sondaj çalışması yapılırken; bunun % 89’lük bölümü 1970-90 arasında gerçekleşmiştir. 1981’de 186 bin metre sondaj çalışması yapılırken 2002’de jeotermal ve soğuk su sondajları dışında 18 bin metreye kadar düşmüştür.<sup>257</sup>

Bu gelişmelere paralel olarak Türkiye’de kömür dışalımını da oldukça yüksek seviyelere çıkmış, 1980’de çok düşük seviyelerde olan kömür dışalımını 1990’da 5 milyon, 2002’de ise 15 milyon tona ulaşmış<sup>258</sup>, bu da doğal olarak cari açığı arttırıcı etki yapmıştır. Kömür dışalımında öne sürülen sebep ise “ülkedeki linyit kaynaklarının elektrik üretimi için uygun olmaması” şeklindedir. Ancak; linyit kaynaklarının, temiz yakma teknolojilerine göre ve “akışkan yatak teknolojisi” ile kurulacak santrallarda yakılması durumunda; hem verimin yükseleceği, hem de çevreye olumsuz etkisinin kabul edilmiş sınırların altına ineyeceği saygın bilim adamları tarafından sürekli olarak söylenmektedir.<sup>259</sup> Türkiye’de hükümet kademesinde bu olguların yeterince değerlendirilmediği, ülkedeki kömür kaynaklarının net olarak anlaşılmadığı ve kısa ve uzun vadede kömürden en üst düzeyde fayda sağlanacak enerji politikalarının geliştirilmediği açık bir şekilde görülmektedir.

---

<sup>256</sup> Mehmet Torun, Nejat Tamzok, “Türkiye’nin Enerji Politikaları İçerisinde Kömürün Önemi”, **TMMOB 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 21-23 Aralık 2005** (Ankara: Milli Kütüphane): 314.

<sup>257</sup> Torun, Tamzok, **age**, 314.

<sup>258</sup> Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **age**, 25.

<sup>259</sup> A. Necdet Pamir, “Dünyada ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları”, **Metalurji Dergisi**, s. 134 (2003): 19.

Sektörel anlamda ise Türkiye’de linyit; elektrik üretiminde, sanayide ve ısınmada tüketilmektedir. Linyitten elektrik üretiminin payı 1970’li yılların başında ısı değer bazında % 20’lerde iken; bu tarihten itibaren artmaya başlamış ve 2001’de % 80 ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bunun aksine ısınmanın payı aynı dönemde % 42’den % 7’ye, sanayinin payı da % 36’dan % 13’e gerilemiştir.<sup>260</sup>

Taşkömürü çalışmaları ise Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu’ndan ayrılmış ve 1983 yılında Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) kurulmuştur. Burada da; TPAO örneğinde olduğu gibi TTK’nin kurulmasıyla; TKİ bütünlük yapısından kopmuş ve böylece ülkedeki kömür kaynaklarının tek bir elden değerlendirilmesi ve denetimi güçleşmiştir. Bu durum ilerleyen yıllarda bu sektörde önemli politika yanlışlarının ve eldeki kömür kaynaklarının verimli kullanılmamasının sebeplerinden birini oluşturacaktır.

1980’lerde Türkiye’de petrol ve kömüre alternatif olabilecek en önemli enerji kaynağı olarak doğalgaz görülmüştür. O dönemde dünyanın en büyük doğalgaz rezervlerine sahip olan ve Türkiye’ye de komşu olan Sovyetler Birliği ile 1984 doğalgaz anlaşması yapılmıştır. Bu anlaşmaya göre Sovyet doğalgazı; Ukrayna, Moldova, Romanya ve Bulgaristan üzerinden Türkiye’ye taşınacak ve 1987 yılından başlayarak Sovyetler Birliği (sonrasında Rusya), Türkiye’ye 25 yıl süreyle doğalgaz ihracatı gerçekleştirecek olup Türkiye Batı Hattı isimli bu hattın, yılda 6 milyar m<sup>3</sup> gaz alacaktır.<sup>261</sup> 1986’da ise BOTAŞ ile Sovyet doğalgaz şirketi Soyuzgazexport arasında 25 yıl süreli doğalgaz alım satım sözleşmesi imzalanmış ve aynı yıl inşasına girişilen hat ile 1987’de doğalgaz sevkiyatı başlamıştır.<sup>262</sup> Sovyetler Birliği’yle imzalanan anlaşma ve enerjide doğalgaza geçiş önemli olmakla birlikte doğalgaz arzında çeşitliliğin sağlanması da aynı derecede önem taşımaktadır. Türkiye, bu yönden şanslı bir ülke olup; çevresinde Rusya dışında İran, Irak, Katar gibi doğalgaz zengini ülkeler bulunmasının yanı sıra 1991’de Sovyetler Birliği’nin dağılmasıyla bağımsızlıklarını kazanan Azerbaycan ve Türkmenistan gibi ülkelerin de doğalgaz zengini olmasıyla Türkiye’nin doğalgaz arzındaki seçenekleri oldukça artmıştır.

<sup>260</sup> Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, *age*, 34.

<sup>261</sup> Burcu Yavuz Tiftikçigil, Çağla Gül Yesevi, **Türkiye’nin Enerji Görünümü Stratejiler ve İlişkiler**, (İstanbul: Derin Yayınları, 2015), 219.

<sup>262</sup> TÜSİAD, *age*, 249-250.

Öte yandan doğalgazda arz seçeneklerini arttırmak adına 1988’de Cezayir, 1994’te de Nijerya ile LNG (Sıvılaştırılmış Doğalgaz) alım sözleşmeleri imzalanmıştır. Cezayir ile yapılan anlaşmada 1994’den başlayarak 20 yıl boyunca 4 milyar m<sup>3</sup>, Nijerya ile yapılan anlaşmaya göre ise 1999’dan itibaren 22 yıllığına 1,2 milyar m<sup>3</sup>’lük doğalgaz dışalımının yapılması kararlaştırılmıştır.<sup>263</sup> Bu noktada LNG ile doğalgaz alımına geçilmesi arz çeşitliliğini sağlamak yönünden önemlidir. Buna karşın; 2002’de LNG’nin toplam doğalgaz tüketimindeki oranı % 30 gibi hatırı sayılır bir orana gelmişse de ilerleyen yıllarda Rusya ve İran ile yapılan alım anlaşmaları devreye girdikten sonra bu oran % 10’lar düzeyine gerilemiş ve Türkiye doğalgazda büyük ölçüde bu iki ülkeye bağımlı olmaktan kurtulamamıştır. LNG günümüzde konvansiyonel bir enerji kaynağı konumunda olup, enerji piyasasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Günümüzde Japonya, Güney Kore, Çin gibi birçok ülke doğalgaz arzının önemli bir bölümünü LNG ile karşılamaktadır. Türkiye de doğalgazda arz güvenliğine katkı sağlaması adına LNG seçeneğini iyi analiz etmeli, doğalgaz politikalarını oluştururken bu gerçeği de iyi hesaba katmalıdır.

1996 yılında ise bu kez İran ile doğalgaz anlaşması yapılmış, 2001’de başlamak üzere İran’dan Türkiye’ye 25 yıl süreyle 10 milyar m<sup>3</sup>’lük doğalgaz sevkiyatı yapılması yönünde sözleşme imzalanmıştır.<sup>264</sup> İran ile yapılan anlaşma ve LNG alım anlaşmalarıyla doğalgazda sağlanması amaçlanan arz çeşitliliği ve güvenliği; 1997 yılının sonlarında Rusya ile imzalanıp, büyük tartışmalara konu olan Mavi Akım projesiyle birlikte büyük ölçüde bozulmuştur. Anlaşmaya göre 2003’den başlayarak Rusya, Türkiye’ye 25 yıl boyunca yılda 16 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz ihraç edecektir.<sup>265</sup> Mavi Akım’ı oluşturan hat ile Rus doğalgazının Karadeniz’in altından geçerek doğrudan Türkiye’ye ulaşması planlanmıştır.

Mavi Akım ile Türkiye’nin doğalgazda büyük ölçüde Rusya’ya bağımlı hale gelmesinin önü açılmış olmakla birlikte anlaşma, “al ya da öde” koşulunu içerdiğinden doğalgaz tüketim tahminlerinin talebi aşması halinde; Türkiye’de doğalgaz fazlasını depolamak için yeterli kapasite de bulunmadığından, ülkenin ekonomik yönden büyük kayıplar yaşamasını oldukça mümkün kılmıştır. Bu da; Türk Ekonomisinin ilerleyen yıllarda en büyük sorunlarından biri haline gelecek olan

---

<sup>263</sup> Doğalgaz Piyasası Daire Başkanlığı, **2011 Yılı Sektör Raporu** (Ankara: 2012), 26.

<sup>264</sup> **age**, 26.

<sup>265</sup> **age**, 26.

cari açığı önemli ölçüde yükseltici etki yapabilecektir. Bunun yanı sıra; söz konusu boru hattının Samsun-Ankara bölümünün ihalesiz ve çok yüksek fiyatla, dönemin koalisyon ortaklarından ANAP'a yakın işadamlarının bulunduğu OHS adlı konsorsiyuma verilmesi ve BOTAŞ'ın yıllık bütçesinde bulunmayan 45 milyon dolarlık avansı uygun olmayan yollarla temin etmesi<sup>266</sup> büyük eleştirilere konu olmuştur. Bu olgular; anlaşmanın gerçekleşmesinde, bu tarz ilişkilerin payı olduğu iddialarını kuvvetlendirmektedir. Ayrıca boru hatlarının inşası ve doğalgaz alım masraflarını karşılamak amacıyla finansman arayışına girilmiş ve bu da cari açığı arttıran bir başka unsur olmuştur.

Öte yandan 1998'de yine Rusya'yla yapılan anlaşma ile Batı Hattı'nın kapasitesi yıllık 6 milyar m<sup>3</sup>'den 14 milyar m<sup>3</sup>'e çıkarılmıştır. Bu anlaşmayla birlikte Türkiye, doğalgaz alımlarında Rusya'ya olan bağımlılığını iyice perçinlemiştir. 2002 yılına gelindiğinde; henüz Mavi Akım devreye girmeden Türkiye, doğalgazının % 65'ini Rusya'dan temin etmiştir.

Buna karşın 1999'da Türkmenistan ile de doğalgaz görüşmeleri yapılmış, sözleşme imzalanmış ancak yürürlüğe konmamıştır. Anlaşmaya göre; Türkiye, Türkmenistan'dan 30 yıl süreyle yılda 16 milyar m<sup>3</sup> gaz alacaktır. Anlaşmanın uygulanmamasında; o dönemde Türk hükümetine yakın birçok kişi ve kurumun Batı Hattı ve Mavi Akım boru hatlarından elde ettiği menfaatlerin, önemli ölçüde etkili olduğu yorumları birçok kez yapılmıştır. Türkmenistan Devlet Başkanı Niyazov da konuyla ilgili olarak "Türk politikacılarının bir bölümü halkının çıkarlarını düşünmüyor." çıkışında bulunmuştur.<sup>267</sup> Mavi Akım yerine, bu anlaşmanın geçerli olması halinde; Türkiye'nin, doğalgaz arz çeşitliliğini yeterli düzeyde sağlamış olacak, doğalgaz alımlarında Türkiye'nin, bulunduğu coğrafyada iki önemli bölgesel güç olan Rusya ve İran'a olan bağımlılığı önemli ölçüde azalacaktı.

Buna ek olarak; elektrik üretiminde doğalgazın payı 90'larda giderek artmış; 1991'de doğalgazın elektrik üretimindeki payı % 20,8 iken bu oran 2002'de yaklaşık iki kat artmış, % 40,6'ya ulaşmıştır.<sup>268</sup> Doğalgaz santrallerinin yapımına ağırlık verilmesinde dönemin siyasilerine yakın olan işadamlarının bu yöndeki teşvikleri ve bu santrallerin, büyük ölçekli kömür ya da hidroelektrik santrallere göre daha çabuk

<sup>266</sup> Pamir, *age*, 345.

<sup>267</sup> <http://www.hurriyet.com.tr/kustah-turkmenbasi-39106266> (04.04.2017).

<sup>268</sup> TÜİK, *age*

inşa edilebilmesi önemli ölçüde etkili olmuştur.<sup>269</sup> Bunun yanı sıra 1990'ların ortalarına dek doğalgaz üretim maliyetlerinin 3-3,5 sent/kWh arasında seyrederek kömür üretim maliyetlerine yakın değerlerde dolaşması da bu santrallerin tercih edilmesinde etkili olmuştur.<sup>270</sup>

Türkiye'de doğalgaz tüketimi; söz konusu kaynak devreye alındıktan kısa bir süre sonra hızla artmaya başlamıştır. 1988'de 1.115 BTEP olan doğalgaz tüketimi 1991'e gelindiğinde yaklaşık 3,5 kat artarak 3.827 BTEP'e yükselmiştir.<sup>271</sup> Bunda bu süreçte düşen doğalgazdan elektrik üretim maliyetlerinin de payı büyüktür. 1988'de 6,13 sent/kWh olan elektrik üretim maliyetleri, 1991'de 2,83 sent/kWh'ye gerilemiştir.<sup>272</sup> 1991'den sonra da doğalgaz tüketimi hızla artmaya devam etmiş, 2002'ye gelindiğinde 16.128 BTEP'e ulaşırken; toplam birincil enerji tüketimindeki payı da % 7'den % 20'ye gelmiştir.<sup>273</sup> Bu durumun oluşmasında; doğalgaz santrallerinin yatırım maliyetlerinin düşüklüğü ve bu dönemde bu santrallerin üretim maliyetlerinin, kömür santrallerininkine yakın seviyelerde gitmesi etkili olmuştur.

Türkiye açısından elektrik üretmenin en hesaplı yollarından biri konumunda olan hidroelektrik santrallerde ise büyük barajların yapımına girişilmiştir. Karakaya ve Atatürk Barajları inşa edilmiş, bu da ülkenin elektrik sektörüne önemli ölçüde katkı sağlamıştır. Kurulu güçleri sırasıyla 1800 ve 2400 MW olan bu iki barajın; yılda 7354 ve 8900 GWh elektrik üretebilecek kapasiteleri bulunmaktadır. Bu iki baraj, halen Türkiye'nin en yüksek üretim kapasiteli hidroelektrik santralleri konumundadır. Keban, Karakaya ve Atatürk barajlarının yapımı buldukları bölgenin kalkınması için teşkil ettikleri öneme karşın-özellikle Güneydoğu Anadolu Projesi'nin gerçekleşmesi-hidroelektrik sektöründe o döneme kadar yapılanlar oldukça yetersizdir. Türkiye'nin dünya ölçeğinde iyi sayılabilecek hidroelektrik potansiyeli mevcut olup, bu potansiyelin uygun şekilde değerlendirilmesi hem enerjinin maliyeti hem de arz güvenliği yönünden özellikle uzun vadede büyük önem taşımaktadır. Bu dönemde hidroelektrik santrallerdeki kurulu güç artışı; doğalgaz santrallerinin yapımına ağırlık verildiğinden oldukça sınırlı kalmıştır. Oysa hidrolik

---

<sup>269</sup> Pamir, **age**, 350.

<sup>270</sup> Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş., **age**, 19.

<sup>271</sup> Dünya Enerji Kongresi Türk Milli Komitesi, **age**, 73.

<sup>272</sup> Türkiye Elektrik Üretim-İletim Anonim Şirketi, **age**, 19.

<sup>273</sup> Dünya Enerji Kongresi Türk Milli Komitesi, **age**, 73-74.

gücün ekonomik yönden Türkiye için ne kadar avantajlı olduğunu tablo ile göstermek yararlı olacaktır.

**Tablo 4.1: 2000 Yılı İtibariyle Türkiye'de Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretim Maliyetleri**

<b>Santralin Yakıt Türü</b>	<b>İşletme Bakım Maliyeti (Cent/h)</b>	<b>Yakıt Gideri (Cent/ KWh)</b>	<b>Birim Yatırım Maliyeti (USD/KW)</b>
Doğalgaz	0,415	3,609	795
Linyit	1,495	1,839	1500
İthal kömür	1,413	1,965	1325
Hidroelektrik	0,203	-	1200-1500

Kaynak: Türkiye Çevre Vakfı, **Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları** (Ankara:2006), 204.

Tabloda görüldüğü üzere HES'lerin birim yatırım maliyetleri kömüre yakın seviyelerde olup, doğalgaza göre yüksek olsa da; HES'lerin yakıt maliyetinin bulunmaması ve işletme ve bakım maliyetlerinin daha düşük seviyelerde olması onları elektrik üretiminde oldukça cazip kılmaktadır. Hidrolik kurulu gücü 1980'de yaklaşık 2.000 MW iken; 1990'da 8.000, 2002'ye gelindiğinde ise 12.000 MW olmuştur.<sup>274</sup> Hidrolik enerjinin; elektrik üretimindeki payı ise bu süre zarfında geçmiş döneme göre oldukça azalmıştır. 1980'de hidrolik enerjinin elektrik üretimindeki payı % 48 iken; 2002'de bu oran % 26'ya gerilemiştir.<sup>275</sup> Oysa elektrik ve enerji üretiminde; ülkenin kalkınabilmesi için yerli kaynaklardan sonuna kadar ve en etkin biçimde yararlanılması elzemdir. Türkiye'de ise doğalgaz çevrim santrallerinin inşasının nispeten kısa sürmesi, birtakım kişi ve kurumların menfaatlerinin ön plana çıkmasından dolayı bu süreçte doğalgaz santrallerinin yapımına ağırlık verilmiş ve kısa vadeli düşünce ön plana çıkmıştır. Bu noktada kişi ve kurum menfaatlerinin ülke çıkarlarının önüne geçtiği algısı ortaya çıkmaktadır.

Bu dönemde sıkça tartışılan konulardan biri de nükleer enerji konusu olmuştur. Nükleer enerjiye geçişin gerekli olduğu birçok kez enerji kongreleri ve kalkınma planlarında belirtilmesine karşın; bu konuda net bir adım atılamamıştır. 1970'li

<sup>274</sup> [http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369) (13.10. 2017).

<sup>275</sup> TÜİK, age

yıllarda TEK bünyesinde nükleer santral kurmaya yönelik çalışmalar yapılmış, yer olarak Akkuyu seçilmiş ancak bu süreçte yaşanan ekonomik ve siyasi sıkıntılardan dolayı proje gerçekleşmemiştir. 1980'den sonra ise 1983-84 yıllarında KWU (Alman) ve AECL (Kanada) firmaları ile yürütülen çalışmalar sonucunda projenin ekonomik açıdan karlı olmadığı düşünülmüş ve projeden bir kez daha sonuç alınamamıştır.<sup>276</sup> Aynı şekilde 1990'lı yıllarda da enerji kongreleri ve kalkınma planlarında nükleer enerjiye geçişin mutlaka gerçekleşmesi gerektiği ve nükleer teknolojinin önemine istikrarlı şekilde vurgu yapılmasına karşın yine istenen sonuçlar alınamamıştır. Ekim 1996'da Akkuyu'da inşa edilmesi düşünülen nükleer santral için ihale açılmış olduğu Resmi Gazete'de yayımlanmış olup Ekim 1997'de teklifler alınmıştır. İhaleye AECL (Kanada, Japonya), NPI (Fransa, Almanya) ve WESTINGHOUSE (ABD, Japonya) firmaları katılmıştır. Teklifler incelenmiş ancak hükümet, 2000 yılında ülkede nükleer santral kurulmasından vazgeçtiğini açıklamasıyla bu proje yarıda kalmıştır.<sup>277</sup>

Oysa nükleer enerji, aynı yıllarda dünyada önemli bir enerji kaynağı haline gelip konvansiyonel bir enerji türüne dönüşmüştür. Özellikle Batılı ülkeler, Sovyetler Birliği ve Japonya elektrik ihtiyaçlarının önemli bir bölümünü nükleer enerjiyle karşılamaya başlamışlardır. Henüz 1975'te 19 ülkede 157 nükleer santralin yapımı tamamlanmış olup, bu santrallerin potansiyel elektrik üretim güçleri 700 MW'ye ulaşırken;<sup>278</sup> 2002'ye gelindiğinde küresel çapta nükleer enerjiden elektrik üretim kapasitesi 350.000 MW'yi geçmiştir.<sup>279</sup> Türkiye'de ise bu yöndeki çalışmalara bakıldığında; nükleer enerjinin öneminin yeterince anlaşılmadığı ve bu teknolojiye gereken önemin verilmediği görülmekte olup bu süreçte nükleer teknoloji geliştirmeye yönelik kayda değer bir çalışma yapılmamıştır.

Benzer şeyleri yenilenebilir kaynaklar için de söylemek mümkündür. 1980'lerde enerji kongreleri ve kalkınma planlarında yenilenebilir kaynakların önemine değinilmesine karşın; bu alanda yapılan çalışmalar bazı üniversite ve kurumların bireyselliğiyle sınırlı kalmış, devlet bünyesinde planlı bir çerçevede yapılmamıştır.

---

<sup>276</sup> Kadir Temurçin, Alpaslan Aliagaoglu, "Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye'de Nükleer Enerji Gerçeği", **Coğrafi Bilimler Dergisi**, c. 1, s. 2 (2003): 32-33.

<sup>277</sup> Ahmet Bayülken, "Türkiye'de Nükleer Enerji", **Türkiye 10. Enerji Kongresi Bildirileri, 27-30 Kasım 2006** (İstanbul: Harbiye Askeri Müze ve Kültür Sarayı, 2006): 174.

<sup>278</sup> Temurçin, Aliagaoglu, **age**, 26.

<sup>279</sup> Hasret Çomak, Caner Sancaktar, Zafer Yıldırım, **Enerji Diplomasisi**, (İstanbul: Beta Yayınları, 2015), 575.



90'lı yılların sonlarında ise rüzgar santralleri kurulmasına yönelik ETKB bünyesinde birtakım girişimlerde bulunulmuştur. ETKB'nin, 1999'da YİD modeli ile rüzgar güç santralleri yaptırılması konusunda açtığı ihalede toplam 55 proje yer almıştır. Söz konusu projelerin gerçekleşmesi durumunda toplam kurulu güç 1,700 MW'ye ulaşacaktır.<sup>280</sup> Ancak ilerleyen yıllarda bu yöndeki beklentiler büyük ölçüde gerçekleşmemiş, rüzgar kurulu gücündeki artış oldukça sınırlı kalmıştır.

Aynı süreçte dünyada ise aynı dönemde özellikle rüzgar enerjisinin kullanımı yaygınlaşmaya başlamış, teknolojik anlamda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Örneğin; ABD, İngiltere, Almanya, Hollanda, Danimarka gibi ülkelerin yürüttüğü çalışmalar sonucunda 1980-86 yılları arasında ortalama rüzgar enerjisi üretimi 55 KW'den 1000 KW'ye çıkmıştır.<sup>281</sup> 2002'ye gelindiğinde ise Türkiye'de kurulu güç 20 MW iken dünya ölçeğinde bu rakam 13 GW'ye ulaşmıştır.<sup>282</sup> Rüzgar gibi enerji anlamında büyük potansiyele sahip kaynaklara yönelik araştırma ve çalışmalara erken başlamak çok önemlidir. Çünkü bu kaynakların üretim maliyetleri, genel anlamda kapasiteleri arttırıldıkça düşmektedir. İşletme ve bakım maliyetleri de birçok fosil yakıt temelli tesise göre düşük olduğundan uzun vadede maliyet olarak yakın seviyelere gelmesi oldukça muhtemeldir. Nitekim ilerleyen yıllarda yukarıda sözü edilen ülkeler rüzgar enerjisinde başı çeken konuma gelecek ve rüzgar enerjisi, bu ülkelerin elektrik üretiminde hatırı sayılır oranlara ulaşacaktır.

Elektrik sektöründe ise; arz yetersizliği ve kamu kaynaklarının yeni yatırımlar için yetersiz kalmasından dolayı Türkiye Elektrik Kurumu'nun (TEK) tekeline son verilmiş, sektörün özel girişimcilere açılmasına karar verilmiş ve 3096 sayılı kanun ile Yap İşlet (Yİ), Yap İşlet Devret (YİD), İşletme Hakkı Devri (İHD) ve Otoprodüktör modelleri ile özel sektörün yatırım yapması teşvik edilmiştir.<sup>283</sup> 1993'te ise Bakanlar Kurulu kararıyla TEK ikiye bölünerek Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş. (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) adlı iki farklı kamu işletmesi kurulmuş, daha sonra da özelleştirilmek üzere TEDAŞ'a bağlı 7 adet

---

<sup>280</sup> İstanbul Ticaret Odası, **Rüzgar Enerjisi** (İstanbul, 2001), 153.

<sup>281</sup> Savrul, **age**, 60-61.

<sup>282</sup> T.C. Serhat Kalkınma Ajansı, **TRA2 Bölgesi Yeşil Enerji Kaynakları Sektör Raporu** (Kars, 2015), 48-49.

<sup>283</sup> Adem Akpınar, Murat İ. Kömürcü, Murat Kankal, "Türkiye'de Hidroelektrik Enerjinin Durumu ve Geleceği", **Türkiye 11. Enerji Kongresi Bildirileri, 21-23 Ekim 2009** (İzmir: Tepekule Kongre Merkezi, 2009): 6.

dağıtım şirketi oluşturulmuştur.<sup>284</sup> Böylece elektrik gibi kilit bir sektörde devlet kontrolü aşınmış ve yapılan özelleştirmelerde büyük ölçüde liyakat temel alınmadığından, özelleştirilen kurumların verimi zaman içerisinde giderek düşmüştür. Özelleştirmelerin verimli olabilmesi için işletmelerin elektrik sektöründe uzman kurumlara teslim edilip, oluşacak rekabet ortamı sonucu sağlanacak faydaların tüketicilere yansıtılması gerekmektedir. Türkiye’de bunun böyle yapıldığını söylemek oldukça güçtür. Nitekim özelleştirmeler ile birlikte ülkedeki elektrik kayıp-kaçak oranları da 1990’larda giderek artmaya başlamıştır. Elektrikteki kayıp-kaçak oranı 1991’de % 11 iken; bu oran 2001’de % 19’a kadar çıkmıştır.<sup>285</sup> Bu da özelleştirmelerin verimlilik yönünden elektrik sektörüne olumlu yansımadağını net bir şekilde göstermektedir.

Bunun dışında 1994’de YİD modelini geliştirmek için 3996 sayılı kanun çıkarılmış, sonrasında 1994’de çıkarılan 4047 ve 1996’da çıkarılan 4180 sayılı kanunlar ile 3996 sayılı kanunlarda değişiklik yapılmıştır. İlk değişiklikle elektrik yatırımları, eski 3096 sayılı kanuna bağlanmıştır. Daha sonra ortaya konan Yİ modeli için 1996’da kararname, 1997’de de bir kanun çıkarılmıştır. İlerleyen dönemde 3996 ve 4180 sayılı kanunların bazı hükümleri Anayasa Mahkemesi tarafından iptal edilmiş, bu da yerli ve yabancı sermayeyi çekingen kılmış ve Yİ ve YİD modellerinden istenen verim alınamamıştır.<sup>286</sup> Şubat 2001’de elektrik piyasalarının denetlenmesi ve düzenlenmesi ve IMF ve Dünya Bankası gibi kuruluşların da talebi üzerine Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuş, daha sonra petrol ve doğalgaz piyasalarının düzenlenmesi görevi de bu kuruma verilmiştir. Biraz geç kalırsa da; böyle bir kurumun oluşturulması önemli ve gerekli olmakla birlikte mevzuatın uygun şekilde hazırlanıp enerji sektöründe yatırımları cazip kılacak hamleler yapılması da aynı derecede önem taşımaktadır.

Bu süreçte elektrik enerjisi kurulu gücü 1980 yılında yaklaşık 5.000 MW iken 1990’da yaklaşık 17.000 MW’ye, 2002’de ise 30.000 MW’ye çıkmıştır. Bu yükselişte doğalgaza geçişin rolü olmakla birlikte, en büyük pay hidrolik enerjiye aittir.<sup>287</sup> Elektrik üretimi ise aynı dönemde yılda saat başı yaklaşık 22.000 GW’den

<sup>284</sup> TÜSİAD, *age*, 250.

<sup>285</sup> <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=TR> (14.09.2017).

<sup>286</sup> *age*, 250.

<sup>287</sup> TEİAŞ, *Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretiminin Değişimi (1970-2015)*

120.000 GW'ye çıkmıştır.<sup>288</sup> Elektrik üretiminde kaynakların dağılımındaki değişim ise Tablo 4.2'deki gibi olmuştur.

**Tablo 4.2: 1980-2002 Arasında Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimindeki Payları**

<b>Enerji Kaynakları</b>	<b>1980 (%)</b>	<b>1990 (%)</b>	<b>2002 (%)</b>
Kömür	25,6	35,1	24,8
Sıvı Yakıtlar	25	6,8	8,3
Doğalgaz	0	17,7	40,6
Hidrolik Enerji	48,8	40,2	26
Yenilenebilir Enerji ve Atıklar	0,6	0,2	0,3
<b>Toplam</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Kaynak: TÜİK, **Enerji Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kaynak Payları**.

Burada kömür ve hidrolik enerji gibi yerli kaynakların payı azalıp çok büyük bölümü dışarıyla temin edilen doğalgazın en çok elektrik üreten kaynak konumuna gelmesi, elektrik sektörünün büyük ölçüde dışarıya bağımlı hale gelmesine neden olmuştur. Öte yandan 1970'li yıllarda yaşanan Petrol Krizi ile birlikte petrol fiyatlarının artmasıyla petrolün elektrik üretimindeki rolünün çok azaldığı görülmektedir.

Bunun yanı sıra Türkiye'de Aralık 1998'de ülkenin ilk ve bu zamana kadar tek enerji şurası düzenlenmiştir. Şurada; enerji sektöründe özelleştirmelerin hızlandırılması, rekabete dayalı piyasaların oluşumu için gerekli idari, kurumsal ve yasal sorunların çözümlenmesi gerektiği karara bağlanmıştır. Ayrıca devletin bu sektörde ticari faaliyetlerden zamanla çekilmesi, yalnızca denetim, kontrol ve düzenleyici rolünün bulunması gerektiği vurgulanmıştır. Bunun dışında enerji kongreleri ve kalkınma planlarında olduğu gibi nükleer enerjiye geçişin en kısa zamanda gerçekleşmesi ve yenilenebilir kaynaklara ağırlık verilmesi gerektiği belirtilmiştir.<sup>289</sup> Alınan kararlara bakıldığında; enerji sektörünün altyapısının yabancılaştırılmak istendiği açıkça deklare edilmiştir. Şuranın; özelleştirmelerin ve enerjide dışa bağımlılığın iyice hız kazandığı bir dönemde düzenlenmesi, bu olguların gerçekleştirilmesi için uygun

<sup>288</sup> [http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369#.WRoaPhbov4Y](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369#.WRoaPhbov4Y) (29.04.2017).

<sup>289</sup> İstanbul Ticaret Odası, **Türkiye'de Elektrik Enerjisi Sektöründe Özelleştirme Politikaları ve Çalışmaları** (İstanbul, 1999), 50-51.

zeminin hazırlanması ve resmiyete dökülmesi için yapıldığı görüşünü kuvvetlendirmektedir.

1980-2002 yılları arasında Türkiye’de enerji tüketimi ve kaynakların payları Tablo 4.3’deki gibi olmuştur.

**Tablo 4.3: 1980-2002 Arasında Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi ve Kaynaklarının Payları**

<b>Enerji Kaynakları</b>	<b>Enerji Tüketimi (1980)</b>	<b>Toplam Tüketim İçindeki Payı (%) (1980)</b>	<b>Enerji Tüketimi (2002)</b>	<b>Toplam Tüketim İçindeki Payı (%) (2002)</b>
Petrol	16.074	50,4	30.777	39,3
Doğalgaz	21	0	16.128	20,6
Kömür	7.034	22	19.475	27
Hidrolik Enerji	876	3,1	2.997	3,7
Geleneksel Y.	7.683	24,1	5.974	7,6
Diğer Yenilenebilir K.	60	0	1.142	1,4
<b>Toplam</b>	<b>31.973</b>	<b>100</b>	<b>78.403</b>	<b>100</b>

Kaynak: Macide Altaş, “Enerji Üretimi ve Tüketiminin Gelişimi”, **TMMOB 1. Enerji Sempozyumu Bildirileri, 12-14 Kasım 1996** (Ankara: Milli Kütüphane Kongre Salonu, 1996): 180-182.

Burada petrolün payı düşürülerek, Türkiye’de rezerv yönünden en bol enerji kaynağı olan kömürün payının devlet politikası sonucu 5 puan arttırılması, yine bu süre zarfı içinde büyük barajların yapımının tamamlanması sonucu yine yerli ve aynı zamanda temiz bir kaynak olan hidrolik enerjinin enerji tüketimi içindeki payının yükseltilmesi önemli olup doğalgazın da enerji tüketiminde kısa sürede en önemli kaynaklardan biri haline geldiği görülmektedir. Bunun dışında; büyük ölçüde jeotermal üretimin artması sonucu yenilenebilir kaynakların enerji tüketimindeki payı artmış ve küreselleşmenin enerji sektöründe etkisini arttırması sonucu odun ve organik atıklar gibi ticari olmayan enerji kaynaklarının payı da çok azalmıştır. Diğer taraftan petrol tüketiminde de ithal petrolün payı da bu dönemde artmıştır.

Bu dönemde enerji sektöründe küreselleşmenin etkisini arttırdığını gösteren bir diğer olgu da enerjide, dışa bağımlılığın artmasıdır. 1990’da enerji üretiminin tüketimi karşılama oranı % 48 iken 2000’de bu oran % 33’e düşmüştür. Ayrıca ithal kömür kullanımı giderek yaygınlaşmış, 2000’de yerli kömürün enerji tüketimindeki payı % 15,5 iken ithal kömürün payı ise % 13’e kadar gelmiştir.<sup>290</sup> Burada 1980’lerde MTA’nın özelleştirilmesi sonucunda zaman içerisinde kömür arama ve sondajlarının azalmasıyla, ülkedeki kömür kaynakları yeterince değerlendirilmediği anlaşılmakta olup kömür rezervi yönünden dünyanın zengin sayılabilecek ülkelerinden biri olan Türkiye’nin bu kaynakta da dışarıya bağımlılığının giderek arttığı görülmektedir.

Enerji tüketimine sektörel olarak bakıldığında ise; 1990’ların başında bu alanda binaların başı çektiği ancak 1990’ların sonuna doğru sanayi tüketiminin daha çok öne çıkmaya başladığı görülmektedir. Türkiye’nin 1990-2000 yılları arasında sektörel açıdan enerji tüketimi aşağıdaki gibi olmuştur.

**Tablo 4.4: 1990-2000 Arasında Türkiye’nin Sektörler Bazında Enerji Tüketimi**

Sektör	1990 (Bin TEP)	1995 (Bin TEP)	2000 (Bin TEP)
Sanayi	14.542	17.372	24.501
Bina	15.358	17.596	20.058
Ulaşım	8.723	11.066	12.008
Tarım	1.956	2.555	3.073

Kaynak: TMMOB Makina Mühendisleri Odası, **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Oda Raporu** (2008), 5.

Öte yandan 1995-2001 yılları arasında Türkiye’de sanayi kollarındaki enerji yoğunluk değerleri de Tablo 4.5’deki gibi olmuştur.

<sup>290</sup> Savrul, **age**, 82.

**Tablo 4.5: 1995-2001 Arasında Türkiye'nin Sanayide Enerji Yoğunluk Değerleri**

Sektör	1995 (TEP/Bin \$)	1998 (TEP/Bin \$)	2001 (TEP/Bin \$)
Gıda	0,082	0,090	0,081
Tekstil	0,105	0,081	0,121
Orman Ürünleri	0,098	0,085	0,131
Kağıt	0,194	0,331	0,348
Kimya	0,128	0,173	0,126
Taş ve Toprağa Dayalı Sanayi	0,861	0,782	1,031
Demir-Çelik	0,714	0,871	0,791
Demir-Çelik Dışı	0,290	0,315	0,315
Metal Eşya ve Makine-Teçhizat	0,022	0,020	0,030
<b>Sanayi Ortalama</b>	<b>0,197</b>	<b>0,206</b>	<b>0,212</b>

Kaynak: Kubilay Kavak, **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi** (Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, 2005), 125.

Tabloda demir-çelik ve taş ve toprağa dayalı sanayi enerji yoğunluğu yüksek sektörler olarak öne çıkarken; gıda, tekstil, orman ürünleri ve metal eşya ve makine-teçhizat sektörlerinde ise enerji yoğunluğunun nispeten düşük olduğu görülmektedir. Söz konusu süreçte enerji yoğunluğu anlamında en büyük artışın ise kağıt sektöründe yaşandığı göze çarpmaktadır.

Enerji üretiminde, yenilenemeyen kaynaklar ile yenilenebilir kaynakların oranı 1980’de yaklaşık % 50-50 iken; 1980’den sonra yenilenemeyen kaynakların payı giderek artmaya başlamış, 1990’a gelindiğinde bu oran % 60-40 seviyelerine gelirken; 2002’ye gelindiğinde de yine bu seviyelerde olmuştur. Tüketimde ise yenilenemeyen kaynakların etkisi çok daha belirgin konumdadır. 1980’de % 72 olan bu kaynakların payı 1990’da % 82-83 düzeyine, 2002’de ise % 85-86’lara yükselmiştir.<sup>291</sup> Enerji üretiminde ve tüketiminde yenilenebilir kaynakların payının giderek azalması, bu kaynaklardan yeterince fayda sağlanamadığını göstermekte

<sup>291</sup> Sevda Yapraklı, **Enerjiye Dayalı Büyüme: Türk Sanayi Sektörü Üzerine Uygulamalar**, (İstanbul: Beta Yayınları, 2013), 162-168.

olup, etkisini giderek arttıran neoliberalizm ve küreselleşmenin bir sonucu olarak enerjide dışarıya bağımlılığın giderek arttığı görülmektedir. Enerji yoğunluğu ise 1980’de 0,40 iken 1984’e kadar yükseliş trendine girerek yaklaşık 0,60’a kadar gelmiş, sonraki dönemde düşmeye başlamış 1990’a gelindiğinde 0,37-0,38’e, 90’larda ise dalgalı bir seyir izlerken; 2000 sonrasında keskin bir düşüş yaşamış, 2002’de yaklaşık 0,25’e inmiştir.<sup>292</sup>

#### 4.2.2. 2002 Sonrası Enerji Politikaları

Kasım 2002’de yapılan seçimlerde Adalet ve Kalkınma Partisi’nin iktidara gelmesiyle birlikte Türkiye’de liberalizm ve küreselleşme hiç olmadığı kadar hızlanmıştır. Yeni hükümet; göreve başladıktan kısa bir süre sonra büyük bir özelleştirme programı açıklamış, enerji sektörü bağlamında TÜPRAŞ ve PETKİM gibi enerji üretiminde stratejik kurumların hisselerinin % 51’inin blok satış halinde özelleştirilebileceği duyurulmuştur.<sup>293</sup> Hükümet tarafından; etkileri süren 2001 krizinin aşılmasının ve ekonomik canlanmanın özelleştirmeler yoluyla sağlanabileceği görüşü benimsenmiş, enerji sektörü de yüksek kazanç getirebileceğinden bu politikanın en önemli sacayaklarından biri konumunda olmuştur.

2005 yılında TÜPRAŞ’ın kamuya ait olan % 51’lik hissesinin blok satışı için ihale yapılmış, ihaleyi 4 milyar 140 milyon dolar ödeyen Koç-Shell Ortak Girişim Grubu kazanmış ve şirketi satın almıştır. PETKİM de 2008’de düzenlenen ihale sonucunda yine blok satış yöntemiyle özelleştirilerek 2 milyar 40 milyon dolar karşılığında SOCAR & TURCAS Petrokimya A.Ş.’ye geçmiştir.<sup>294</sup> Günümüzde petrol kurumları bağlamında devletin elinde sadece TPAO ve BOTAŞ kalmıştır. Bu iki kurum da Şubat 2017’de özelleştirmelerin kolaylaştırılması amacıyla oluşturulan Varlık Fonu’na devredilmiştir. Yani yakın bir gelecekte bu kurumların da çoğunluk hisselerinin satışı sürpriz olmayacaktır. Türk petrol sektörünün, günümüzde ulaştığı konum gerçekten üzücüdür. TPAO, bünyesinde olan kurumların öncülüğünde petrol arama ve sondajları yapması için kurulmuş iken yapılan son özelleştirmelerle birlikte bütünleşik yapısından tamamen kopmuştur. Özelleştirmeler gerçekleşse bile söz

<sup>292</sup> age, 166-172.

<sup>293</sup> <http://www.hurriyet.com.tr/4-milyar-dolarlik-ozellestirme-hayali-121541> (02.05.2017).

<sup>294</sup> Gönülalan, Pamir, Peker, age, 516-517.

konusu şirketlerin çoğunluk hissesinin devlette olması ya da devletin bu konuda belirlediği politikalar doğrultusunda hareket edecek bir şirkete devredilmesi büyük önem taşımaktadır.

Öte yandan 2006'da yıllar süren tartışmaların sonucunda Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) Petrol Boru Hattı faaliyete geçmiştir. Uzunluğu 1768 km olan 1076 km'lik bölümü Türkiye'den geçen bu hat, yılda 50 milyon ton petrol taşıma kapasitesine sahiptir. Türkiye'nin; bu hattan, geçiş ücreti olarak 1-16. yıllar arası 140-200 milyon dolar, 17-40. yıllar arası ise 200-300 milyon dolar civarında gelir elde etmesi beklenmektedir. Ayrıca BTC Hattı ile Ceyhan Limanı'nın stratejik önemi; Irak petrolüyle birlikte Azeri petrolünün de batı pazarlarına bu limandan taşınmasıyla bir kat daha artmış ve Türkiye, doğru yatırımlar yaptığı takdirde söz konusu petrolün taşınması konusunda aktif bir transit ülke haline gelme şansı yakalamıştır.<sup>295</sup> Buna karşın günümüzde hat, taşıma tarifeleri ve diğer ekonomik terimleri yönünden zarar etmektedir. Bu doğrultuda Ceyhan'ın aktif bir enerji transit bölgesi haline gelmesi için gereken tesis ve yatırımların bir an önce hayata geçirilmesi ülke ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır.

Petrol üretimi bu süreçte dalgalı bir seyir izlemiş, 2002'de 2,4 milyon ton olan üretim, 2016 yılına gelindiğinde 2,6 milyon ton olmuştur.<sup>296</sup> Türkiye'de üretilen petrol, tüketimin yaklaşık % 7'sini karşılamaktadır. Bu oran 1969'da % 58'e kadar çıkmışken, yıllar içerisinde petrol aramalarının maliyeti yüksek olduğu öne sürülerek arama ve sondajların kademeli olarak azalmasıyla bu noktaya gelinmiştir.

Kömür sektöründe ise; linyit üretimi dalgalı bir seyir izlemiş, 2004'te 43,7 milyon tona kadar düşerken bu yıldan sonra 2008'e kadar yükselişe geçerek Türk tarihinin en yüksek rakamı olan 76 milyon tona ulaşmıştır. Bu yıldan sonra genel anlamda düşüşe geçen kömür üretimi 2014'te 62,6 milyon ton olmuştur. Taşkömüründe de üretim seyri linyite benzer şekilde gerçekleşmiş, 2004'e kadar yaşanan düşüş devam ederken; bu yılda üretim 1,9 milyon ton olmuştur. Sonrasında yükselişe geçen üretim 2009'da yaklaşık 3 milyon tona kadar çıkmış, daha sonra keskin bir düşüşe geçerek 2016'da 1,3 milyon tona kadar gerilemiştir.<sup>297</sup> 2004'den sonra; son yıllarda iyice

<sup>295</sup> Harun Bal, Ali Eren Alper, "Bakü-Tiflis-Ceyhan Petrol Boru Hattı ve Türkiye Ekonomisine Etkileri", **Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, c. 19, s. 3 (2010): 353-354.

<sup>296</sup> <https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/turkiyede-petrol-uretimi/> (12.12.2017).

<sup>297</sup> Türkiye Taşkömürü Kurumu, **2016 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu**, 27.



azalan kömürden elektrik üretiminin arttırılması hedeflenmiştir. Ancak sonrasında özellikle 2008'den sonra-kömür arama ve üretiminin maliyeti yüksek bulunmuş, bu alanda gerek kamu gerek özel sektör bağlamında gereken yatırımlar yapılmamış ve kömür dışalımını arttırılarak, kömür gereksiniminin karşılanması yoluna gidilmiştir.

Kömür dışalımını bu dönemde hız kazanmış 2002'de 15 milyon ton iken 2015 yılında bu rakam 34 milyon tona kadar çıkmıştır. Durum böyle olunca da kömür dışalımına ödenen döviz miktarı da giderek yükselmiştir. 2002'de kömür dışalımına ödenen tutar yaklaşık 600 milyon dolar iken 2012'de bu miktar 4,6 milyar dolara kadar çıkmıştır. Sonrasında ise uluslararası piyasalarda kömür fiyatlarının düşmesiyle bu tutar, 2015'te 3 milyar dolara gerilemiştir. Bir diğer dikkate değer olgu da kömür dışalımını yapılan ülkelerin profilidir. 2015 itibariyle Türkiye, en çok kömürü % 32,9 ile Kolombiya'dan temin etmiştir. Türkiye'ye uzak bir ülke olan Kolombiya'dan yapılan alımlar, aynı zamanda söz konusu ticaret deniz yoluyla yapıldığından dışalım faturalarının da artmasına neden olmaktadır. Bu alanda 2. sırada ise % 32,8'lik oran ile Rusya yer almaktadır. Türkiye, Rusya'ya doğalgaz ve çoğu doğalgazla gerçekleştirilen elektrik üretiminde zaten bağımlı iken bu alanda da bağımlı hale gelmeye başladığı görülmektedir. Kalan dışalımın ise yaklaşık % 30'luk bölümü Güney Afrika Cumhuriyeti, Avustralya, ABD ve Kanada'dan yapılmaktadır.<sup>298</sup> Bu ülkeler de Türkiye'ye uzak mesafede bulunduğundan, Türkiye bu durumdan ötürü ek bir maliyetle karşı karşıya kalmaktadır.

Kömür alımlarının artmasında öne sürülen sebep, elektrik üretiminde kullanılmak üzere buhar kömürlerine olan talepteki artıştır. Ancak; Türkiye'deki kömür rezervlerinin yaklaşık % 94'ünün akışkan yatak teknolojisiyle elektrik üretimi yapmaya uygun olduğu bilinmektedir. Bu teknolojiyle inşa edilen kömür santrallerinin yatırım maliyeti kW başına 1450-1700 dolar aralığında olup<sup>299</sup> bu teknolojiyle kömür santralleri üretilmesi halinde; bu durum kömür ve doğalgaz dışalımını azaltıcı etki yapacak ve cari açığın iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır. Ancak Türkiye'deki kömür kaynaklarının, devlet düzeyinde yeterince anlaşılmadığı ve değerlendirilmediği net bir şekilde görülmektedir. Oysa Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin kalkınmasında maliyeti nispeten düşük bir kaynak olan kömürün

<sup>298</sup> Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **2015 Kömür (Linyit) Sektör Raporu**, 33.

<sup>299</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, **Türkiye'de Enerji ve Geleceği: İTÜ Görüşü** (İstanbul: İTÜ Yayınları, 2007), 55.

önemi büyüktür. Son yıllarda gelişmekte olan birçok ülkenin, elektrik üretiminde kömürden ciddi biçimde yararlandığı görülmektedir. Örneğin 2008’de kömürün elektrik üretimindeki payı; Polonya’da % 90, Güney Afrika’da % 86, Çin’de % 78, Hindistan’da % 75 ve Yunanistan’ın % 70 seviyelerinde olmuştur. Diğer taraftan dünyada kömür rezervleri bakımından 12. sırada bulunan Türkiye’de ise bu oran % 27’de kalmıştır.<sup>300</sup> Buna ek olarak Türkiye’de ithal kömürün elektrik üretimindeki payı giderek artmaktadır. 2002’de kömürün elektrik üretimindeki payı % 24,8; yerli kömürün payı % 23,3, ithal kömürün payı % 1,5 iken 2015’te kömürden % 28,5 oranında elektrik üretilmiş; yerli kömürün payı % 13,2 olurken ithal kömürün payı % 15,3’e kadar yükselmiştir.<sup>301,302</sup> Toplam enerji tüketiminde de ithal kömürün payı, yerli kömürün payını geride bırakmıştır. 2014’te toplam enerji tüketiminde yerli kömürün payı % 13,5 iken ithal kömürün payı % 15,6 seviyesine ulaşmıştır.<sup>303</sup> Son yıllardaki kömür politikalarına devam edildiği takdirde, kömür dışalımının artarak süreceği anlaşılmaktadır. Kendi enerji kaynaklarından yeterince faydalanamayan bir ülkenin kalkınacağını beklemek de açıkçası gerçekçi değildir.

Türkiye’de kömür dışalımındaki artış aynı zamanda kömürden elektrik üretiminin maliyetini de yükselten bir unsur olmuştur. 2003 yılı verilerine göre Türkiye’de kömür santrallerinin maliyeti % 5’lik faiz oranı için ortalama 40 USD/MWh, % 10’luk faiz oranı için ise 49 USD/MWh iken doğalgaz santrallerinde ise aynı faiz oranları için maliyetler ortalama 39 ve 42 USD/MWh olmuştur. Kömür santrallerindeki söz konusu maliyetin en büyük bileşenini ise sırasıyla ortalama % 60 ve % 50 ile yakıt maliyeti oluşturmaktadır. Oysa bu husustaki ortalama değerler kömür kaynakları Türkiye’ye göre daha kıt olan ülkelerin çoğunda bile daha düşük seviyededir. Bu konuda bazı ülkelerin değerleri Tablo 4.6’da yer almaktadır.

---

<sup>300</sup> Güven Önal, “Elektrik Üretiminde Kömürün Önemi”, **3. Uluslararası Strateji ve Güvenlik Çalışmaları Sempozyum Bildirileri, 15-16 Nisan 2010** (İstanbul: Beykent Üniversitesi, 2010): 203.

<sup>301</sup> *age*, 202.

<sup>302</sup> Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, *age*, 36.

<sup>303</sup> *age*, 23.

**Tablo 4.6: 2005 İtibariyle Bazı Ülkelerde Yakıt Maliyetinin Toplam Kömür Maliyetindeki Payı**

Ülke	Kömürde Yakıt Maliyetinin Payı (r=% 5) (%)	Kömürde Yakıt Maliyetinin Payı (r=% 10) (%)
<b>ABD</b>	35,5	26
<b>Almanya</b>	44	34
<b>Fransa</b>	43	33
<b>Güney Kore</b>	46	37
<b>Güney Afrika</b>	1,3	1,3
<b>Japonya</b>	20	19,5
<b>Kanada</b>	42	32

Kaynak: IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity-2005 Update**, 51-52.

Tabloda görüldüğü gibi Fransa, Güney Kore ve Japonya gibi kömür rezervi yönünden zengin olmayan ülkelerin de yakıt maliyetinin payı Türkiye'ye göre daha düşük seviyede olmuştur.<sup>304</sup> 2013'de ise 10.639 GWh'lik kömür santrallerinden karşılanan üretiminin maliyeti 1.600.828.000 TL iken 14.987 GWh'lik doğalgaz santrallerinde bu meblağ 3.630.030.000 TL olmuştur.<sup>305</sup> Türkiye'de kömür dışalımını arttırmak yerine yerli kaynaklarla akışkan yataкта yakma teknolojisiyle üretim yapılması halinde hem kömürden elektrik üretimi daha ekonomik bir hal alabilecek hem de kömür ve doğalgaz kaynaklı dışalım faturaları azalabilecekti. Türkiye'nin bu anlamda; bu yıllarda elindeki kaynakları verimli kullanmadığını söylemek yanlış olmayacaktır.

Sektörler bazında ise 2014'e gelindiğinde linyit kullanımının % 88,8'i elektrik üretimi amacıyla olurken; geri kalan bölümü ise % 6,3'ü sanayi sektöründe, % 4,7'si de binalarda tüketilmiştir. Bunun dışında toplam ısı değer bazında ise; linyit enerjisinin % 79,9'u elektrik üretiminde, % 11,3'ü sanayi sektöründe ve % 8,5'i de binalarda harcanmıştır. Taşkömürü arzının ise aynı yılda % 44,6'sı elektrik tüketiminde, % 17,8'i ısınmada, % 18,2'si kok fabrikalarında ve % 16,9'u da diğer sanayi kollarında tüketimi gerçekleştirilmiştir. Taşkömürü tüketiminde elektrik

<sup>304</sup> IEA-NEA-OECD, **Projected Costs of Generating Electricity-2005 Update**, 51-52.

<sup>305</sup> Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **2013 Sayıştay Raporu**, 149.

santrallerinin payı giderek artmaktadır. On yıl önce % 20 olan bu pay, 2014'de % 45'e yaklaşmıştır.<sup>306</sup>

Doğalgaz sektöründe ise 2003'te Mavi Akım Boru Hattı'nın işletmeye açılmasıyla Türkiye'nin, doğalgaz temininde Rusya'nın payı 2010 yılı dışında % 50'nin altına hiç düşmemiştir. Buna ek olarak; elektrik üretiminin 2002'den itibaren yarısına yakın olan bölümünün doğalgaz çevrim santralleriyle karşılanması, enerjide Rusya'ya olan bağımlılığı arttıran bir başka unsur olmuştur.

Doğalgaz alımlarında Rusya'ya iyice artan bağımlılığı bir nebze de olsa azaltmak amacıyla Mart 2001'de Azerbaycan ile doğalgaz anlaşması imzalanmıştır. Anlaşmaya göre Azerbaycan 2007'den başlayarak Türkiye'ye Gürcistan üzerinden 15 yıl süreyle yılda 6,6 milyar m<sup>3</sup>'lük doğalgaz ihracatı gerçekleştirecektir. Bunun yanı sıra; Bakü-Tiflis-Erzurum Boru Hattı (BTE) olarak adlandırılan bu hatta Ekim 2011'de, 2018 yılında devre alınmak üzere 6,6 milyar m<sup>3</sup>'lük ilave yapılması noktasında anlaşmaya varılmıştır.<sup>307</sup> Azerbaycan ile yapılan bu doğalgaz anlaşmaları, doğalgazda arz çeşitliliğini sağlama yönünden önemli olmasına karşın yine de Rus gazına olan bağımlılığın kırıldığını söylemek güçtür.

Öte yandan 2014'te yaşanan Ukrayna Krizi'yle birlikte kötüleşen Rusya-Ukrayna ilişkileri sonrasında Rusya, Avrupa'ya olan doğalgaz ihracatında Ukrayna'yı devre dışı bırakmak amacıyla alternatif güzergah arayışlarına girmiştir. Bu doğrultuda önce Rus gazını Bulgaristan üzerinden Avrupa'ya iletecek olan Güney Akımı Projesi gündeme gelmiş, ancak Bulgaristan'ın-AB'nin de baskısıyla-bu projeye sıcak bakmamasından dolayı proje gerçekleşmemiştir. Bunun üzerine bir diğer seçenek olan Türk Akımı Projesi popülerlik kazanmış, taraflar arasında yapılan görüşmeler sonucunda Aralık 2014'te proje açıklanmış, Şubat 2015'te ise hattın rotası belirlenmiştir. Buna göre; her biri 15 milyar 750 milyon m<sup>3</sup> kapasiteli 4 tane hat çekilecek, Trakya'dan Türkiye topraklarına girecek hattın kara bölümündeki uzunluğu da 260 kilometre olacaktır.<sup>308</sup> Türk Akımı Projesi'nin gerçekleşmesi halinde Batı Hattı devre dışı kalmış olacak ve bu hattan gelen gaz Türk Akımı'na aktarılacaktır.

<sup>306</sup> Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, *age*, 34-35.

<sup>307</sup> Pamir, *age*, 348.

<sup>308</sup> <http://www.ntv.com.tr/ekonomi/turk-akimi-projesi-nedir,6SPX69IWSkaL6pBjj9F3EA> (07.05.2017).

Kasım 2015'te Rusya ile yaşanan Uçak Krizi sonrasında Türkiye ile Rusya arasında ilişkiler bozulmuş, Türk Akımı'nın durumu belirsiz bir hal almıştır. Öte yandan AB ülkelerinin Ukrayna Krizi nedeniyle Rusya'ya uyguladığı ekonomik yaptırımlar da şimdilik (en azından yaptırımlar bitene kadar) projeyi çıkmaza sokmuş gibi gözükmektedir. Projenin ileride gerçekleşmesi halinde ise Türkiye'nin doğalgazda Rusya'ya olan bağımlılığı en az % 40'lar seviyesinde olmak üzere uzun bir süre daha devam edecektir.

Doğalgazda yaşanan bir başka önemli gelişme ise; yine Azeri gazının Türkiye'ye ve Avrupa'ya taşınmasına olanak sağlayacak olan TANAP'a (Anadolu Geçişli Doğalgaz Boru Hattı) ilişkin anlaşmanın Mart 2015'te imzalanmasıdır. 2018'de işleme açılması beklenen TANAP'ın 1. Aşaması'nda yıllık taşıma kapasitesinin 16 milyar, 2. Aşama'da 24 milyar, 3. Aşama'da ise 31 milyar m<sup>3</sup> olması kararlaştırılmıştır. Türkiye; bu gazın, 6 milyar m<sup>3</sup>'ünden yararlanabilecektir.<sup>309</sup> Bu anlaşma ile günümüze dek Türkiye'ye en ucuz gaz sağlayan ülke konumunda olan Azerbaycan'dan biraz daha fazla gaz temin etme olanağı doğmuştur.

Ancak söz konusu anlaşmanın; Türkiye'nin lehine koşullar içerdiğini söylemek oldukça güçtür. Azeri gazının Türkiye ve Avrupa'ya taşınmasına yönelik görüşmeler, 2000'lerin başından itibaren yapıyordu. Türkiye; 2006'da yapılan Hükümetler Arası Anlaşma ile medyada “% 15 netback” olarak bilinen şartı sözleşmeye ekleterek Azeri gazının “karar verici ve fiyat belirleyen” oyuncusu olduğunu anlaşmadaki taraflara kabul ettirmişti. Ancak daha sonra yapılan görüşmelerle birlikte Türkiye, 2009'da “% 15 netback” şartından vazgeçmiştir. Bunun yanı sıra TPAO ve BOTAŞ'ın bu projeye sırasıyla yaklaşık 1,5 milyar dolar ve 500 milyon dolar yatırım taahhüdü bulunmaktadır. Özellikle son yıllarda zarar eden bir kurum olan BOTAŞ'ın böyle bir yatırımı nasıl finanse edeceği büyük bir soru işaretidir. Türkiye; bu hattan 25 yıl boyunca net olarak 1 milyar doların biraz üzerinde vergi toplayabilecektir. Bunun dışında Türkiye'nin; bu hattan, taşıma ücreti olarak yıllık 2 milyar dolar civarında gelir sağlaması beklenmektedir. Bu gelir ile 25 yıllık süreç boyunca ancak söz konusu “çarkı döndürmeye” yetecektir.<sup>310</sup> Görüldüğü gibi; Türkiye bu anlaşma Avrupa'ya daha fazla miktarda gaz taşınabilmesi için kendi hakkından “feragat” ederek sadece 6 milyar m<sup>3</sup> gaz temin ederek arz güvenliğine yeterince katkı

<sup>309</sup> Pamir, *age*, 355.

<sup>310</sup> [http://www.enerjienergy.com/artikel.php?artikel\\_id=460](http://www.enerjienergy.com/artikel.php?artikel_id=460) (08.05.2017).

sağlayamadığı ve “netback” koşulundan vazgeçerek ucuz gaz ve transit ülke olmanın avantajını yeteri kadar kullanamadığı görülmektedir.

Türkiye son dönemde-özellikle Rusya ile olan Uçak Krizi’nden sonra-LNG alımlarına yönelmek istemektedir. Türkiye’nin günümüzde biri Marmara Ereğlisi LNG Terminali, diğeri de Aliğa LNG Terminali olmak üzere iki adet LNG Terminali bulunmaktadır. Bunlardan Ereğli Terminali Cezayir ve Nijerya ile olan uzun dönemli kontratlar için ayrılmış, Aliğa Terminali ise spot alımlar için kullanılmaktadır. Spot alımlar; 2016 itibariyle doğalgaz dışalımının % 4,58’ini oluşturmaktadır. Bu yılda spot alımların % 43’lük bölümü Katar’dan temin edilmiştir.<sup>311</sup> Buna ek olarak Türkiye, Katar’dan daha fazla LNG almak istemektedir. Ancak Türkiye’nin iki LNG tesisi de tam kapasiteyle çalıştığından bu; yeni bir LNG tesisi kurulmadığı sürece mümkün gözükmemektedir.

Doğalgazda Türkiye’nin başını ağrıtan bir başka konu da alınan doğalgazın önemli bir bölümü tüketilemediğinden oluşan tüketim fazlasıdır. 1999’da 2010 yılına yönelik doğalgaz talep tahmini 55 milyar m<sup>3</sup> iken tüketilen miktar 38 milyar m<sup>3</sup>’te kalmıştır. Bu talep tahmininde yapılan hata sonucunda yaşanan kayıp, 2010 itibariyle ortalama gaz fiyatı bin m<sup>3</sup>’te 400 dolar kabul edildiğinde yaklaşık 8 milyar doları bulmaktadır.<sup>312</sup> Doğalgaz anlaşmaları çoğunlukla “al ya da öde” koşulunu içerdiğinden, talep tahminleri yapılırken büyük bir hassasiyet gösterilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde maddi yönden büyük bir külfet altına girilmesi mümkündür. Nitekim Türkiye, 2000’lerde bunu yaşamış ve tüketim fazlasını depolayacak yeterli kapasite bulunmadığından bu durum; cari açığı arttıran önemli etkenlerden biri olmuştur.

Türkiye’de 2016 itibariyle doğalgaz sektörler bazında en yoğun şekilde % 36,06 ile elektrik sektöründe tüketilmekte olup, onu % 31,18 ile bina ısıtması, % 30,38 ile sanayi ve % 2,38 ile diğer sektörler takip etmektedir. Son yıllarda elektrik üretiminde yenilenebilir kaynaklara yönelik yatırımların hızlanmasıyla doğalgazın elektrik tüketimindeki payı düşerken; sanayi ve bina ısıtması sektörlerindeki payı artmaya başlamıştır.<sup>313</sup>

---

<sup>311</sup> T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, **Doğalgaz Piyasası Sektör Raporu 2016**, 11-15.

<sup>312</sup> Pamir, **age**, 351.

<sup>313</sup> T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, **age**, 58.

Öte yandan bu dönemde; hidrolik güç artışı ve hidrolik enerjiden elektrik üretimi, termik santrallere göre yine oldukça sınırlı kalmıştır. 2002’de hidrolik kurulu gücü 12.000 MW iken 2016’da bu rakam yaklaşık 24.000 MW olmuştur. Diğer taraftan aynı süreçte termik kurulu gücü 19.500 MW’den yaklaşık 45.000 MW’ye kadar çıkmıştır. Hidrolik enerjiden elektrik üretimi ise 2002’de 33.500 GW iken 2016’da yaklaşık 67.000 GW olurken termik santrallerde üretilen elektrik miktarı 95.000 GW’den 180.000 GW’ye ulaşmıştır.<sup>314</sup> Bu dönemde; 2015’e kadar hidrolik enerjinin, doğalgaz ve kömüre-özellikle ithal kömür-göre geçmiş dönemlerde olduğu gibi geri planda kaldığı görülmekte, Türkiye açısından elektrik üretiminin en hesaplı yolu olan bu enerjiye gereken önemin atfedilmediği anlaşılmaktadır.

ETKB tarafından 2015-2019 yılları için hazırlanan Strateji Belgesi’nde ise hidrolik kurulu gücün 2019’da 32.000 MW’ye ulaşacağı öngörülmektedir.<sup>315</sup> Yapılan çalışmalar sonucunda Mart 2015 ile Mart 2017 arasında hidrolik kurulu gücü yaklaşık 2.500 MW arttırılarak yaklaşık 27.000 MW’ye çıkmıştır.<sup>316</sup> Hidrolik enerjiden elektrik üretim oranı ise 2015’te bir önceki yıla göre 9,5 puan artarak % 25,6’ya gelmiştir. Aynı yıl doğalgazın payı 10 puan düşmüş ve % 37,9’a gerilemiştir.<sup>317</sup> Bu olumlu bir gelişme olsa da hidrolik enerjiden elektriğin üretiminin arttırılması ve belirlenen hedeflere ulaşılabilmesi için yatırımlar aynı hızla devam etmeli, söz konusu projelerin kurulu güç ve üretim potansiyellerinin doğru olarak belirlenip gerekli çalışmalar titizlikle yürütülmeli ve Türkiye, hidrolik enerjiden etkin biçimde yararlanmalıdır.

Bunun yanı sıra hidrolik enerji, Türkiye’de üretim maliyetleri yönünden bakıldığında en uygun enerji kaynaklarından biri konumundadır. 2013’de hidroelektrik santrallerin birim üretim maliyeti ortalama 1,74 kuruş/kWh iken; bu miktar kömür santrallerinde 15,05, doğalgaz santrallerinde ise 24,22 kuruş/kWh olmuştur.<sup>318</sup>

Diğer taraftan; hidrolik santral projelerinde, söz konusu bölgelerdeki doğal çevrenin ve yaşamın korunmasının da önemi büyüktür. Hidrolik santral çalışmaları; doğal çevre ve yaşamı bozmayacak veya olabilecek en alt seviyede etkileyecek şekilde yapılmalıdır. Bu bağlamda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile koordineli şekilde

<sup>314</sup> [http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369) (13.10.2017).

<sup>315</sup> T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **2015-2019 Strateji Planı** (Ankara, 2016), 40.

<sup>316</sup> <http://enerjienstitusu.com/turkiye-kurulu-elektrik-enerji-gucu-mw/> (10.05.2017).

<sup>317</sup> TÜİK, **age**

<sup>318</sup> T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **2013 Sayıştay Raporu**, 149.

çalışılmalı ve ilgili kurumdan mevcut projelerle ilgili ÇED raporu istenerek; bu raporda belirtilen hususlar çerçevesinde hareket edilmelidir. Aksi takdirde; hem doğal çevre ve ekosistem zarar görecektir hem de günlük yaşamı etkilenecek olan kırsal kesimdeki insanların büyük kentlere göç etmesinin önü açılacaktır. Böyle bir durumda da çarpık kentleşme hızlanarak toplam enerji gereksinimi üzerinde ek bir baskı yaratacak ve toplumsal maliyeti arttırıcı etki yapabilecektir.

Nükleer enerjide ise; on yıllarca süren tartışmaların ardından Mayıs 2010'da Rusya ile Mersin-Akkuyu'da 4 üniteden oluşan 4.800 MW gücünde nükleer santral kurulmasına yönelik anlaşma imzalanmıştır. 2010'da hazırlanan plana göre ilk ünite inşaatının Ocak 2016'da başlaması ve santralin 2019'da devreye girmesi planlanmıştır. Ancak sonrasında konuya ilişkin planlar revize edilmiş ve Ekim 2016'da yapılan açıklamaya göre santralin ilk ünitesinin 2022'de devreye gireceği açıklanmıştır. Santralin maliyetinin 20 milyar dolar olacağı tahmin edilmektedir.<sup>319</sup>

Akkuyu Nükleer Santrali'nin tamamlanması ve Türkiye'nin nükleer teknolojiye geçmesi hususunda birçok soru işareti bulunmaktadır. Öncelikle söz konusu tesisin her türlü yönetimi Rus tarafına verilmiş olduğundan, Türkiye'nin enerji alanında- özellikle doğalgaz ve kömür dışalımında-Rusya'ya olan bağımlılığı biraz daha artacaktır. Ayrıca Türkiye'nin yakıt olarak kullanabileceği geniş çapta uranyum rezervi bulunmadığından; bu, dışa bağımlılığı arttıran bir başka unsur olacaktır.

Öte yandan nükleer enerji, Türkiye'de potansiyel anlamında bol miktarda bulunan kömür ve hidrolik enerjiye göre hem yatırım hem de işletme ve bakım-onarım maliyetleri yönünden daha pahalı bir konumda bulunmaktadır. Türkiye'nin, kömür ve hidrolik potansiyelini günümüze kadar yeterli ölçüde değerlendirmeden beşeri sermayesinin de yüksek olmadığı bir sektöre yönelmesi oldukça düşündürücüdür. Akkuyu anlaşmasında; söz konusu santralin ilk 2 ünitesi için üretiminin % 70'inin, diğer 2 ünitesi için ise 15 yıl üretimin tamamının satın alınma garantisi yer almaktadır. Verilen satın alma garantisi oldukça yüksek bir fiyat içermektedir (12,35-15,33 sent/kWh). Bunun yanı sıra; Rusya'da inşaatı sürmekte olan Akkuyu ile aynı model iki reaktörün birim maliyetleri KW başına 1.958 dolar ve 2.083 dolar iken

<sup>319</sup> <http://www.dw.com/tr/b%C3%BCy%C3%BCK-proje-i%C3%A7in-imzalar-at%C4%B1ld%C4%B1/a-36010270> (12.05.2017).



Türkiye'ye verilen birim fiyat KW başına 4.166 dolardır.<sup>320</sup> Bunun dışında nükleer santrallerdeki en büyük maliyet kalemini, nükleer atıkların yönetimi oluşturmaktadır. Üretim sürecinde oluşan nükleer atıkların depolama maliyetlerinin on milyarlarca doları bulunduğu bilinmektedir. Her ne kadar oluşacak nükleer atıkları Rusya'nın alacağına yönelik açıklamalar yapılsa da Akkuyu anlaşmasında böyle bir madde bulunmamaktadır. Projenin gerçekleşmesi ve Rusya'nın atıkları almaması durumunda Türkiye, ilerleyen on yıllarda çok ciddi bir toplumsal ve ekonomik bir maliyet yüküyle karşı karşıya kalabilecektir.

Nükleer enerjide bir Amerikan şirketinin 2006'da ABD'nin Kaliforniya eyaletindeki nükleer santrallerin tek soğutma sisteminden kapalı soğutma sistemine geçiş hakkında yaptığı fizibilite çalışmasında, Akkuyu gücünde çalışan bir santralin tek yönden kapalı soğutmaya 5 yıllık geçişi süresince 3 milyar dolarlık net bir maliyetinin olduğu belirlenmiştir.<sup>321</sup> Ayrıca Akkuyu'nun bulunduğu bölgedeki denizin sıcaklığı da göz önüne alındığında elektrik üretim maliyetinin daha da artması oldukça mümkündür. Akkuyu Santrali'nin ülkedeki bazı turizm beldelerine yakınlığı düşünüldüğünde (Alanya, Side gibi), bu projenin ülkeye milyarlarca dolar gelir sağlayan turizm sektörünü de vurması kuvvetle muhtemeldir. Yani Akkuyu Projesi ve nükleer enerjinin, diğer enerji kaynaklarına kıyasla kısa ve uzun vadede yarattığı olanaklar ve taşıdığı riskler iyi analiz edilmeli ve kararlar buna göre alınmalıdır.

Türkiye'de yenilenebilir kaynaklara yönelik çalışmalar; bu dönemde geçmiş yıllara göre hız kazanmıştır. İlk olarak 2005 yılında 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ile konunun politik çerçevesi çizilmiş, daha sonra da diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de feed-in-tariff uygulaması başlatılmış ve 2010'da çıkarılan bir kanun ile rüzgar, güneş, biyokütle, jeotermal ve hidroelektrik enerji ile üretilen elektriğin belirlenen fiyatlarla devlet tarafından desteklenmesi ile bu kaynaklara yönelik yatırımların artırılması hedeflenmiştir. Çıkarılan kanun ile hidroelektrik üretim tesisi ve rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi için 7,3, jeotermal enerjiye dayalı üretim tesisi için 10,5 ve biyokütle ve güneşe dayalı üretim tesisleri için ise 13,3 dolar sent/kWh'lik

---

<sup>320</sup> Pamir, *age*, 423.

<sup>321</sup> Hayrettin Kılıç, "Akkuyu Nükleer Santrali Soğutma Sistemi ve Çevresel Sorunlar", **TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası**, s. 438 (Mart 2010): 76.

fiyatlarla 10 yıllık destek garantisi verilmiştir.<sup>322</sup> Bunun yanı sıra takip eden dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi yapan tesislerde yerli malzeme kullanılması durumunda 0,4 ile 3,5 dolar sent arasında ek fiyat desteği de sağlanmaya başlanmıştır.<sup>323</sup>

Yapılan teşvikler sonrasında yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi-özellikle rüzgar enerjisinde-ivme kazanmaya başlamıştır. 2005'te 20,10 MW olan rüzgar kurulu gücü 2016 yılı sonunda 5.751,3 MW'ye kadar çıkmıştır.<sup>324,325</sup> Türkiye'de 2016 itibarıyla 172 rüzgar enerji santrali (RES) bulunmakta iken bu santrallerden yaklaşık olarak 15,3 GWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte bu santrallerin bir bölümü henüz tam kapasiteye ulaşmamış ve bazı santrallerin de henüz hiçbir ünitesi devreye alınmamış ancak kurulumunda ilerleme kaydedilmiştir. Bu bağlamda söz konusu projelerin tümü tamamlandığında rüzgar kurulu gücünün 8.273 MW düzeyine çıkacağı tahmin edilmektedir.<sup>326</sup> Öte yandan 2015 itibarıyla Türkiye'de karada rüzgardan elektrik üretiminin maliyeti 58.11 USD/MWh ile ABD'nin ardından OECD ülkeleri arasında en düşük maliyet ve en yüksek kapasite faktörü ile elektrik üretimi yapan ülke konumunda bulunmaktadır.<sup>327</sup> Türkiye'de son dönemde hızlanan rüzgar enerjisi çalışmaları birçok kişiye istihdam olanağı sunmuş, 2016 itibarıyla yenilenebilir enerjide istihdam edilen 94.400 kişiden 53.000'i rüzgar sektöründe istihdam edilmiştir.<sup>328</sup> Türkiye'de 2009'da hazırlanan Enerji Strateji Belgesi'ne göre 2023'de rüzgar kurulu gücünün 20.000 MW'ye çıkarılması hedeflenmektedir. Bu konuda-geç kalınmış olmakla birlikte-son dönemde yapılan çalışmalar önemli olmakla birlikte kamu ve özel sektör bağlamında yatırımların aynı ciddiyetle devam etmesi çok önemlidir. Bu yapıldığı takdirde kapasiteleri arttıkça maliyetleri düşen rüzgar türbinlerinin de etkisiyle; bu enerjiyle elektrik üretmek daha ekonomik hale gelecek, istihdam olanakları artacak, enerjide dışa bağımlılık azalacak ve bu enerji türü çevre dostu olduğundan ülkedeki çevre kirliliğini azaltıcı etki yapacaktır.

---

<sup>322</sup> Çukurova Kalkınma Ajansı, **Yenilenebilir Enerji Raporu 2012** (Adana, 2012), 13.

<sup>323</sup> Savrul, **age**, 112.

<sup>324</sup> **age**, 115.

<sup>325</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> (16.05.2017).

<sup>326</sup> <http://www.enerjiatlas.com/ruzgar/> (12.12.2017).

<sup>327</sup> IEA-NEA-OECD, **age**, 52-53.

<sup>328</sup> IRENA, **Renewable Energy and Jobs-Annual Review 2017**, 17.

Güneş enerjisinde ise çalışmalar-özellikle fotovoltaik bakımından-muhtemelen maliyet yüksekliğinden dolayı oldukça sınırlı kalmıştır. Türkiye, termal ısıtma yönünden 2016 itibariyle 1.47 GW ile dünyada Çin'in ardından ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'de 2015 sonu itibariyle güneş ısıtma sistemlerinin kullanımıyla ülkedeki doğalgaz tüketimi % 10 azaltılmıştır.<sup>329</sup> Buna karşın; fotovoltaik pillere yönelik yatırımlar dünya ölçeğinde yüksek sayılabilecek bir potansiyel barındırılmasına rağmen düşük seviyelerde kalmıştır. 2016 yılı sonu itibariyle Türkiye'deki güneş toplam kurulu gücü 832,5 MW'dir.<sup>330</sup> Bu rakam dünya toplamının 1/250'sinden daha az bir oranı ifade etmektedir. Bu alanda büyük bir potansiyele sahip olan Türkiye bu sektöre yönelik daha fazla yatırım yapmalı, günümüzdeki görece maliyet yüksekliği tek başına bir gerekçe olmamalıdır.

Türkiye'nin potansiyel bakımından zengin bir başka kaynağı olan jeotermalde ise yatırımlar özellikle son 5 yılda oldukça hızlanmıştır. Jeotermalden elektrik üretimi Ocak 2013'te 113 MW iken bu rakam Ocak 2017'de 821 MW'ye ulaşmıştır.<sup>331</sup> Türkiye için yerli bir kaynak olan jeotermal enerji oldukça cazip bir konumda olup bugüne kadar bu kaynaktan yeterince yarar sağlandığını söylemek güçtür. EIA'nın 2015'te yaptığı bir araştırmaya göre; 2020'ye gelindiğinde jeotermalin elektrik üretiminde ortalama 47,8 MWh ile en ucuz kaynak olacağı öngörülmektedir.<sup>332</sup> Türkiye'de ise 2015 itibariyle jeotermal enerjinin maliyeti 122,89 USD/MWh iken; bu maliyetin büyük bölümünü 100,00 USD/MWh ile diğer birçok ülkenin aksine işletim ve bakım maliyetleri oluşturmaktadır.<sup>333</sup> Bu durumun ise en önemli nedeni Türkiye'deki jeotermal rezervlerinin çok büyük bölümünün düşük ısılı olmasıdır. İlerleyen yıllarda düşük ısılı kaynaklardan elektrik üretimi daha ucuz hale geldiğinde bu maliyetler de düşecektir. Jeotermal enerjiyle kojenerasyon yöntemiyle doğalgaz santrali gibi çalışarak hem ısı hem elektrik üretimi yapılabildiğinden; Türkiye tamamen yerli olan bu potansiyelini uygun şekilde kullandığı takdirde yüz milyonlarca dolar değerindeki doğalgaz dışalımını bu kaynakla ikame edebilecek bu da hem ülke ekonomisine katkı sağlayacak hem de enerjide dışa bağımlılığı azaltıcı etki yapacaktır. Ayrıca jeotermal üretimin artması durumunda söz konusu kaynağın

<sup>329</sup> REN21, *age*, 75.

<sup>330</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> (18.05.2017).

<sup>331</sup> <http://enerjienstitusu.com/turkiye-kurulu-elektrik-enerji-gucu-mw/> (18.05.2017).

<sup>332</sup> EIA, *Annual Energy Outlook 2015*, 7.

<sup>333</sup> IEA-NEA-OECD, *age*, 54-55.

sanayide, gübrelemede, şehir ve sera ısıtmalarında ve kaplıcalarda kullanılmasıyla ülkenin yılda milyarlarca dolar yurtiçi katma değer sağlaması oldukça mümkündür.

Öte yandan Türkiye’de biyokütle enerji kaynağı olarak yeterince önem arz edilmemiş, tıpkı güneşte olduğu gibi maliyeti yüksek olduğundan söz konusu kaynağa yönelik yatırımlar sınırlı kalmıştır. 2017 itibarıyla Türkiye’de 82 biyogaz santrali bulunmakta olup bu santrallerin kurulu gücü 467 MW’dır.<sup>334</sup> Biyoetanol sektörüne ise canlılık kazandırmak amacıyla 2011’de yürürlüğe giren EPDK kararıyla piyasaya akaryakıt olarak sunulan benzin türlerine Ocak 2013’ten sonra % 2, Ocak 2014’ten sonra da en az % 3 oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş biyoetanol katılması zorunlu kılınmıştır. Ayrıca yerli hammadde ile üretilen biyoetanolün % 2’lik kısmı ÖTV’den muaf tutulmaktadır.<sup>335</sup> Biyoetanolün, petrolle rekabet edebilmesi için bu yakıtın tüketiminden alınan ÖTV ve KDV’nin düşük tutulması çok önemlidir. 2011’e kadar; Türkiye’de kurulu biyoetanol kapasitesi 149,5 milyon litre olup bu kapasite ülkedeki benzin tüketiminin % 7’sini karşılayabilir durumda iken pazarda yer alan biyoetanol benzin tüketiminin % 1’inin çok altında bulunmaktadır.<sup>336</sup>

Elektrik sektöründe de diğer birçok alanda olduğu gibi özelleştirmeler yoğunlaşmaya devam etmiştir. 2001’de çıkarılan 4628 sayılı yasa ile elektrik piyasasında özelleştirilerek bağımsız 21 bölgesel tekele dönüşen dağıtımın; Mayıs 2009’da 2009/11 No’lu Yüksek Planlama Kurulu Kararı ile açıklanan “Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi” ile elektrik dağıtım bölgelerinin özelleştirilmesi sürecine hız verilmiştir.<sup>337</sup> Elektrik üretimi ve kurulu güç bağlamında ise özel sektörün payı bu dönemde kamunun payını çok geride bırakmıştır. 2002’de elektrik kurulu gücünün % 68’i kamunun elindeyken bu oran 2016’da % 25,6’ya düşmüş, elektrik üretiminde ise kamunun payı 2002’de % 62 iken 2016’da bu oran % 17,09’a kadar gerilemiştir.<sup>338</sup>

<sup>334</sup> <http://www.enerjiatlasi.com/biyogaz/> (12.12.2017).

<sup>335</sup> F. Figen Ar, “Biyoetanol Kullanım Zorunluluğunun Türk Ekonomisine Yaratacağı Etkiler”, **Türkiye 12. Enerji Kongresi Bildirileri, 14-16 Kasım 2012** (Ankara: ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, 2012): 7.

<sup>336</sup> *age*, 6.

<sup>337</sup> Olgun Sakarya, “Dağıtım Özelleştirmeleri ve Elektrik Piyasası”, **TMMOB 8. Enerji Sempozyumu Bildirileri, 17-19 Kasım 2011** (İstanbul: Kültür Üniversitesi, 2011): 396.

<sup>338</sup> EÜAŞ, **Elektrik Üretim Sektör Raporu 2016**, 21-22.

Yapılan özelleştirmelerde geçmiş yıllarda olduğu gibi liyakat ikinci planda kaldığından söz konusu kurumların çoğunun verimi düşmüştür. Söz konusu kurumlar, kar odaklı birer şirkete dönüşmüşlerdir. Özelleştirme İdaresi tarafından piyasalarda oluşacak rekabet sonucunda sağlanacak faydaların tüketicilere yansıtılması amaçlanmasına karşın özelleştirme bedellerini taksitlere bağlayan bazı kuruluşların borçlarını ödeyebilmek adına tarifelerde tüketici aleyhine, yatırımcı lehine düzenleme istemişler ve çoğunlukla da istediklerini almışlardır. Öte yandan özelleştirmelerin bir diğer amacı olan kayıp-kaçakların azaltılması konusunda da belirlenen hedeflerin çok altında kalınmış ve oluşan kayıpların faturası da büyük ölçüde tüketicilere yansıtılmıştır. Bunun yanı sıra kayıp-kaçak hedefleri de genel olarak dağıtım şirketlerinin lehine revize edilmiştir ve edilmektedir.<sup>339</sup> 2002’de % 18,49 olan Türkiye’deki kayıp-kaçak oranı 2014’de % 14,82’ye gelmişse de; bu oran, halen dünya ortalamasının 6,5 puan üzerinde olmakla birlikte OECD ülkeleri arasında en yüksek kayıp-kaçak oranını ifade etmektedir. Aşağıda Türkiye ile birlikte bazı ülkelerin 2014 yılı kayıp-kaçak oranları yer almaktadır.

**Tablo 4.7: 2014 İtibariyle Bazı Ülkelerde Elektrik Kayıp-Kaçak Oranları**

Ülke	Elektrik Kayıp-Kaçak Oranı (%)
ABD	5,91
Almanya	3,88
Birleşik Krallık	8,34
Çin	5,47
Fransa	6,35
Güney Kore	3,35
Hollanda	4,77
İtalya	6,99
Japonya	4,39
Rusya	10,03
<b>Türkiye</b>	<b>14,82</b>
<b>Dünya Ortalaması</b>	<b>8,26</b>

Kaynak: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=AT> (14.09.2017).

<sup>339</sup> Pamir, age, 399.

Tabloda görüldüğü üzere; özelleştirmelerin kayıp-kaçakların azaltılmasına istenen ölçüde katkı sunmadığı belirgin olarak görülmektedir. Kamu yararını gözetmek adına özelleştirme politikası izlenecekse bunun elektrik sektöründe deneyimli ve uzman şirketlerin bu süreçte başı çekmesi ve devletle bu konuda işbirliği halinde olunması çok önemlidir. Aksi takdirde bu durum, ülkedeki toplam refahı azaltacaktır.

2002’de Türkiye’de elektrik kurulu gücü 30.000 MW iken 2016’da yaklaşık 79.000 MW’ye ulaşırken elektrik üretimi de 2002’de saat başı 129.000 GW’den 2015’te yaklaşık 260.000 GW’ye yükselmiştir.<sup>340</sup> Elektrik üretiminde kaynakların dağılımı Tablo 4.8’deki gibi olmuştur.

**Tablo 4.8: 2002-2015 Yılları Arasında Türkiye'deki Elektrik Üretiminde Kaynakların Payları**

<b>Enerji Kaynakları</b>	<b>2002 (%)</b>	<b>2015 (%)</b>
Kömür	24,8	29,1
Sıvı Yakıtlar	8,3	0,9
Doğalgaz	40,6	37,9
Hidrolik Enerji	26	25,6
Yenilenebilir Enerji ve Atıklar	0,3	6,5
<b>Toplam</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Kaynak: TÜİK, **Enerji Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kaynak Payları**.

Tabloya bakıldığında neredeyse tamamen ithal bir kaynak olan doğalgazın payının düşmesi olumlu bir gelişme iken kömürün payı yükselmiş ancak ithal kömürün payı yerli kömürün payını geçmiştir. Hidroelektrik üretimin payı ise yakın seviyelerde kalmıştır Sıvı yakıtların payı çok azalmış, yenilenebilir kaynakların payı ise son yıllarda yapılan yatırımların artması sonucu 2002’de % 0,3 iken 2015’te % 6,5’e gelmiştir.<sup>341</sup> Bu süreçte elektrik üretiminde dışa bağımlılık oldukça artmıştır. 2002’de elektrik üretiminin % 61’i yerli kaynaklarla yapılırken bu oran 2015’te bu oran % 45’e düşmüştür. Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkenin elektrik üretiminin yarısından çoğunun dışa bağımlı olması olumlu bir işaret değildir. Bu noktada kömür, hidroelektrik ve yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimine öncelik

<sup>340</sup> [http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369#.WS0afRbov4Y](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369#.WS0afRbov4Y) (21.05.2017).

<sup>341</sup> TÜİK, **age**.

verilmesi bir devlet politikası haline gelmeli ve hükümet bünyesinde bu kaynaklara yönelik yatırımları teşvik edici adımlar atılmalıdır. Bu durum aynı zamanda istihdamı arttırarak ekonomik canlanmaya da katkı sunacaktır.

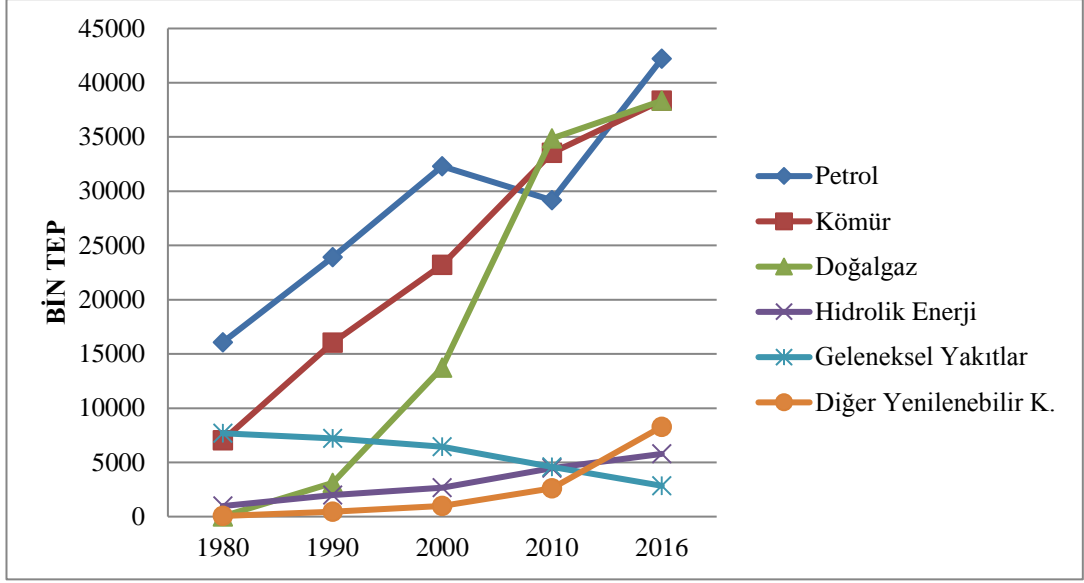
2002-2016 yılları arasında Türkiye’de birincil enerji tüketimi 78,403 BTEP’den 136,229 BTEP’e yükselmiştir. Enerji tüketiminde kaynakların dağılımına bakıldığında; petrolün payı % 39,3’den % 30’a düşmüştür. Kömürün payı 2002’ye yakın seviyelerde kalarak 2002’de % 27 iken 2016’da % 28 olmuştur. Bu süreçte en büyük artış yine doğalgazda yaşanmış % 20,6’dan % 28’e çıkmıştır. Geleneksel yakıtların payı iyice azalmış, % 7,6’dan % 2’ye gelmiştir. Hidrolik enerjinin payı % 3’ten % 4’e gelirken yenilenebilir kaynakları payı da % 1,6’dan yaklaşık % 6’ya ulaşmıştır. Dışa bağımlılık ise biraz daha artmıştır. 2000’de birincil enerji tüketiminin % 67,2’si ithal kaynaklarla karşılanırken bu oran 2015’te % 75,9’a ulaşmıştır.<sup>342</sup> Öte yandan odun ve hayvan ve bitki artıkları gibi ticari olmayan enerji kaynakları olan geleneksel yakıtların enerji tüketimindeki payının çok azalması küreselleşmenin enerji sektöründe iyice etkin konuma geldiğinin bir göstergesidir. Türkiye’de 1980-2016 arası birincil enerji tüketimi ise aşağıdaki gibi olmuştur.

**Tablo 4.9: 1980-2016 Yılları Arasında Türkiye’deki Birincil Enerji Tüketimi**

<b>Enerji Kaynakları</b>	<b>1980 (BİN TEP)</b>	<b>1990 (BİN TEP)</b>	<b>2000 (BİN TEP)</b>	<b>2010 (BİN TEP)</b>	<b>2016 (BİN TEP)</b>
Petrol	16.074	23.901	32.297	29.174	42.204
Kömür	7.034	16.038	23.211	33.544	38.357
Doğalgaz	21	3.110	13.729	34.855	38.338
Hidrolik E.	976	1.991	2.656	4.479	5.782
Geleneksel Y.	7.683	7.208	6.457	4.589	2.843
Diğer Yenilenebilir K.	60	461	978	2.622	8.285
<b>Toplam</b>	<b>31.973</b>	<b>52.967</b>	<b>81.251</b>	<b>109.266</b>	<b>136.229</b>

Kaynaklar: Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi, **Enerji İstatistikleri** (Ankara: 1990), 73, <http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/EnerjiProfili.pdf> (02.10.2017), Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, **2016 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu**.

<sup>342</sup> [http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/54a0872d81aa413\\_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=10](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/54a0872d81aa413_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=10) (22.05.2017).



**Şekil 4.3: 1980-2016 Yılları Arası Türkiye Birincil Enerji Tüketimi**

Kaynaklar: Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi, **Enerji İstatistikleri** (Ankara: 1990), 73. <http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/EnerjiProfili.pdf> (02.10.2017), Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, **2016 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu**.

Enerji üretiminde bu dönemde yenilenemeyen kaynakların payı çok artmış 2002’de yenilenemeyen kaynakların payı % 60 iken 2011’de bu oran % 86-87’lere kadar çıkmıştır.<sup>343</sup> 2000’li yıllardan itibaren gelişmiş ülkelerde genel anlamda enerji üretimi ve tüketiminde yenilenebilir kaynakların payı artarken Türkiye’de bu durum tam tersi bir seyir izlemiştir. Enerji yoğunluğu ise 1992-2011 yılları arasında kriz dönemleri dışında genel anlamda düşüş içinde olmuş 1992’de 0,37-0,38 olan enerji yoğunluğu, 2014’de 0,09’a kadar gelmiştir.<sup>344</sup> Bu süreçte Türkiye’de kişi başına enerji tüketimi ortalama 1.263 KEP, enerji yoğunluğu 0,28 olurken; Dünya Bankası ve EIA istatistiklerine göre 1992-2011 döneminde kişi başı enerji tüketimi ve enerji yoğunluğu gelişmiş ülkelerde ortalama 3.349 KEP ve 0,10, üst orta gelir gelişmekte olan ülkelerde ise ortalama 1.949 KEP ve 0,21 olmuştur. Bu oranlar Türkiye’nin kişi başı enerji tüketiminde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler ortalamasının altında olduğunu, enerji yoğunluğunda ise ortalamanın üzerinde olduğunu göstermektedir.<sup>345</sup> Öte yandan 2000-2015 yılları arasında sektörel bazda enerji tüketimi Tablo 4.10’daki gibi olmuştur.

<sup>343</sup> Yapraklı, **age**, 168.

<sup>344</sup> IEA, **age**, 57.

<sup>345</sup> Yapraklı, **age**, 172-173



**Tablo 4.10: 2000-2015 Arasında Türkiye'nin Sektörler Bazında Enerji Tüketimi**

Sektör	2000 (Bin TEP)	2007 (Bin TEP)	2015 (Bin TEP)
Sanayi	24.501	32.371	31.670
Bina	20.058	28.590	32.660
Ulaşım	12.008	17.282	24.742
Tarım	3.073	3.945	3.958

Kaynaklar: TMMOB Makina Mühendisleri Odası, **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Oda Raporu** (2008), 5, [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJI%20GORUNUMU\\_2017\\_%2825.03%29.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJI%20GORUNUMU_2017_%2825.03%29.pdf) (24.08.2017).

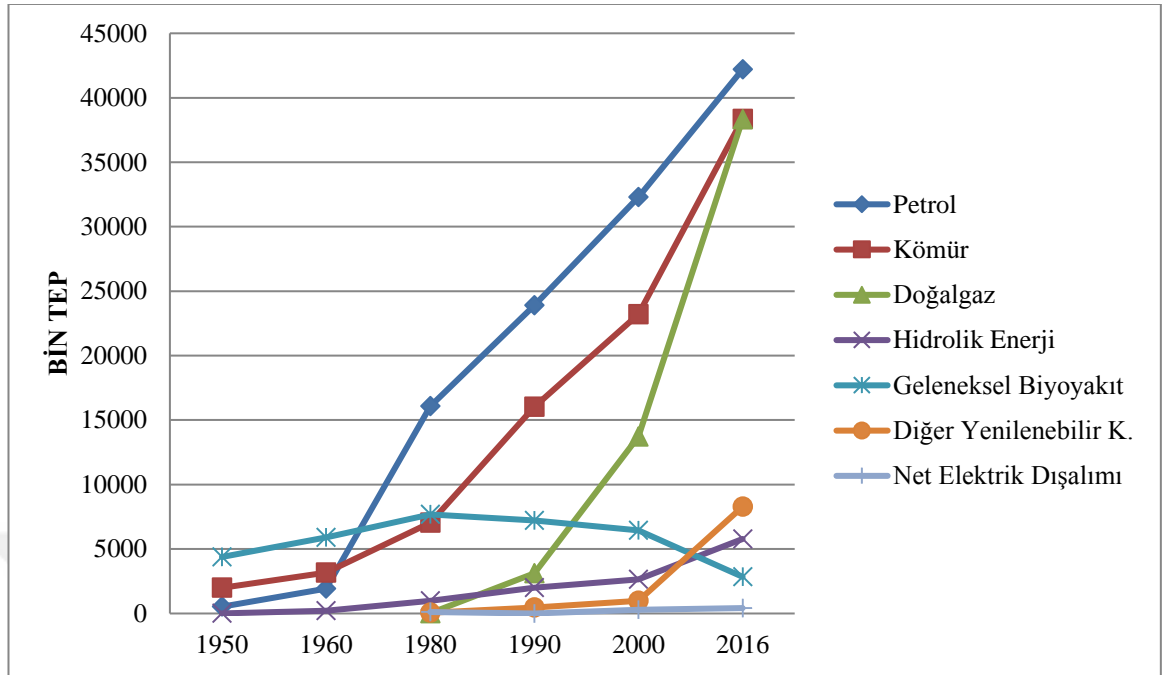
Tabloda; bina, ulaşım ve tarım sektörlerinde, söz konusu süreç içinde enerji tüketiminin istikrarlı olarak arttığı görülürken; sanayi sektöründeki tüketimin 2007-2015 arasında az da olsa azaldığı göze çarpmaktadır. Buradan da sanayide enerji verimliliği anlamında önemli ölçüde gelişim sağlandığını söylemek mümkündür.

Bu süreçte enerji dışalımını çok artmış ve Türk ekonomisinin günümüzde belki de en büyük sorunu olan cari açığın en önemli kalemlerinden birini oluşturmuştur. 2002’de enerji dışalımını 9,2 milyar dolar iken 2015’te bu rakam 55,9 milyar dolara çıkmıştır. Enerji dışalımının; toplam dışalımdaki payı da, 2002’de % 17,8 iken 2015’te bu oran % 26,9’a kadar çıkmıştır. Bu da cari açığı azaltma noktasında; ülkenin enerji politikasının önemini yeterince göstermektedir. Öte yandan enerji dışalımındaki en önemli kalem ise 2010’da Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi’nin (BMGK) İran’a nükleer programından dolayı yaptırım uygulamaya başlamasından sonra gelişmeye başlayan İran’dan ham petrol ve doğalgaz alımları karşılığında yapılan altın ticaretidir. Bu kalem TÜİK istatistiklerinde “gizli veri” olarak verilirken bunun önemli bölümünü İran’la yapılan söz konusu ticaret oluşturmaktadır. 2015’teki 55,9 milyar dolarlık enerji dışalımının 35,6 milyar dolarını bu kalem oluşturmuştur. Ocak 2016’da İran’a olan yaptırımlar resmen kaldırıldığında ise bu kalem de-başka faktörlerin de etkisiyle-azalmış, toplam enerji dışalımını da 37,8 milyar dolara düşmüştür.<sup>346,347</sup>

<sup>346</sup> Pamir, age, 404-405.

<sup>347</sup> TÜİK, **Standart Uluslararası Ticaret Sınıflamasına Göre İthalat, 1996-2017**.

#### 4.2.3. Genel Değerlendirme



Şekil 4.4: 1950-2016 Yılları Arası Türkiye Birincil Enerji Tüketimi

Kaynaklar: Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi, **Enerji İstatistikleri** (Ankara: 1990), 113., Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, **2016 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu**.

Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de 20. yüzyılın ilk yarısında, cumhuriyetin kurulduğu dönemden itibaren kömür, tüketimi en hızlı şekilde artan enerji kaynağı olmuştur. Dünya ölçeğinde 1940 sonrasında ise kömür, tüketimi en hızlı artan enerji kaynağı olarak yerini petrole bırakırken; Türkiye’de de bu duruma paralel bir süreç yaşanmıştır. 1950’den sonra petrolün tüketimindeki artış kömürü geçmeye başlamış; petrol, geleneksel biyoyakıtlar ile birlikte tüketimi en hızlı artan enerji kaynağı olmuştur. 1960’a gelindiğinde ise odun, bitki ve hayvansal atıklar gibi geleneksel biyoyakıtlar, en fazla tüketilen yakıt olmaya devam etmişlerdir.

1960’dan sonra devletin petrol üretimine sağladığı teşvikler ile ülkedeki petrol üretimi hızla artmış, bu da petrol tüketimine önemli ölçüde katkı sağlamıştır. 1960-1976 yılları arasında Türkiye’deki petrol tüketimi 9 katın üzerinde artış göstermiştir. Bu yıldan sonra yaşanan Petrol Krizleri’nin etkisiyle petrolün enerji tüketimindeki payı düşmeye başlamış, daha ucuz bir kaynak olan linyitin, dolayısıyla kömürün payı artış göstermiştir. Aynı şekilde geleneksel biyoyakıtların payı da geçmiş yıllara göre daha hızlı şekilde artmıştır. Hidrolik güç üretimi ise-1974’de yapımı tamamlanan Keban Barajı’nın da etkisiyle-yaklaşık 10 kat artmıştır.

**Tablo 4.11: 1950-2016 Arası Enerji Kaynaklarının Türkiye Birincil Enerji Tüketimindeki Payları**

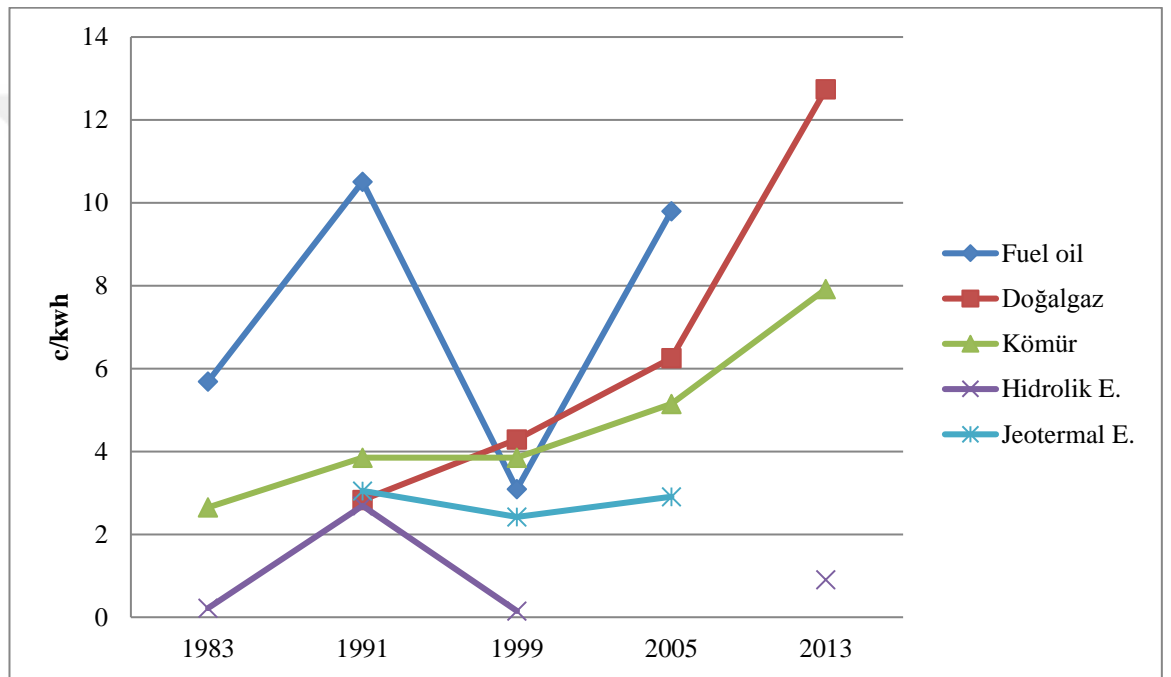
<b>Enerji Kaynakları</b>	<b>1950</b>	<b>1960</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2016</b>
Petrol	% 7,6	% 17,1	% 50,3	% 45,1	% 39,7	% 30,9
Kömür	% 28,7	% 28,3	% 22,1	% 30,9	% 30,6	% 28,1
Doğalgaz	0	0	0	% 5,9	% 16,9	% 28,1
Hidrolik Enerji	% 0,01	% 2	% 3,1	% 3,8	% 3,3	% 4,2
Geleneksel Yakıtlar	% 63,5	% 52,5	% 24	% 13,6	% 8	% 2,0
Diğer Yenilenebilir K.	0	0	% 0,2	% 0,8	% 1,2	% 6,0
Net Elektrik Dışalımı	0	0	% 0,4	% -0,1	% 0,4	% 0,3

Kaynaklar: Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi, **Enerji İstatistikleri** (Ankara: 1990), 114. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, **2016 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu**.

1980'den sonra petrol fiyatlarının yüksek seyretmesinin etkisiyle kömür üretimindeki artış hız kazanmaya devam etmiş, buna karşın petrol tüketimindeki artış düşmüştür. 1986'dan sonra ise petrol fiyatlarının düşmesiyle petrol tüketimi yeniden ivme kazanırken; 1990'a kadar petrol tüketimindeki artış, kömürü geride bırakmıştır. Öte yandan yaşanan Petrol Krizleri ile birlikte; güvenilir bir enerji kaynağı olmaktan büyük ölçüde çıkan petrolün yerine bu dönemde doğalgaz ikame edilmeye başlanmıştır. 1980'lerin ortasından itibaren doğalgaz temin etmeye başlayan Türkiye'de temiz ve bir yakıt olan doğalgazın birincil enerji tüketimindeki payı kademeli olarak artmaya başlarken; petrol ve geleneksel yakıtların payı azalmaya başlamıştır. Doğalgaz santrallerinin kurulum maliyetlerinin düşük olması; doğalgazı elektrik üretiminde oldukça cazip kılmış, doğalgazın ülkeye gelmesiyle birlikte doğalgaz santrallerinin yapımına hız verilmiştir. Hidrolik enerjinin payı ise bu dönemde yapımı tamamlanan Karakaya ve Altinkaya gibi büyük ölçekli HES'lerin de etkisiyle artmaya devam etmiştir. Yenilenebilir kaynakların payı ise jeotermal kaynaklardan sağlanan ısı üretimindeki artışın etkisiyle az da olsa artış göstermiştir.

1990 sonrasında da doğalgaz tüketimi hız kazanmaya devam etmiş, ülkedeki doğalgaz santrallerinin yapımı büyük hız kazanmış, bunun sonucunda da 1990-2000 yılları arasında doğalgazın birincil enerji tüketimindeki payı 11 puan artış göstermiştir. Kömür üretimi ise bu dönemde dalgalı bir seyir izlemiş, 1980 sonrası

neoliberalizmin hız kazanmasının da etkisiyle kömür dışalımını artmaya başlamıştır. 2000'e gelindiğinde kömür; birincil enerji tüketimindeki payını korusa da; bu, kömür dışalımındaki artış ile olmuştur. Petrolün ve geleneksel yakıtların payındaki azalma ise enerji tüketiminde doğalgazın ikame edilmesiyle sürmüştür. Hidrolik enerjinin payı ise; elektrik üretim maliyetleri doğalgaza göre oldukça düşük olmasına rağmen bu süreçte elektrik üretiminde yatırım maliyetleri daha düşük olan doğalgaz santrallerinin yapımına ağırlık verilmesiyle azalırken; yenilenebilir kaynakların payı ise jeotermal üretimdeki artışın sürmesi ve birkaç kurum ve kuruluş ile sınırlı kalsa da güneş enerjisine yönelik çalışmalar ile yaklaşık yarım puan artmıştır.



**Şekil 4.5: 1983-2013 Yılları Arası Türkiye'de Birim Elektrik Üretim Maliyetleri**

Kaynaklar: TEAŞ, **TEAŞ Santralleri Üretim Maliyeti İstatistikleri 1983-1996**, (Ankara: 1997), TEAŞ, **TEAŞ Santralleri İşletme (Sınai) ve Ticari Maliyeti İstatistikleri 1994-1999**, (Ankara: 2000), Türkiye Çevre Vakfı, **Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları**, (Ankara: 2006), 108., EÜAŞ, **Sayıştay Raporu 2013** (Ankara: 2013), 149.

2000 yılından sonraki süreçte de doğalgazın; enerji tüketimindeki payı artmaya devam etmiş, bunda doğalgaz talep tahminlerinin abartılarak gereğinden fazla doğalgaz alımı yapılması ve doğalgaz santrallerinin yatırım maliyetinin düşüklüğünden dolayı bu santrallerin yapımına ağırlık verilmesi etkili olmuştur. 2016'ya gelindiğinde Türkiye'de doğalgazın tüketimi hızla artmaya devam ederek % 28,1'e gelmiştir. Öte yandan bu süreçte kömür dışalımını giderek hızlanmış, 2014'e gelindiğinde ithal kömürün birincil enerji tüketimindeki payı, yerli kömürden 2 puan

fazla olmuştur. 2000’li yıllarda doğalgazın birim maliyetindeki artış, kömüre göre daha yüksek olmasına rağmen; bu durum elektrik üretimine ve toplam enerji tüketimine yansımamış, kömürün enerji tüketimindeki payı bu süreçte 2,5 puan düşerken; elektrik üretimindeki payı 2-3 puan artış göstermiş, bu da ithal kömür kaynaklı olmuştur. Bunun yanı sıra bu dönemde de doğalgazın; enerji tüketimindeki payı artarken; petrol ve geleneksel yakıtların payı azalmaya devam etmiştir. 2016’da petrol en çok tüketilen kaynak olarak yerini korusa da payı iyice düşmüş; geleneksel yakıtların payı da iyice azalmıştır. Yenilenebilir kaynakların payı ise 2010 sonrasında devletin bu yönde yaptığı teşvik ve kolaylıklar sonucu artış göstermiş, bu kaynakların toplam enerji üretimindeki payı % 10’a ulaşmıştır.

### **4.3. Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Potansiyelleri**

Türkiye’nin bugüne kadar izlediği enerji politikalarının niteliğinin daha iyi anlaşılması, değerlendirilmesi ve bünyesinde barındırdığı enerji kaynakları bağlamında geleceğe ışık tutabilmesi açısından, ülkenin sahip olduğu enerji kaynak ve potansiyellerinin incelenmesi yerinde olacaktır.

#### **4.3.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları**

##### **4.3.1.1. Petrol**

Türkiye, petrol rezervleri bakımından dünyanın şanslı ülkelerinden biri değildir. 2016 yılı itibariyle ülkenin üretilebilir ham petrol rezervi 46,2 milyon ton olup, söz konusu rezervlerin bugünkü üretim seviyesi ile yeni rezervler keşfedilmediği takdirde yurtiçi ham petrol rezervinin 18 yıllık bir ömrü bulunmaktadır.<sup>348</sup> Günümüzde Türkiye, petrol tüketiminin yaklaşık % 8’lik kısmını yurtiçi üretimden karşılamaktadır. Öte yandan; Türkiye’nin Karadeniz ve Akdeniz sahalarında önemli ölçüde petrol bulunduğu birçok kez belirtilmiş ve uluslararası petrol şirketleri bu alanlarda maliyeti milyarlarca doları bulan aramalar yapmışlardır. Ancak söz konusu alanlar; günümüzde petrol şirketlerince yeterli ölçüde karlı bulunmadığından, daha sıcak bölgelere yönelmeyi tercih ettiklerinden mevcut potansiyel henüz açığa çıkarılamamıştır.

<sup>348</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol> (24.05.2017).

#### **4.3.1.2. Kömür**

Türkiye; kömür rezervleri yönünden dünyanın önde gelen ülkeleri arasında yer almaktadır. 2012 yılında TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu Başkanı Çetin Koçak'ın sunduğu rapora göre Türkiye'de elektrik üretimine uygun kömür rezervlerinin yerleşkeleri, üretilebilir kömür rezerv miktarları ve elektrik kurulu güç potansiyelleri Tablo 4.12'deki gibidir.



**Tablo 4.12: Türkiye Üretilebilir Kömür Rezervleri ve Elektrik Kurulu Güç Potansiyelleri**

Saha Adı	Üretilebilir Rezerv (Milyon Ton)	Yapılabilir Kurulu Güç (MW)
Afşin-Elbistan	4350	7205
Afşin-Elbistan	490	1250
Adana-Tufanbeyli	350	1050
Adıyaman-Gölbaşı	46	150
Ankara-Çayırhan	190	500
Bolu-Göynük	36	65
Bursa-Orhaneli, Keles	45	-
Çanakkale-Çan	69	-
Çankırı-Orta	65	135
Eskişehir-Mihalıççık	48	-
Konya-Ilgın	125	500
Konya-Karapınar	1270	3900
Kütahya-Tunçbilek	170	450
Kütahya-Seyitömer	172	150
Manisa-Soma	575	1050
Muğla-Milas	206	-
Muğla-Yatağan	43	-
Tekirdağ-Saray	40	175
Sivas-Kangal	85	-
Şırnak-Asfaltit	65	540
<b>Linyit/Asf. Toplamı</b>	<b>8.445</b>	<b>17.120</b>
Bartın-Amasra	125	1100
Zonguldak	197	-
<b>Taşkömürü Toplamı</b>	<b>322</b>	<b>1.100</b>
<b>Genel Toplam</b>	<b>8.767</b>	<b>18.220</b>

Kaynak: Çetin Koçak, “Türkiye’nin Enerji Güvenilirliği ve Üretilebilir Kömür Rezervlerine Dayalı Santrallerin Avantajları”, **Türkiye 12. Enerji Kongresi Bildirileri, 14-16 Kasım 2012** (Ankara: ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, 2012): 4.

Öte yandan Türkiye’de kömür içermesi mümkün olan alanların % 60’ı ayrıntılı olarak aranmamıştır. Türkiye paleocoğrafyasını inceleyen bilim insanları, ülkenin kömür potansiyelinin 25-40 milyar ton arasında olabileceğini belirtmişlerdir. İlgili aramaların yapılması sonucunda; yaklaşık 10-12 milyar dolarlık bir harcama ile ülkedeki kömür rezervlerinin 40 milyar ton düzeyine çıkabileceği tahmin edilmektedir.<sup>349</sup>

#### **4.3.1.3. Doğalgaz**

Türkiye, petrolde olduğu gibi doğalgaz rezervleri yönünden de zengin bir ülke değildir. 2016 sonu itibariyle Türkiye’nin üretilebilir doğalgaz rezervi 18,7 milyar m<sup>3</sup>tür.<sup>350</sup> Günümüzde Türkiye, doğalgaz tüketiminin yaklaşık % 99’unu dışalım yoluyla karşılamaktadır. Öte yandan Türkiye’nin de kıyısının bulunduğu Doğu Akdeniz’de doğalgaz rezervi bakımından büyük bir potansiyelinin var olduğu bilinmektedir. Söz konusu potansiyeli açığa çıkarmak adına birçok uluslararası enerji şirketi, bu sahada arama ve sondaj çalışmaları yapmaktadır. Bölgedeki toplam potansiyele ilişkin birçok kişi ve şirket tarafından çeşitli açıklamalar yapılmakla birlikte toplam rezervin 12-13 triyon m<sup>3</sup> olabileceği söylenmektedir. Bölgedeki mevcut rezervin miktarına ilişkin soru işaretleri bulunsa da, keşfedilecek rezervlerin Türkiye de dahil olmak üzere bölge ülkelerinin enerji ve doğalgaz dengelerini değiştireceği kesindir.

#### **4.3.1.4. Nükleer Enerji**

Günümüzde nükleer enerjinin yapıtaşı konumundaki uranyum, Türkiye’de bol miktarda bulunmamaktadır. Türkiye’de 1990 sonuna kadar devam edilen uranyum aramalarında 9.129 ton uranyum rezervi keşfedilmiştir. Ancak söz konusu rezervler; uranyum üretilebilmesi için dünya standartlarıncaya kabul edilen ekonomik sınırların altında olduğundan uranyum üretimi için tercih edilmemektedir.<sup>351</sup> Yani uranyum yakıtlı, fizyon tepkimeli nükleer teknolojiye geçilmesi durumunda ve yeni, ekonomik yataklar keşfedilmemesi halinde söz konusu uranyum tamamen dışalım ile temin edilecektir.

<sup>349</sup> Önal, “Elektrik Üretiminde Kömürün Önemi”, *age*, 203.

<sup>350</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz> (26.05.2017).

<sup>351</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Uranyum-ve-Toryum> (26.05.2017).



Öte yandan toryum rezervleri bakımından Türkiye, dünyada önde gelen ülkeler arasında bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda Türkiye’de Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören yöresinde 380.000 ton görünür toryum rezervi keşfedilmiştir.<sup>352</sup> Gelecek yıllarda toryum yakıtlı, füzyon tepkimeli nükleer teknolojiye geçiş yapılması halinde söz konusu rezervler, teknolojik yönden geliştirildiği ve zenginleştirildiği takdirde çok daha büyük önem kazanacaktır.

#### **4.3.1.5. Kaya Gazı**

Türkiye’nin kaya gazı potansiyeline ilişkin 500 milyar ile 1,8 trilyon m<sup>3</sup> arasında tahminler yapılmaktadır. Öte yandan 2011’de EIA tarafından yayımlanan dünyadaki kaya gazı kaynaklarının belirtildiği bir raporda Türkiye’nin 424 milyar m<sup>3</sup> düzeyinde çıkarılabilir kaya gazı rezervinin bulunduğu belirtilmektedir. Bunun yanı sıra rapora kaynak oluşturan araştırmada Türkiye’nin tarihsel olarak hidrokarbon aramalarının yoğunlaştığı Trakya ve Güneydoğu Anadolu havzalarına ağırlık verilmiştir. Henüz yeterli derecede incelenmeyen başta İç Anadolu havzası olmak üzere diğer bölgelerinde de kaya gazı rezervleri keşfedilebileceği ifade edilirken; bu durumda çıkarılabilir rezervlerin yeni jeolojik ve sismik veriler elde edilmesiyle artacağı tahmin edilmektedir.<sup>353</sup> Günümüzde kaya gazı rezervleri büyük ölçüde hidrolik çatlatma yöntemiyle çıkarıldığından bu teknolojiye yatırım yapıldığı ve maliyetinde düşüş sağlanabildiği takdirde söz konusu rezervler, Türkiye’nin enerji gereksinimine önemli oranda cevap verebilecek niteliktedir.

#### **4.3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

##### **4.3.2.1. Rüzgar Enerjisi**

Türkiye, rüzgar enerjisi bakımından zengin sayılabilecek bir potansiyele sahiptir. Türkiye’nin Marmara, Ege kıyıları ve Doğu Akdeniz’de Hatay ili yıl boyunca sürekli ve bol miktarda rüzgar almakta ve rüzgar enerjisi üretimine uygun konumda bulunmaktadırlar. Türkiye’de rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından oluşturulan Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası’na (REPA) göre; ülkede rüzgar santrali yatırımının ekonomik olarak uygun

<sup>352</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Uranyum-ve-Toryum> (26.05.2017).

<sup>353</sup> Karşlı, **age**, 29.

olabilmesi için bir bölgede yerden 50 m yükseklikte rüzgar hızının 7 m/s ve üzerinde olması gerekmektedir. Türkiye’de söz konusu kriterler ışığında yapılan ölçümlerde rüzgar enerjisi potansiyelinin 47.849 MW olduğu belirlenmiştir.<sup>354</sup> Türkiye’nin rüzgar kaynak derecesine göre sahip olduğu rüzgar enerji potansiyeli Tablo 4.13’deki gibidir.

**Tablo 4.13: Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli**

<b>Rüzgar Kaynak Derecesi</b>	<b>50 m’de Rüzgar Hızı</b>	<b>Toplam Alan (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Toplam Kurulu Güç (MW)</b>
<b>İyi</b>	7,0-7,5	5.852	29.259
<b>Harika</b>	7,5-8,0	2.598	12.994
<b>Mükemmel</b>	8,0-9,0	1.080	5.400
<b>Sıra dışı</b>	>9,0	39	196
<b>Toplam</b>		9.570	47.849

Kaynak: Necdet Pamir, **Enerjinin İktidarı** 2. bs. (İstanbul: Hayygrup Yayıncılık, 2015), 410.

Öte yandan Türkiye’nin mevcut rüzgar potansiyelinin yarısından fazlası İzmir, Balıkesir, Çanakkale, Manisa ve Hatay il sınırları içinde bulunmaktadır. Söz konusu potansiyelin yaklaşık 37 bin MW’si karada, geri kalanı ise denizde bulunmakta iken bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüzölçümünün % 1.30’u kadardır.<sup>355</sup> Bunun dışında henüz devreye alınmamış 110 milyar KW’lik elektrik üretim potansiyeli ile bu miktar günümüzde Türkiye’nin elektrik tüketiminin % 41’ini karşılayabilecek düzeydedir.

#### **4.3.2.2. Güneş Enerjisi**

36-42 kuzey enleminde bulunan Türkiye, güneş enerjisi bakımından şanslı ülkelerden biridir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) verilerine göre Türkiye’de yıllık toplam güneşlenme süresi m<sup>2</sup>’de ortalama 2.640 saat olup toplam ışınım şiddeti m<sup>2</sup>’de ortalama yılda 1.311 kWh olduğu hesaplanmıştır. Yine güneş enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla EİEİ tarafından oluşturulan Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası’na (GEPA) göre; Türkiye’nin yıllık ortalama güneş ışınımı ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgesel dağılımı Tablo 4.14’deki gibidir.

<sup>354</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> (28.05.2017).

<sup>355</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> (28.05.2017).

**Tablo 4.14: Türkiye'de Bölgelere Göre Yıllık Ortalama Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süresi**

<b>Bölge</b>	<b>Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m<sup>2</sup>-Yıl)</b>	<b>Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)</b>
<b>Güneydoğu Anadolu</b>	1.460	2.993
<b>Akdeniz</b>	1.390	2.956
<b>Doğu Anadolu</b>	1.365	2.664
<b>İç Anadolu</b>	1.314	2.628
<b>Ege</b>	1.304	2.738
<b>Marmara</b>	1.168	2.409
<b>Karadeniz</b>	1.120	1.971

Kaynak: Necdet Pamir, **Enerjinin İktidarı** 2. bs. (İstanbul: Hayygrup Yayıncılık, 2015), 410-411.

Yapılan ölçümlere Türkiye’de henüz devreye alınmamış güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyeli 400 milyar kWh’yi bulmakta olup bu miktar günümüzde tek başına ülkenin elektrik tüketimini karşılamaya rahatlıkla yetmektedir.

#### **4.3.2.3. Biyokütle**

Türkiye’nin biyokütle potansiyeli, biyodizel, biyoetanol ve biyogaz anlamında bakıldığında enerji arzına önemli ölçüde katkı sağlayabilecek kapasitededir. Ülkedeki biyokütle potansiyelini belirlemek için YEGM tarafından oluşturulan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) verilerine göre Türkiye’nin biyokütle potansiyeli şu şekildedir:

**Tablo 4.15: Türkiye'nin Biyokütle Potansiyeli**

Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (TEP/yıl)	1.323.715
Bitkisel Atıkların Enerji Değeri (TEP/yıl)	15.941.321
Kentsel Organik Atıkların Enerji Değeri (TEP/yıl)	2.186.228
Orman Atıklarının Enerji Değeri (TEP/yıl)	855.805
<b>Atıkların Toplam Enerji Değeri (TEP/yıl)</b>	<b>20.307.069</b>

Kaynak: <http://bepa.yegm.gov.tr/> (29.05.2017).

Söz konusu potansiyelle günümüz itibariyle Türkiye'nin toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 13-14'lük bölümü karşılanabilecektir. Öte yandan hayvansal üretim istatistikleri temel alınarak yapılan hesaplamalara göre; Türkiye'de yılda 4 milyar m<sup>3</sup>'ten fazla biyogaz üretimi yapılabileceği tahmin edilmektedir. TMMOB'un 2015'te yaptığı bir çalışmaya göre; Türkiye'deki biyogaz potansiyelinin toplam 35 milyar kWh olduğu belirtilmekte olup bu miktar 2016 itibariyle Türkiye'nin elektrik üretiminin % 12'sini karşılamaktadır.

#### 4.3.2.4. Hidrolik Enerji

Türkiye'nin hidroelektrik anlamında; dünya ölçeğinde yüksek sayılabilecek bir potansiyeli mevcuttur. Türkiye'nin brüt hidroelektrik potansiyeli 433 TWh/yıl, teknik olarak uygulanabilir potansiyeli 216 TWh/yıl, ekonomik olarak uygulanabilir potansiyeli ise 140 TWh/yıl'dır.<sup>356</sup> Hidroelektrik güç üretimi yönünden belirleyici unsur olan ekonomik potansiyel bakımından Türkiye bu alanda dünya toplamının yaklaşık % 1,46'lık dilimine eşittir.<sup>357</sup> Türkiye'de için günümüzde henüz devreye alınmamış yaklaşık 14.000 MW'lık bir kapasiteden söz etmek mümkündür. Bazı çalışmalarda, söz konusu kapasitenin 170 TWh/yıl, toplam kurulabilecek gücün ise 52.000 MW olduğu öne sürülmektedir. Buna karşın yine bazı değerlendirmelerde ise; yapılaşma, barajların su temin nedeniyle kullanımı, iklim değişikliğinin su rejimlerini olumsuz etkilemesi vb. nedenlerle, kullanılabilir potansiyelin daha düşük olabileceği belirtilmektedir.<sup>358</sup> Ülkenin kısa ve uzun vadeli enerji politikaları oluşturulurken; ekonomik hidroelektrik potansiyelin sağlıklı bir biçimde, doğru kişi ve kurumlarca doğru olarak belirlenmesinin önemi büyüktür.

#### 4.3.2.5. Jeotermal Enerji

Türkiye; yoğun tektonik faaliyetli bir bölgede yer almasından dolayı oldukça önemli bir jeotermal potansiyele sahiptir. Yapılan ölçümlerde Türkiye'nin jeotermal potansiyelinin 31.500 MW olduğu hesaplanmıştır. Ülkedeki jeotermal alanların % 79'u Batı Anadolu'da bulunurken; % 8,5'u Orta Anadolu'da, % 7,5'i Marmara Bölgesi'nde, % 4,5'i Doğu Anadolu'da ve % 0,5'i diğer bölgelerde yer almaktadır.

<sup>356</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik> (29.05.2017).

<sup>357</sup> Akpınar, Kömürcü, Kankal, **age**, 4.

<sup>358</sup> Pamir, **age**, 408-409.

Jeotermal kaynakların % 94'ü düşük ve orta sıcaklıklı iken; doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral elde etme, vb.) için uygun olup % 6'sı ise dolaylı uygulamalar (elektrik üretimi) için uygundur.<sup>359</sup>

Dünyanın 7. büyük jeotermal potansiyeline sahip olan Türkiye'de jeotermal kaynaklı elektrik üretim potansiyeli ise öncesinde 600 MW olarak belirlenmiş, ancak yeni keşifler sonucunda söz konusu potansiyel 1000 MW'ye çıkmıştır. Bunun yanı sıra İTÜ Enerji Enstitüsü, yapılacak yeni saha araştırma ve sondaj çalışmalarıyla bu rakamın 2000 MW'ye yükseltilebileceğini belirtmektedir.<sup>360</sup>

#### 4.3.2.6. Dalga ve Gelgit Enerjisi

Türkiye'de dalga enerjisi üretimine en uygun bölge olarak; İzmir-Antalya arası veya tam olarak belirtmek gerekirse Dalaman-Finike arası görülmektedir. Çünkü Güneybatı Anadolu yönünde hakim olan Ege Denizi ve Akdeniz üzerindeki rüzgar potansiyeli, 4-17 kW/m'lik yıllık ortalama dalga gücünde bir yoğunlaşmaya neden olmakta, bu da o bölgeyi dalgadan enerji üretmeye uygun hale getirmektedir. Türkiye'de ortalama dalga yoğunlukları şu şekildedir:

**Tablo 4.16: Türkiye'deki Ortalama Dalga Yoğunluk Değerleri**

Bölge	Güç
Karadeniz	1.96-4.22 kWh/m
Marmara Denizi	0.31-0.69 kWh/m
Ege Denizi	2.86-8.75 kWh/m
Akdeniz	2.59-8.26 kWh/m
İzmir-Antalya	3.91-12.05 kWh/m

Kaynak: Aysel Aydın Kocaeren, **Çevre ve Enerji** (İstanbul: Nobel Yayıncılık, 2016), 259.

Türkiye'de; sadece bir seri/dizi dönüştürücüden yıllık 4-17 kW/m arasında dalga gücü olan sularda, toplam yaklaşık en az 10 TWh/yıl enerji elde edilmesi mümkündür.<sup>361</sup>

<sup>359</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> (30.05.2017).

<sup>360</sup> Tefik Kaya, "Jeotermal Potansiyelimiz", **TMMOB Mühendis ve Makina Dergisi**, c. 56, s. 664 (2015): 25.

<sup>361</sup> Kocaeren, **age**, 259.

#### 4.3.2.7. Hidrojen Enerjisi

Türkiye’de hidrojen yakıtı üretiminde kullanılabilecek olası kaynaklar; hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, deniz-dalga enerjisi, jeotermal enerji ve nükleer enerjidir. Türkiye gibi gelişmekte olan ve teknolojik geçiş aşamasındaki ülkeler açısından, uzun dönemde fotovoltaik güneş-hidrojen sistemi uygun görülmektedir. Fotovoltaik kanallardan elde edilecek elektrik enerjisi ile suyun elektrolizinden hidrojen üreten bu yöntemde, 1 m<sup>3</sup> sudan 108,7 kg hidrojen elde edilmekte olup bu miktar 422 litre benzine eşdeğerdir. Türkiye’nin hidrojen üretimi açısından şanslı yanı uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz’in tabanında depolanmış şekilde hidrojen bulunmasıdır. Karadeniz’in suyunun % 90’ı anaerobiktir ve hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) içermektedir.<sup>362</sup>

Karadeniz’in dip sularından çıkarılan H<sub>2</sub>S’nin % 100 ayrıştırılması sonucu 268,823 \* 10<sup>6</sup> ton hidrojen elde edilmesi mümkündür. Bu miktarın; tek başına Karadeniz’in 180 yıllık enerji gereksinimini karşılayacağı düşünülmektedir. Fosil kökenli veya yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgedeki enerji gereksinimini belli oranda karşılayacağını düşünüldüğünde, bu durumda dip sulardan elde edilen hidrojenden Karadeniz bölgesinin 350 yıllık enerji gereksiniminin karşılanabileceği tahmin edilmektedir.<sup>363</sup>

---

<sup>362</sup> Nihat Öztürk, Mehmet Bilgiç, Cemali Arslan, “Hidrojen Enerjisi ve Türkiye’deki Hidrojen Potansiyeli”, **EMO 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildirileri, 19-21 Ekim 2005** (Mersin: Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Kampüsü, 2005): 2.

<sup>363</sup> Öztürk, Bilgiç, Arslan, **age**, 3.

## 5. GELECEĞE YÖNELİK ÖNERİLER

Ülkelerin izlediği enerji politikaları; onların ekonomik ve politik geleceğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Tarihin akışı incelendiğinde; sahip oldukları enerji kaynaklarını verimli ve akılcı şekilde kullanan ülkelerin geliştiği ve kalkındığı, bunu gerçekleştiremeyen ülkelerin ise sahip oldukları ekonomik potansiyeli açığa çıkaramadıkları net bir şekilde görülmektedir. Bu bağlamda; Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin ekonomik kalkınmayı gerçekleştirebilmek için elindeki kaynakları göz önüne alarak, akılcı enerji politikaları uygulaması şarttır. Türkiye'nin elinde bu anlamda önemli araç ve fırsatlar mevcuttur. Bu bölümde bünyesinde barındırdığı yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynak ve potansiyelleri dikkate alınarak Türkiye'nin; bu kaynaklardan en üst düzey verim elde edebilmek ve ülke ekonomisine doğrudan ve dolaylı olarak katkı sağlamak adına uygulayabileceği politikalar masaya yatırılacaktır.

### 5.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynaklarına İlişkin Politikaların Gözden Geçirilmesi

Türkiye'de günümüze kadar uygulanan enerji politikalarında petrol, kömür, doğalgaz gibi yenilenemeyen kaynaklardan hem yerli üretim anlamında hem de yapılan dışalım sözleşmelerinde yeterince fayda sağlanamadığı net bir şekilde görülmektedir. Enerji, kalkınmanın önkoşulu olduğundan; Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkenin ekonomik yönden kalkınmasında maliyet yönünden halen en uygun konumda bulunan bu kaynaklardan en üst seviyede yararlanmak kilit önem taşımaktadır. Bu kapsamda; yenilenemeyen kaynaklardan geleceğe yönelik en üst seviyede yararlanmak bağlamında nasıl politikalar izlenmesi gerektiği, ülkenin elinde bulunan kaynaklar ve özel konum göz önüne alınarak tartışılacaktır.

### 5.1.1. Petrole Olan Yaklaşımın Değişmesi

Türkiye’de 1980’den sonra neoliberalizm sürecine girilmesiyle ve özelleştirmelerin hız kazanmasıyla TPAO’nun önderliğindeki Türk petrol sektöründeki şirketler, özelleştirmeye alındıktan sonra adeta birer ticari meta olarak görülmeye başlanmışlardır. Söz konusu şirketlerin önemli bir bölümü özelleştirilmiş, 2017 itibariyle devletin elinde TPAO ve BOTAS kalmıştır. Bu iki kurum da 2017’de oluşturulan Varlık Fonu’na devredilmiştir. Yani kısa bir süre içinde hisselerinin çoğunluğunun özelleştirilmesi oldukça mümkündür. Zaten hükümet tarafından da uzun yıllardır söz konusu şirketlerin özelleştirilmek istendiği de bilinmektedir. Böylece TPAO; sahip olduğu bütünleşik yapısından tamamen kopmuştur. Oysa dünyadaki petrol rezervlerine bakıldığında; 2015 itibariyle söz konusu rezervlerin yaklaşık % 79’unun ulusal petrol şirketlerine ait olduğu görülecektir.<sup>364</sup> Bu da ülkelerin genel anlamda ellerindeki petrole sahip çıkmaya verdikleri önemi açıklamaktadır.

Öte yandan Türkiye’de 2016 yılına kadar toplam 4.690 tane kuyu açılmış olup, bu kuyuların 4.617’si karada, 73’ü ise denizlerde bulunmaktadır. Bu döneme kadar toplam 137 ham petrol sahası keşfedilmiştir. Bunun yanı sıra arama ve tespit amaçlı açılan kuyuların sayısı ise 1.667’dir.<sup>365</sup> Bu sayı, Türkiye’nin petrol potansiyelini ortaya koyabilmek açısından oldukça yetersizdir. Ülkenin sahip olduğu petrol kurumlarının satılması ve bu sektörde yabancı yatırımcıyı çekmek için gerekli mevzuatın oluşturulamamasından istenen oranda arama ve sondaj yapılamamıştır.

Petrol sektöründe; gelecek yıllarda verimin arttırılabilmesi için, özelleştirilen petrol şirketlerinin geri alınarak TPAO’nun tekrar eski bütünleşik yapısına kavuşturulması çok önemlidir. Özelleştirmeler söz konusu olsa bile, bu şirketlerin çoğunluk hisseleri mutlaka devlette kalmalıdır. Rafinaj ve dağıtım gibi yüksek gelir getiren sektörlerden de kara ve denizlerde yapılacak arama ve sondaj çalışmalarının maliyeti karşılanabilecektir. Diğer taraftan ülkedeki yüksek verimli ve düşük maliyetli kuyuların keşfi için jeolojik çalışmaların da sağlıklı bir biçimde yapılması gerektiğinden bu sektörü geliştirmek için de son sürat çalışılmalıdır. Petrol aramaları için yabancı yatırımcıları ülkeye çekebilmek için de yasal mevzuatın uygun şekilde

<sup>364</sup> ENI, *age*, 6.

<sup>365</sup> [http://www.pigm.gov.tr/images/pdf/2016/2015\\_Yili\\_Petrol\\_Arama\\_ve\\_Uretim\\_Faaliyetleri.pdf](http://www.pigm.gov.tr/images/pdf/2016/2015_Yili_Petrol_Arama_ve_Uretim_Faaliyetleri.pdf) (09.06.2017).



düzenlenmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Yapılacak çalışmalar ile ülkedeki petrol üretiminin olabilecek en üst seviyede arttırılıp, mevcut petrolden en üst seviyede verim alınması çok önemlidir.

Öte yandan petrol ürünlerini yüksek vergilendirme politikasından dolayı Türkiye, dünyada benzinin en pahalı olduğu ülkelerden biri haline gelmiştir. Türkiye’de petrol ürün fiyatının üzerine ÖTV, onun da üzerine KDV eklendiğinden, petrol fiyatları çok yüksek olmaktadır. Ocak 2017’de kurşunsuz benzinin fiyatı 5,31 TL iken bunun % 60,04’lük kısmını alan vergiler oluşturmaktadır.<sup>366</sup> Bu durumdan dolayı birçok tüketici pahalı benzinden uzaklaşıp oto gaza yönelmekte ve ülkede üretilen benzinin yaklaşık yarısı ülkedeki fiyatın yaklaşık üçte biri fiyatına ihraç edilmekte olup; bu durum ülke ekonomisine milyarlarca dolar zarar vermektedir. Bu yüzden benzinin daha makul bir fiyatla vergilendirilmesi ülke ekonomisine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

Bunun dışında günümüzde BTC ve Kerkük-Yumurtalık olmak üzere iki petrol boru hattı Ceyhan Limanı’na ulaşmakta, buradan da uluslararası pazarlara doğru yönelmektedir. Bu iki hattın Ceyhan’a-tam kapasite kullanılması durumunda-yılda 120 milyon ton petrol ulaşması mümkündür. İlerleyen yıllarda ise Ünye-Ceyhan hattının faaliyete geçmesi halinde ise bu limana varan petrolün yılda yaklaşık 200 milyon ton olmasının önü açılacaktır. Bu durumda Ceyhan Limanı ilerleyen yıllarda gereken yatırımlar gerçekleştirildiği takdirde önemli bir enerji merkezine dönüşebilir. Bu bağlamda; bölgeye gelen ham petrolün işlenerek ihracat altyapısını sağlayabilmek için en az 70 milyon ton kapasiteli bir dizi rafineri inşa edilmelidir. Bu yapıldığı takdirde Türkiye; bu ticaretten yüksek bir gelir elde etme olanağı yakalayacaktır. Bir örnek vermek gerekirse; İtalya çoğu Akdeniz kıyısında bulunan 18 rafinerisi ile yılda 100,8 milyon ton petrol işlemekte, işlenmiş petrol ürünleri ihracatından yılda 6 milyar doların üzerinde bir gelir sağlamakta ve yaklaşık 13.000 kişiyi bu sektörde istihdam etmektedir. Buna ek olarak, söz konusu projenin gerçekleşmesi halinde, bu durum petrol ile bağlantısı olan sektörlerle de çarpan etkisi yaratarak, bölgedeki ekonomik canlılığı arttıracaktır.<sup>367</sup>

<sup>366</sup> Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, **Petrol ve LPG Piyasası Fiyatlandırma Raporu Ocak 2017**, 4.

<sup>367</sup> Bal, Alper, **age**, 354-355.

Dünyada ispatlanan petrol rezervleri dikkate alınarak yapılan hesaplamalara göre; söz konusu rezervlerinin yaklaşık 50 yıl ömrünün kaldığı tahmin edilse de yapılacak keşifler ve petrolü kullanan araçların veriminin artmasıyla, bu sürenin uzaması oldukça mümkündür. Diğer taraftan günümüzde yenilenebilir kaynaklara doğru yöneliş hızlansa da halen düşük maliyeti ile petrol cazip bir konumda olup enerji tüketimindeki yerini en az 20 yıl daha koruması muhtemeldir. Bu süreç içerisinde Türkiye; dışalım yaptığı ülkeleri çeşitlendirerek arz güvenliğini olabildiğinde güvenceye almalıdır. Bunun yanı sıra uzun vadede ise biyoyakıt teknolojisine yatırım yapıp, daha fazla önem atfederek araçlarda kullanımı yaygınlaştırılarak hem petrole olan bağımlılık hem de ekosisteme zarar veren sera gazı salınımları azaltılabilir. Bu noktada ABD'nin bazı eyaletlerinde satılan benzinin % 10 oranında biyoyakıt içermesi zorunlu iken Avrupa Birliği ise 2020'ye gelindiğinde her AB ülkesinin ulaşımında, kullanılan benzinde % 10 biyoyakıt bulundurmasını amaçlamaktadır. İlerleyen yıllarda yapılacak AR-GE çalışmaları sonucunda maliyet düşüşleri yaşanması durumunda, biyoyakıtın payı giderek artacaktır.

### **5.1.2. Kömürün Etkin Kullanımı**

Türkiye'de günümüze dek kömür kaynaklarından etkin bir şekilde yararlandığımızı söylemek güçtür. Ülkede kömür üretimi giderek azalan bir seyir izlemekle beraber kömür dışılımı da giderek artmakta ve Türkiye, kömür rezervi olarak dünyanın zengin ülkeleri arasında yer almasına rağmen; ülke adına bu kaynakta dışarıya bağımlılık giderek artmaktadır. 2015 sonu itibariyle; yerli kömürün enerji arzındaki payı % 13,5'a kadar gerilerken ithal kömürün payı % 15,6'a kadar çıkmıştır.<sup>368</sup> Elektrik kurulu gücünde ise yerli kömürün payı % 12,9 iken elektrik üretimindeki payı da % 13,2'de kalmıştır. Buna karşın ithal kömürün elektrik üretimindeki payı % 15,3 olmuştur.<sup>369</sup> Kömür üretimi ve dışılımı konusunda son yıllardaki eğilime bakıldığında da mevcut dengenin ithal kömür lehine değişeceği anlaşılmaktadır. Dünyada kömür rezervleri yönünden zengin ülkelerin kömür tüketimlerine bakıldığında; ithal kömürün Türkiye'nin enerji tüketiminde diğer ülkelere göre payının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Kömür rezervleri yönünden dünyada

<sup>368</sup> Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, *age*, 23.

<sup>369</sup> *age*, 36.

ilk 15 sıra içinde yer alan bazı ülkelerin; 2015 itibariyle kömür dışalım ve tüketim miktarları Tablo 5.1’de yer almaktadır.

**Tablo 5.1: 2015 İtibariyle Bazı Ülkelerin Kömür Dışalım ve Tüketim Miktarları**

Ülke	Kömür Dışalımı (Mt)	Kömür Tüketimi (Mt)	İthal kömürün tüketimdeki payı (%)
Çin	204	3.721	5,4
Hindistan	221	894	24,7
ABD	11	722	1,5
Almanya	55	236	23,3
Rusya	26	207	12,5
Türkiye	34	93	36,5

Kaynak: <https://yearbook.enerdata.net/coal-lignite/coal-world-consumption-data.html>  
(13.09.2017)., IEA, **Key Coal Trends**, (2016), 7.

Görüldüğü gibi dünyada kömür rezervleri bakımından zengin ülkeler arasında yer alan Türkiye; kömür zengini diğer ülkelerin aksine sahip olduğu rezervlerden yeterli ölçüde yararlanamamakta ve tükettiği kömürün üçte birinden fazlasını dışalımla karşılamaktadır.

Oysa ülkelerin gelişmişlik evrelerine bakıldığında; gelişmekte olan ülkelerin ekonomik kalkınma dönemlerinde genel anlamda maliyet yönünden en uygun kaynak konumunda olan kömüre yönelmiş oldukları görülecektir. Nitekim günümüzde de; Çin, Hindistan, Güney Afrika, Polonya, Sırbistan gibi gelişmekte olan ülkeler enerji tüketimlerinin yarısından fazlasını kömürle karşılamaktadır. Enerji arzının uygun şekilde sağlanması; ekonomik kalkınmanın önkoşulu olduğundan, Türkiye’nin de ekonomik kalkınmayı gerçekleştirebilmek için elinde bulunan kömür rezervlerinden en etkin biçimde yararlanması çok önemlidir.

Türkiye’nin 2017 itibariyle TMMOB Makine Mühendisleri Odası’nın yaptığı çalışmaya göre; henüz devreye alınmamış 106 milyar kWh’lik yerli linyit üretim potansiyeli bulunmakta olup buna ülkenin halihazırda bulunan kurulu gücü de eklendiğinde oluşan miktar Türkiye’nin günümüzdeki elektrik ihtiyacının yarısından

fazlasına cevap olabilecek niteliktedir.<sup>370</sup> Öte yandan kömür üretimi sırasında havaya yüksek miktarda NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> gazları yayıldığından bu durum doğal yaşam ve ekosisteme zarar vermekte ve tepkilere neden olmaktadır. Bu bağlamda kömür santrallerinin yapılacağı bölgelerde uygun ÇED çalışmaları yapılmalı ve bu anlamda oluşabilecek toplumsal maliyeti en alt seviyeye indirecek şekilde çalışmalar yürütülmelidir. Söz konusu etkileri en aza indirmek adına kömür üretimi sırasında açığa çıkan gazları yaklaşık % 90 oranında azaltan ve maliyet yönünden de nispeten uygun konumda bulunan akışkan yataklı yakma teknolojisiyle üretim yapılması mantıklı olacaktır. Türkiye’de bugüne dek belirlenen üretilebilir linyit rezervleri göz önüne alındığında; yılda 150 milyon ton linyit üretimi yapılırsa bile (Bugüne kadar gerçekleştirilen en yüksek üretim 74 milyon ton) mevcut rezervler ülkeye rahatlıkla 50 yıl yetebilecek durumdadır.

Öte yandan Türkiye’de taşkömürü rezervlerinden de yeterince yararlanılamamaktadır. 2016 itibariyle Türkiye’de taşkömürü üretimi 1,3 milyon tona kadar gerilerken yerli üretim toplam tüketimin sadece % 3,6’sını karşılamıştır.<sup>371</sup> Türkiye’de taşkömürü sektöründe yüksek üretim maliyetleri ve verimsizlik faktörleri öne sürülerek; söz konusu rezervlerin bulunduğu havzalara gerekli yatırımlar yapılmamış, bunun sonucunda da kömür dışalımını iyice artmış ve bu durum cari açığı biraz daha tırmandırmıştır. 2001’den itibaren hızla artan dışalımın sonucunda fatura 30 milyar doların üzerine çıkmıştır. Taşkömürü; demir-çelik, çimento, elektrik ve ısınma gibi birçok sektörde yoğun olarak tüketildiğinden Türkiye’de kanıtlanmış taşkömürü rezervlerinden gerekli yatırımların yapılıp uygun şekilde faydalanılması çok önemlidir. Diğer taraftan dışalım ile temin edilen kömürün mümkün olduğu kadar katma değeri yüksek olan sektörlerde değerlendirilmesi gerekir. Türkiye’de yılda 10 milyon ton taşkömürü üretimi yapıldığı takdirde eldeki rezervler, ülkeye 30 yıl yetecek ve dışa bağımlılık azalacaktır. Bunun dışında linyit ve taşkömürü üretimlerinin artırılması halinde; son yıllarda kömür dışalımının iyice artması sonucu bu sektörde giderek azalmakta olan istihdamı da yükselterek, ülke ekonomisini canlandırıcı etki yapacaktır.

---

370

[https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJİ%20GORUNUMU\\_2017\\_%2825.03%29.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJİ%20GORUNUMU_2017_%2825.03%29.pdf) (03.07.2017).

<sup>371</sup> Türkiye Taşkömürü Kurumu, **Taşkömürü Sektör Raporu 2016**, 27-28.

### 5.1.3. Türkiye İçin Doğalgaz Fırsatları

Türkiye'nin yakın çevresinde doğalgaz zengini pek çok ülke bulunmasına rağmen; Türkiye'nin bugüne kadar bundan uygun şekilde yararlanıp doğalgaz arzında çeşitliliği yeterli ölçüde sağlayamamış ve ekonomik yönden kendisi adına avantajlı anlaşma ve sözleşmeleri hayata geçirememiştir. Türkiye; 2015 itibariyle doğalgaz dışalımının % 55,3'ünü Rusya'dan yaparken; bu durum Türkiye'nin doğalgaz alımlarında Rusya'ya olan bağımlılığının boyutunu göstermektedir.<sup>372</sup> Buna ek olarak elektrik üretiminin de yaklaşık üçte biri doğalgaz santralleri kullanılarak yapılmaktadır. Bu etkenler; Rusya gibi güçlü bir ülke karşısında ekonomik ve politik konularda Türkiye'nin elini oldukça zayıflatmaktadır.

Doğalgaz alımlarında arz çeşitliliğini sağlamanın önemli büyük olup herhangi bir ülkenin payının-özellikle ekonomik ve politik anlamda sizden güçlü bir ülkenin-en azından % 30'u geçmemesi gerekir. Türkiye; bu anlamda şanslı bir ülkedir. Yakın çevresinde Rusya'nın yanı sıra boru hatlarıyla doğalgaz alımı yapabileceği İran, Katar, Türkmenistan, Azerbaycan, Irak, BAE ve Suudi Arabistan gibi birçok doğalgaz zengini ülke bulunmaktadır. Bugüne kadar Irak, BAE ve Suudi Arabistan seçenekleri gündeme gelmemiş, Katar'dan sınırlı düzeyde alım yapılmıştır. Türkmenistan ile de 1999'da anlaşma imzalanmış ancak uygulanmamıştır.

Doğalgaz arzında birçok ülke arz çeşitliliğini sağlamanın önemini kavramış, bu yönde adımlar atmıştır. Örneğin 2015 itibariyle yılda 103 milyar m<sup>3</sup> ile dünyanın en büyük ikinci doğalgaz tüketicisi konumunda olan Almanya; Rusya dışında yakın çevresinde doğalgaz zengini bir ülke bulunmamasına karşın Almanya'nın doğalgaz tedarikinde Rusya'nın payı Türkiye'den 13 puan düşük olup, % 42'dir. Fransa'nın doğalgaz alımlarında ise en yüksek pay % 45 ile ekonomik ve siyasi güç olarak kendisine göre küçük çaplı bir ülke olan Norveç'e aittir. Dünyanın en fazla doğalgaz tüketimi yapan ülkesi olan Japonya'da ise doğalgaz alımlarında ilk sırayı % 22 ile Avustralya alırken, ikinci sırada % 17 ile Endonezya gelirken, üçüncü sırayı % 15 ile Katar almaktadır.<sup>373</sup> Türkiye ise; çevresinde bulunan doğalgaz zengini ülkelerin fazlalığına karşın; gerekli arz çeşitliliğini sağlayamamasının dışında doğalgaz

<sup>372</sup> Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, *age*, 7.

<sup>373</sup> ENI, *age*, 70-71.

alımında her yıl milyarlarca dolar ticaret açığı verdiği Rusya'ya büyük ölçüde bağımlı kalmaya devam etmiştir.

Bunun yanı sıra Türkiye; doğalgaz temini yapacağı ülkeleri çeşitlendirmeye yönelik adımlar atmaya başladığı takdirde Türkiye'ye doğalgaz ihracatçısı ülkelere ekonomik yönden daha cazip teklifler gelmesinin önü açılacaktır. Çünkü hiçbir ülke doğalgaz piyasasındaki yerini, önemini ve doğalgaz satışlarından sağlayacağı gelirleri kaybetmek istemeyecektir. Bulduğu coğrafyada önemli bir bölgesel güç olan Türkiye; ekonomik olarak kazançlı doğalgaz anlaşmalarını yapabilmek adına elinde bulundurduğu ekonomik, siyasi vb. kozları etkin olarak kullanabildiği takdirde istediği sözleşmeleri elde etme şansı artacaktır.

Türkiye'nin doğalgaz sektöründe dikkatle üzerinde durması gereken bir başka nokta Doğu Akdeniz'deki potansiyel doğalgaz rezervleridir. Uluslararası enerji şirketlerinin-özellikle İsrail, Mısır, Kıbrıs Rum Kesimi (KRK) ve Lübnan sahalarında-yaptığı aramalarda bölgede yaklaşık 2,5 trilyon m<sup>3</sup>'lük bir rezerv keşfedilmekle birlikte 8 trilyon m<sup>3</sup>'lük bir rezervin potansiyel varlığından söz edilmektedir.<sup>374</sup> Türkiye tarafında ise; Türkiye, Yunanistan ve KRK arasında doğalgaz arama bölgelerinin paylaşımındaki sorunlardan dolayı bölgede henüz geniş çaplı bir arama yapılamamıştır. Türkiye'nin bu konuyu çeşitli platformlara taşıyarak çözüme kavuşturması çok önemli olup, söz konusu bölgede keşfedilecek potansiyel rezervlerin; ülkenin enerji çehresini değiştirebileceği unutulmamalıdır. Bu bağlamda; muhatap ülkelerle arama bölgelerinde anlaşılması durumunda bölgede yapılacak sismik arama-potansiyel-maliyet analizinin iyi yapılması gerekmektedir. Bölgede yapılacak aramalara uygun gemilerin inşası da gerekli olup bu anlamda gemi inşaat sektörüne hız vermek önemli olacaktır.

Türkiye'de doğalgaz tüketiminin en büyük bileşenini elektrik üretimi oluşturmaktadır. Birkaç yıl öncesine kadar doğalgaz tüketiminin yaklaşık % 45-46'sı elektrik üretimi için kullanılırken 2015'te bu oran, yenilenebilir kaynakların elektrik üretimindeki payının artmaya başlamasıyla düşerek % 39,61 olmuştur.<sup>375</sup> Türkiye'de yenilenebilir kaynakların elektrik üretimindeki payının kademeli olarak artırılıp, neredeyse tamamen ithal bir kaynak olan doğalgazın payının azaltılması önemli

---

<sup>374</sup> Pamir, *age*, 365-366.

<sup>375</sup> Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, *age*, 51.

olacaktır. Kısa vadede yerli kaynaklar olan kömür ve hidrolik enerjinin, uzun vadede ise elektrik üretim maliyetleri giderek düşen rüzgar, güneş ve jeotermal gibi enerji kaynaklarının payının arttırılması yerinde olacaktır. Bu durum doğalgaza olan talebi de azaltarak doğalgaz dışalım faturalarının yaklaşık 10 milyar dolar düşmesini sağlayabilecektir. Aynı zamanda enerjide dışa bağımlılığı da azaltıcı etki yapacaktır.

Türkiye’de doğalgaz hususunda gözetilmesi gereken önemli noktalardan birisi de; doğalgaz talebinin tahmini konusudur. Doğalgaz talep tahminlerinin; enerji politikaları oluşturulurken 20-25 yıllık sürelerle Enerji Bakanlığı’nın devletin çeşitli birimleriyle işbirliği sonucu sağlıklı bir şekilde yapılması büyük önem arz etmektedir. Çünkü doğalgaz alım anlaşmalarının çoğu “al ya da öde” koşulunu içerdiğinden, arz fazlasının oluşması durumunda maddi yönden önemli ölçüde zarar edilmesi son derece mümkündür. Bu bağlamda; ülke tüketiminin yaklaşık % 20’si ölçeğinde bir doğalgaz depolama kapasitesinin bulunması yararlı olacaktır. Nitekim birçok ülkede bu durumun varlığı göze çarpmaktadır. Söz konusu oran Ukrayna’da % 49, ABD’de % 18, Almanya’da % 19, Fransa’da % 20, İtalya’da % 30’dur.<sup>376</sup> Türkiye’de doğalgaz depolama kapasitesinin 2020’de tamamlanması beklenen Tuz Gölü Doğalgaz Depolama Tesisi’nin tamamlanmasıyla yaklaşık 4 milyar m<sup>3</sup>e ulaşması beklenmektedir. Bu miktar günümüz doğalgaz tüketiminin bile yaklaşık % 8’i kadar olup, söz konusu kapasitenin yapılacak yatırımlarla ilerleyen yıllarda doğalgaz tüketiminin artacağı da düşünülerek en azından 10 milyar m<sup>3</sup>e çıkartılması akılcı olacaktır. Bu yapıldığı takdirde doğalgaz tüketiminde oluşacak fazlanın ilerleyen yıllarda gerekli durumlarda kullanımının yanı sıra mevcut gazın dış ülkelere ihracı da yapılarak ek bir gelir sağlanması da mümkün olabilecektir.

#### **5.1.4. Nükleer Enerji ve Türkiye**

Türkiye’de uzun yıllar süren tartışma ve görüşmelerden sonra 2010’da Rusya ile Akkuyu’da nükleer santral kurulmasına yönelik anlaşmaya varılmış, daha sonra yetkililer tarafından yapılan açıklamalarda santralin ilk ünitesinin 2022’de, tamamının ise 2025’te hizmete açılacağı belirtilmektedir. Toplam kurulu gücü 4800 MW olacak santralin yaklaşık 36.000 GW elektrik üretimi yapacağı beklenmektedir. ETKB’nin 2015-2024 yılları arası için yaptığı elektrik enerjisi talebi öngörülerinde;

---

<sup>376</sup> Pamir, *age*, 349.

2023'e gelindiğinde elektrik enerjisi talebinin 413.980 GW olacağı tahmin edilmekte olup<sup>377</sup>, bu yılda söz konusu santralin tamamı devreye alınsa bile toplam elektrik talebinin sadece % 8'ini, elektrik enerjisi talebindeki genel artış eğilimi göz önüne alındığında santralin tüm ünitelerinin tamamlanmasının öngörüldüğü 2025'te ise Akkuyu Santrali'nin toplam talebin yaklaşık % 7'sini karşılayabileceği öngörülmektedir.

Akkuyu Santrali'nin maliyeti 20 milyar dolar olarak açıklanırken; buna karşın kömür ve hidrolik enerji gibi gerek yatırım gerek de işletme ve yakıt maliyetleri yönünden daha hesaplı konumda bulunan ve yerli olan bu kaynaklar yeterince değerlendirilmeden nükleer seçeneğine yönelmek düşündürücüdür. Türkiye'de henüz hayata geçirilmemiş 13.000 MW gücünde hidrolik enerji, 18.000 MW gücünde de kömür kurulu gücü potansiyeli bulunmaktadır. Günümüzdeki santral maliyetlerine bakıldığında; Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS) kurulu gücünde bir hidroelektrik ya da kömür santralinin devreye alınması halinde söz konusu yatırım maliyeti yaklaşık 10 milyar dolar düşebilecektir. Ayrıca NGS'lerin işletme maliyetleri de oldukça yüksek olduğundan Akkuyu Santrali'nin devreye alınması halinde daimi ve yüklü bir maliyet ile daha karşı karşıya kalınacaktır. Bunun yanı sıra nükleer atık konusu ise belirsiz bir durumdadır. Rusya'nın söz konusu atıkları almaması halinde ise; bu durumun beraberinde getireceği toplumsal maliyetin dışında bu atıkları depolamanın günümüzde etkin bir yolu bulunmadığından, bu atıkların depolanması için milyarlarca dolarlık bir harcama gerekecektir. ABD ve İngiltere gibi gelişmiş ülkelerin bu doğrultuda bugüne dek on milyarlarca dolar harcama yaptığı bilinmektedir.

Öte yandan fizyon tipi nükleer teknolojiye geçiş, enerjide dışa bağımlılığı biraz daha arttıran bir unsur olacaktır. 2014 itibariyle birincil enerji tüketiminin % 75'ini dışalım yoluyla karşılayan Türkiye'nin köklü bir nükleer enerji geçmişi bulunmamaktadır. Türkiye'de bu tarihten sonra nükleer enerji konusunda üst düzey eğitim veren kurum ve enstitüler kurulsun bile; söz konusu eğitimin tamamlanması 6-7 yıl sürmekte olup, bu alanda uzmanlaşmak için ise onlarca yıl geçmesi gerekmektedir. Bu süreçte, Akkuyu NGS'nin devreye alınması halinde herhangi bir

---

<sup>377</sup> TEİAŞ, **Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2015-2019)** (Ankara, 2015), 16.



teknik sorunla karşılaştığında ya da bakım-onarım çalışmalarında dış yardım alınması muhtemel olacaktır. Bunun dışında enerjide Türkiye'nin Rusya'ya olan bağımlılığı bir kat daha artacaktır. Halihazırda doğalgaz dışalımının yarısından fazlasını, kömür dışalımının da % 30'undan fazlasını Rusya'dan karşılayan Türkiye; bir enerji kaynağında daha bu ülkeye bağımlı hale gelecektir. Oysa ekonomik kalkınmanın önkoşulu olan enerjide; yerli kaynaklardan en üst seviyede yararlanmak ve verim elde etmek büyük önem taşımaktadır. Ülkelerin kalkınma dönemlerine bakıldığında; yerli ve maliyeti uygun olan kaynakların genel anlamda bu alanda başı çektiği net bir şekilde görülecektir.

Türkiye'de hayata geçirilmesi düşünülen bir diğer nükleer proje olan Sinop NGS'de de yine birçok soru işareti bulunmaktadır. 4 ünitesi olan ve her birinin 1120 MW gücünde olması planlanan söz konusu santral, düzenlenen ihalede Japon Mitsubishi ve Fransız Areva ortaklığına verilirken; santralin maliyetin 22 milyar dolar olarak açıklanmıştır. Ancak santral yatırım maliyetlerinin; inşaatı yapan firma tarafından inşaat süresince revize edildiği ve sürekli olarak arttığı da bilinmektedir. Bunun dışında Sinop'taki santrale inşa edilecek reaktörlerin tipi olan ATMEA1, Fransız Güvenlik Kurumu ASN'den henüz güvenlik lisansı alamamıştır.<sup>378</sup> Ayrıca Areva şirketi, Finlandiya'daki bir nükleer santral projesini 10 yıl gecikmeyle tamamlamış ve projede bütçeyi çok aşan giderler nedeniyle Finlandiya Elektrik İdaresi ile mahkemelik olmuştur.<sup>379</sup> Diğer taraftan nükleer teknolojiye sahip ülkelerin, teknolojilerini dış ülkelere pazarlamak amacıyla ciddi anlamda lobi faaliyetlerinde buldukları da bilinen bir gerçektir. Bu noktada Türkiye; uygulamayı düşündüğü enerji projelerini derin bir süzgeçten geçirmeli, projelerin verildiği şirketler mercek altına alınmalı ve ülke çıkarına uygun olmayan projelere kesinlikle lisans verilmemelidir. Aksi takdirde yüklü bir toplumsal ve ekonomik maliyet ile kolayca karşı karşıya kalınabilecektir.

Sonuç olarak nükleer enerji; Türkiye için diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında karlı bir yatırım olarak gözükmemektedir. Nükleer teknolojinin yerine kısa vadede kömür ve hidroelektrik santrallerin tercih edilmesi, uzun vadede ise maliyetleri giderek düşen rüzgar, güneş, jeotermal vb. yenilenebilir kaynaklara yönelmek akılcı olacaktır. Böylelikle hem giderek büyümekte olan cari açığı biraz

---

<sup>378</sup> Pamir, age, 425.

<sup>379</sup> <http://www.hurriyet.com.tr/areva-icin-10-milyar-dolarlik-kurtarma-plani-40327049> (03.07.2017).

daha tırmandırabilecek bir unsur ortadan kalkacak hem de enerjide dışa bağımlılık önemli ölçüde azalacaktır.

### 5.1.5. Bor'un Önemi

Bor madeni; günümüzde enerji sektöründe konvansiyonel bir enerji kaynağı olarak bilinmese de; birçok bilim insanı tarafından geleceğin yakıtı olarak nitelendirilmekte olup ilerleyen yıllarda kullanım alanlarının giderek yaygınlaşacağı ve enerji tüketiminde öneminin çok artacağı tahmin edilmektedir. Dünya kanıtlanmış bor rezervlerinin 950.000 bin ton ile % 72,9'una sahip olan Türkiye'nin ise bu konudaki önemi ilerleyen yıllarda çok artabilecektir.<sup>380</sup> Çünkü bordan sadece cam ürünleri ve deterjan üretilmesi halinde bile Türkiye'den sonra en büyük rezervlere sahip olan ABD ve Rusya'ya ellerinde bulunan rezervler sırasıyla 40 ve 55 yıl yetecek iken Türkiye'deki rezervlerin ise yaklaşık 550 yıl boyunca yeteceği belirtilmektedir.<sup>381</sup> Bunun yanı sıra Türkiye'deki bor yataklarının tenörü yüksek olduğundan bu durum, kaynağın verimliliğini arttırmakta ve üretim maliyetini azaltmaktadır. Bu durumda da Türkiye'nin elindeki bor madenlerini denetim altına alıp, ülkede bu madenin kullanıldığı ürünlere yönelik yatırım yapması büyük önem taşımaktadır.

Borun dünya piyasasındaki konumuna bakılırsa; saf olarak bor madeninin % 90'ı bor üretiminde, % 10'u da sanayi işletmelerinde kullanılmaktadır. Bor madenlerinin dünyadaki yıllık toplam piyasası 100-150 milyon dolar civarında iken bunun yaklaşık 125 milyon doları Türkiye'nin sattığı bor madeninden gelmektedir. Öte yandan boraks, borik asit ve sodyum perborattan oluşan bor ürünlerinin ise dünya piyasasındaki yeri ise 1,5-2 milyar dolardır.<sup>382</sup> Bu ürünler, borun kullanıldığı ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. 2016 itibariyle dünyadaki bor ürünlerinin % 50'sini Eti Maden ihraç ederken; bu satışlardan 679 milyon dolar gelir sağlamıştır.<sup>383</sup> Ancak Eti Maden; söz konusu piyasanın maddi olarak sadece % 22'sine sahipken diğer taraftan US Borax şirketi için bu oran % 70'tir. Bu durumun sebebi de büyük ölçüde US Borax şirketi sadece rafine edilmiş ürün satarken Eti Maden'in hem rafine

<sup>380</sup> Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, **Bor Sektör Raporu 2017** (Ankara, 2017), 20.

<sup>381</sup> Hasan Çetin, **Bor Kapamı**, 3. Bs. (İstanbul: E Yayınları, 2006), 282.

<sup>382</sup> **age**, 7-8.

<sup>383</sup> Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, **age**, 26.

hem de konsantre ürün satması ve de Eti Maden'in sadece US Borax'ın kendisine bıraktığı alanlarda üretim yapabilmesidir.<sup>384</sup>

Günümüzde bor; cam, seramik, elektronik, kimya, ilaç ve tıbbi cihaz, uzay, havacılık ve savunma sanayiinde, tarım ve deterjan sektörlerinde, alev geciktirici maddelerin yapımında ve enerji depolamada kullanılmaktadır. 2016 itibariyle küresel ölçekte bor tüketiminin % 48'i cam sanayiinde, % 15'i tarımda ve seramikte, % 2'si de deterjan ve temizlikte kullanılmıştır. Geriye kalan % 18,8'lik pay ise elektronik ve iletişim sektörü, uzay ve hava araçları, nükleer uygulamalar, askeri araçlar, yakıtlar ve polimerik malzemeler, nano teknolojiler, otomotiv ve enerji sektörü, metalürji ve inşaat sektörlerine aittir.<sup>385</sup> Türkiye'de ise Eti Maden aynı yılda 65 bin ton bor satışı yaparken; gerçekleştirilen satışların sektörlere göre dağılımı Tablo 5.2'deki gibidir.

**Tablo 5.2: Türkiye'deki Yurtiçi Bor Satışlarının Sektörlere Göre Dağılımı**

Sektör	Yurtiçi Bor Satış Miktarı	
	Miktar (ton)	Pay (%)
Cam	26.000	% 40
Seramik	22.100	% 35
Tarım	4.550	% 7
Temizlik	3.250	% 5
Kimya	1.950	% 3
Diğer	7.195	% 11
<b>Toplam</b>	<b>65.045</b>	<b>% 100</b>

Kaynak: Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, **Bor Sektör Raporu 2017** (Ankara, 2017), 27.

Borun gelecekte kullanım alanlarının, katma değeri daha yüksek olan sektörlere yöneleceği konusunda birçok görüş bulunmaktadır. Borun; kara ve deniz ulaşımında yakıt olarak kullanılabilmesi noktasında yapılan araştırmalar olumlu sonuçlara doğru gitmektedir. İlerleyen on yıllarda yapılacak çalışmalar sonucu önemli maliyet düşüşleri yaşanması halinde, bor ile çalışan araçlar çok daha cazip hale gelebilecektir. Çünkü son derece yüksek bir enerji yoğunluğuna sahip olan bor, günümüzde konvansiyonel yakıt konumunda olan petrolden çok daha fazla enerji

<sup>384</sup> Mustafa İlbaş, **Enerji-Politik Dünya ve Türkiye**, (Ankara: Berikan Yayınevi, 2014), 124.

<sup>385</sup> Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, **age**, 7.

barındırmaktadır.<sup>386</sup> Bunun yanı sıra borun rafine bir bileşiği olan magnezyum diboridin, Japon bilim insanları tarafından geleceğin süper iletkeni olabileceği keşfedilmiştir. Magnezyum diborid; diğer element ve bileşiklere göre kritik sıcaklığı çok daha yüksek olduğundan, bu durum onu ucuz ve verimli bir alternatif haline getirmektedir. Süper iletkenler; enerji santrallerinden kentlere verimli enerji iletimi, güçlü mıknatıs isteyen uygulamalar (MR cihazları, Maglev trenleri, vb.), büyük miktarlarda enerjinin manyetik alanlarda depolanması ve mikro elektronikte istenmeyen ısınmanın önlenmesi gibi birçok uygulama alanına sahiptir.<sup>387</sup>

Dünya kanıtlanmış bor rezervlerinin neredeyse dörtte üçüne sahip olan Türkiye ise bor konusuna gereken önemi vermeli, bu madenin kullanım olanaklarını çok iyi bir şekilde etüt etmelidir. Bor ve bor ürünlerini araştırmak için kurulan BOREN gibi kurumlara hükümet bazında gereken ödenek aktarılmalı ve bu konuda yapılacak AR-GE çalışmaları devlet tarafından teşvik edilmeli ve desteklenmelidir. Bor ürünleri ve kullanım alanları bugün ve gelecek için doğru bir şekilde saptanmalı, kısa ve uzun vadeli planlamalarla ekonomi ve piyasa koşulları da göz önüne alınarak borun kullanıldığı sektörlerde yerli sanayici ve yatırımcılar düşük faizli kredilerle desteklenmeli ve mevzuat yönünden de gereken kolaylıklar sağlanmalıdır. Bor ve bor ürünlerinin kullanıldığı katma değeri yüksek sektörlerde ülke çapında bilgi birikimini arttırmak amacıyla ise ülkedeki başarılı öğrencilere devlet çapında burs vermek suretiyle yurtdışına göndermek de ülkenin geleceği açısından faydalı olacaktır.

## **5.2. Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Değerlendirilmesi**

Dünya genelinde yenilenebilir kaynakların payı giderek artarken; Türkiye'nin de bu konuda dünyadan geri kalmaması ülkenin geleceği açısından büyük önem arz etmektedir. Maliyeti giderek düşen ve fosil yakıtlar ile rekabet edebilecek düzeye giderek yaklaşan yenilenebilir kaynakların, enerji tüketiminde payının kademeli olarak artırılması ve bu endüstriye ağırlık verilmesi; ülkenin hem enerjide dışa bağımlılığını azaltacak hem de ülke ekonomisine canlılık katarak istihdam seviyesini yükseltici etki yapacaktır.

---

<sup>386</sup> Hakan Yiğitbaşıoğlu, "Türkiye İçin Önemli Bir Maden: Bor", **Ankara Üniversitesi Dil ve Coğrafya Fakültesi Dergisi**, c. 2, s. 2. (2004): 18.

<sup>387</sup> **age**, 16.

TMMOB'un 2017'de yaptığı ölçümlere göre; Türkiye'de değerlendirilmeyi bekleyen 621 milyar kWh'lik bir yenilenebilir elektrik üretim potansiyeli bulunmaktadır.<sup>388</sup> Bu miktar günümüzde ülkenin elektrik tüketiminin 2 katından fazlasını karşılayabilecek kapasitededir. Bu istatistik bile tek başına yenilenebilir kaynakların gelecek adına taşıdığı önemi göstermektedir. Ne var ki Türkiye'de gelişkin bir yenilenebilir sanayi bulunmamaktadır. 1970'li, 80'li yıllarda ABD, Almanya, Danimarka gibi gelişmiş ülkeler bu konuda yoğun çalışmalar yaparken; Türkiye'de ise bu yöndeki çalışmalar küçük çaplı bireysel ve kurumsal düzeyde kalmış, devlet tarafından herhangi bir teşvikte bulunulmamıştır. 2000'li yıllardan itibaren ise Çin ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir endüstriye yatırımları hızlanırken Türkiye'de bu konuda-devlet kademelerinde birçok kez belirtilmesine rağmen-kayda değer bir gelişme yaşanmamıştır. Oysa yenilenebilir kaynakların gelecekte taşıyacağı önem göz önüne alındığında bu endüstriye verilecek önemin derecesine göre ülkenin enerji ve dolayısıyla bağımsızlık düzeyi şekillenecektir. Bu bölümde Türkiye'nin gelecek adına yenilenebilir kaynaklar bağlamında ekonomik koşullar göz önüne alınarak hangi adımları atması gerektiği tartışılacaktır.

### 5.2.1. Suyun Etkin Kullanımı

Türkiye; bugüne kadar sahip olduğu hidrolik potansiyeli yeterince iyi değerlendirememiş, hayata geçirememiştir. 2016 sonu itibariyle Türkiye'nin hidrolik kurulu gücü 26.594 MW iken toplam potansiyelin % 62'si devreye alınabilmiştir. Gelişmiş ülkelerin önemli bir bölümünde ise söz konusu potansiyelin büyük bölümü henüz 2000 yılına gelindiğinde işletilmekteydi. Bu yılda Fransa'da toplam potansiyelin % 87,8'i, İsveç'te % 98,8'i, ABD'de % 87,7'si, Japonya'da ise % 77,5'i devreye alınmıştı.<sup>389</sup>

Hidroelektrik santraller ile elektrik üretimi yapmanın birçok avantajı bulunmaktadır. Öncelikle termik ve nükleer santrallerdeki gibi yakıt giderleri olmamakla birlikte işletme maliyetleri de doğalgaz ile birlikte en düşük enerji kaynağı konumundadır. Bunun dışında termik santraller ortalama 30 yılda ömürlerini tamamlarken, HES'lerin 50 yıl süreyle hizmet verebilmesi öngörülmüştür. Ayrıca HES baraj

<sup>388</sup>

[https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJI%20GORUNUMU\\_2017\\_%2825.03%29.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJI%20GORUNUMU_2017_%2825.03%29.pdf) (05.07.2017)

<sup>389</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, *age*, 78.

göllerinin içinde oluşan katı madde birikiminin temizlenmesi ve elektromekanik malzemeler yenilendiğinde bu süre çok daha uzayabilmektedir. Örneğin Keban Barajı'nın 70 yıl olarak öngörülen ömrü, yapılan teknik değişiklikler ile 115-145 yıl arasına çıkmıştır.<sup>390</sup> Yani son derece ekonomik olan bu kaynağı etkin bir şekilde değerlendirmek Türkiye için son derece önemlidir.

Türkiye'de Enerji Bakanlığı'nın 2015-2019 yılları için hazırladığı strateji belgesinde; kurulu güç 8.514 MW arttırılarak toplam 32.000 MW'ye çıkarılması hedeflenmişken Temmuz 2016 itibarıyla EPDK'dan lisans alan ve toplam 7.650 MW kurulu güçte olan ve yatırım aşamasındaki tüm HES projeleri, ilerleyen 5 yıl içinde tamamlansa bile Strateji Belgesi'nde belirtilen hedefe ulaşmak mümkün gözükmemektedir. Bunun dışında lisans alan HES projelerinden yatırım gerçekleşme oranı % 35'in üzerinde olan projelerin toplam kurulu gücü ise 2.057 MW'dir.<sup>391</sup> Söz konusu projelerin gerçekleşmesi ve belirlenen hedeflere ulaşılabilmesi için devletin gerekli finansmanın temini ve uygun mevzuatların hazırlanması konularında yatırımcılara gereken destek ve teşviki sağlaması çok önemlidir.

Bunun dışında Türkiye'de ilerleyen yıllarda pompaj depolamalı HES'lere ağırlık verilmesi yerinde olacaktır. Pompaj depolamalı HES'ler ile güç talebinin düşük olduğu durumlarda; suyu yüksek bir haznede depolamak mümkün olmakta ve talebin yüksek olduğu dönemlerde hidroelektrik enerji elde edilebilmektedir. Bu santraller de normal HES'lerde olduğu gibi nehir akımından etkilenmeyip talebin az olduğu ve enerji üretimine gerek olmadığı durumlarda durdurulabilmektedir. Ayrıca bu santraller ile günlük, haftalık ve sezonluk biriktirme yapılabilmektedir. Bu sistemde nehir akımının ve enerjinin fazla olduğu pik saat ve dönemlerde su, üst rezervuara pompalanmakta ve akımın az olduğu dönemde üst rezervuardan depolanan sudan enerji üretimi yapılmaktadır. Günümüzde henüz Türkiye'de işleme alınmamış olan bu HES tipi; dünya genelinde yaklaşık 135.000 MW kurulu güce sahip olup 40 ülkede kullanılmaktadır.<sup>392</sup> Maliyeti de uygun olan bu santral tipinin; Türkiye'de ilk

---

<sup>390</sup> Kabalıcı, Çiçek, Keven, "Türkiye'deki Hidroelektrik Santralleri ve Enerji Üretimindeki Yeri", **3. Uluslararası Strateji ve Güvenlik Çalışmaları Sempozyumu Bildirileri, İstanbul 15-16 Nisan 2010** (İstanbul: Beykent Üniversitesi: 2010): 195.

<sup>391</sup>

[https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJİ%20GORUNUMU\\_2017\\_%2825.03%29.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJİ%20GORUNUMU_2017_%2825.03%29.pdf) (07.07.2017)

<sup>392</sup> [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h\\_hidrolik\\_nedir.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx) (07.07.2017).

kez Eskişehir’de kurulması planlanmakta olup santralin kurulu gücünün 1.400 MW, maliyetinin ise 50-60 milyon dolar olması öngörülmektedir.

Yapımı tamamlanan hidroelektrik santraller ülke ekonomisine de ciddi anlamda katkı yapmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre Devlet ve Su İşleri’nin yaptığı barajların ülke ekonomisine 42 milyar doları tarım, 38 milyar doları enerji, 20 milyar doları da hizmet sektörü olmak üzere toplam 100 milyar dolar katkı yaptığı saptanmıştır.<sup>393</sup> Yani enerji politikaları oluşturulurken tek yönlü düşünülmemeli, söz konusu kaynakların ülkedeki sektörlere sağlayabileceği katma değerler dikkatle hesaplanmalı, buna göre hareket edilmelidir.

Öte yandan inşa edilecek HES’lerin yaratabileceği çevresel sorunların da kuvvetle durulmalıdır. HES yapılması planlanan bölgelerde uygun ÇED raporu istenmeli, bu bağlamda devletin çeşitli birimleri işbirliği halinde olmalıdır. Söz konusu raporda uygun bulunmayan projeler iptal edilmelidir. Özellikle çok sayıda vadinin bulunduğu Karadeniz bölgesi, bu açıdan oldukça riskli bir konumdadır. Bunun dışında; köylülerin geçim kaynağı olan tarım ve hayvancılık da önemli ölçüde sekteye uğrayacak ve ülkedeki kırsal yaşam büyük zarar görecektir. Bu durum köylerden kentlere olan göçü de hızlandırarak, ülkedeki çarpık kentleşme ve gecekondulaşmayı yaygınlaştıracaktır. Bunun sonucunda da ülkedeki toplam elektrik ve enerji tüketimi üzerinde de ek bir baskı unsuru yaratacaktır.

### **5.2.2. Rüzgar Potansiyelinin Değerlendirilmesi**

Türkiye’de mevcut bulunan rüzgar kurulu gücünün aşamalı olarak artırılması, ülkenin enerji güvenliğini sağlaması açısından oldukça önemlidir. Türkiye’deki rüzgar kurulu gücünün 38.000 MW’si karada, 10.000 MW’si ise denizde bulunmaktadır. Karada rüzgar enerjisi yatırım maliyeti, konvansiyonel enerji kaynaklarıyla rekabet edecek düzeye oldukça yaklaşmıştır. İlerleyen yıllarda- özellikle Paris İklim Anlaşması’ndan sonra-çevresel kaygıların ve bu yönde çalışmalar yürüten sivil toplum kuruluşlarının faaliyetlerinin de artacağı göz önüne alındığında söz konusu maliyetlerin daha da düşmesi oldukça muhtemeldir. Denizde ise maliyetler halen oldukça yüksek olduğundan bu alanda yatırım yapmak için

---

<sup>393</sup> Kabalıcı, Çiçek, Keven, “Türkiye’deki Hidroelektrik Santralleri ve Enerji Üretimindeki Yeri”, *age*, 192.

maliyetlerin düşmesini beklemek, bu süreçte daha hesaplı kaynaklara yönelmek mantıklı olacaktır.

Enerji Bakanlığı tarafından belirlenen hedeflere göre; 2019'a gelindiğinde rüzgar kurulu gücünün 10.000 MW'ye, 2023'te ise 20.000 MW'ye çıkarılması amaçlanmıştır. 2017 itibariyle rüzgar kurulu gücünün yaklaşık 5.738 MW olduğu göz önüne alındığında, belirlenen hedeflere zamanında ulaşmak pek mümkün gözükmemektedir. Bu noktada devletin yatırımcılara sunacağı teşviklerin ve sağlayacağı kolaylıkların önemi büyüktür. Türkiye'de rüzgar gücünün adım adım hayata geçirilmesi durumunda birçok bölgenin-özellikle Ege Bölgesi'nin-elektrik gereksiniminin büyük bölümü karşılanabilecektir.

Türkiye'de rüzgar gücünün yaygınlaşması, ülkedeki istihdam olanaklarını da arttıracaktır. Türkiye'de 2016'da rüzgar kurulu gücü yaklaşık 1.200 MW artış gösterirken; bu alanda 53.000 kişi istihdam edilmiştir.<sup>394</sup> Türkiye'nin kara kısımlarında halen devreye alınabilecek yaklaşık 30.000 MW'lik potansiyel kurulu gücün varlığı göz önüne alındığında, bu potansiyel hayata geçirildiğinde ülkede oluşabilecek istihdamın boyutu daha net anlaşılacaktır.

Buna karşın Türkiye'de-diğer yenilenebilir kaynaklarda olduğu gibi-gelişmiş, üst düzey bir rüzgar enerjisi endüstrisi bulunmamaktadır. Bu noktada 2015'te Enerji Bakanlığı tarafından Milli Rüzgar Enerji Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi Projesi (MİLRES) başlatılmıştır. Bu projeyle 2,5 MW'lik elektrik üretimi yapan rüzgar türbinlerinin tamamen yerli ve özgün teknolojiyle geliştirilmesi ve prototipinin üretilmesi hedeflenmiştir. İlk olarak 500 KW'lik rüzgar türbinlerinin geliştirilmesi, bu türbinlerin deneme amaçlı kullanılarak, tasarım olgunlaştıktan sonra 2,5 MW'lik türbin prototipinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu projeyle 10 yıllık dönemde YEGM tarafından planlanan 20 GW ve 20 yıllık dönemde de toplam 40 GW rüzgar enerjisi kapasitesi kurulumu için (1 MW kapasite 1 milyon dolar) yurt dışına çıkacak toplam 40 milyar dolar kaynağın % 25'inin yerli türbin teknolojisiyle üretilip 20 yıllık dönemde 15 milyar dolar ulusal kaynağın yurtdışına çıkmasının önlenmesi amaçlanmaktadır.<sup>395</sup> Bu projenin gerçekleşmesi durumunda; Türkiye'de

<sup>394</sup> IRENA, *age*, 17.

<sup>395</sup> Fatih Karık, Adnan Sözen, Ümit İskender, "Türkiye'de Rüzgar Enerjisinde Mevcut Durum", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, c. 1, s. 2 (2015): 226.



yenilenebilir sanayinin kurulmasında çok önemli bir adım atılmış olacak, ilerleyen yıllarda da rüzgar endüstrinin gelişimi noktasında önemli bir temel oluşturacaktır.

### 5.2.3. Güneş Potansiyelinin Değerlendirilmesi

Türkiye’de güneş, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en fazla potansiyele sahip olan enerji kaynağı konumunda bulunmaktadır. Türkiye; 2016 sonu itibariyle güneş enerjisinden 1.022 GW elektrik enerjisi üretmiş iken<sup>396</sup> Makine Mühendisleri Odası’nın hesaplamalarına göre; henüz devreye alınmamış yaklaşık 400 milyar kWh’lik güneş enerjisi potansiyeli bulunmaktadır.<sup>397</sup> Bu miktar; Türkiye’nin günümüzdeki elektrik tüketiminin yaklaşık 1,5 katına eşittir.

Güneş enerjisinin en yaygın türü olan fotovoltaiklerde enerji maliyeti, günümüzde konvansiyonel enerji kaynaklarına göre halen yüksek olsa da son 40 yılda bu yönde yaşanan gelişmeler oldukça ümit vericidir. Bloomberg’in verilerine göre; 1976-2015 arası kristal silisyum modüllerden elde edilen watt başına elektrik 250 kat azalmıştır. Bunun yanı sıra; petrol, doğalgaz gibi fosil yakıt rezervlerinin giderek azalması ve çevresel kaygıların da kamuoyu nezdinde iyice belirginleşmesiyle, bu doğrultuda yapılan AR-GE çalışmalarının yoğunlaşması ve söz konusu maliyetlerin 15-20 yıl içinde doğalgaz, kömür, hidrolik enerji ile rekabet edebilecek düzeye gelmesi muhtemeldir.

Türkiye’de yenilenebilir kaynaklara feed-in-tariff uygulamasının konmasıyla güneş enerjisine yönelik yatırımlar ivme kazanmaya başlarken 2014’de güneş enerjisinden elektrik üretimi yıllık 14 GW iken; bu miktar 2015’de 194 GW, 2016’da da 1.022 GW olmuştur.<sup>398</sup> Enerji Bakanlığı tarafından hazırlanan 2015-2019 Stratejik Planı’na göre; 2019’a gelindiğinde güneş enerjisi kurulu gücünün 3.000 MW’ye çıkarılması hedeflenmiştir.<sup>399</sup> Ancak 2017 itibariyle 832,5 MW kurulu güce sahip olan Türkiye’nin bu hedefe takvimde belirtilen zamanda ulaşması pek mümkün gözükmemektedir.<sup>400</sup> Belirlenen hedeflere ulaşılması konusunda; devletin

<sup>396</sup> <http://www.enerjiatlas.com/elektrik-uretimi/gunes> (08.07.2017).

<sup>397</sup>

[https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJISI%20GORUNUMU\\_2017\\_%2825.03%29.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJISI%20GORUNUMU_2017_%2825.03%29.pdf) (08.07.2017).

<sup>398</sup> <http://www.enerjiatlas.com/elektrik-uretimi/gunes> (08.07.2017).

<sup>399</sup> T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, *age*, 40.

<sup>400</sup> <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> (08.07.2017).

yatırımcılara sağlayacağı teşvikler ve yatırımları kolaylaştırmak için getireceği yasal düzenlemelerin önemi büyüktür. Yine de Türkiye’de en azından 10-15 yıl içinde; güneşten çok kömür, hidroelektrik ve rüzgar gibi maliyet yönünden daha uygun konumda olan kaynakları değerlendirmek, güneş enerjisi yatırımlarına yoğunlaşmak için maliyetlerin biraz daha düşmesini beklemek yerinde olacaktır.

Öte yandan Türkiye’nin güneş enerjisinde sahip olduğu yüksek potansiyel nedeniyle uzun vadede bu kaynağa yönelik AR-GE çalışmalarına hız vermesi ve kendi teknolojisini geliştirmeye çalışması akılcı olacaktır. Bu yapıldığı takdirde; hem enerjide dışa bağımlılık önemli ölçüde azalacak hem de Türkiye, ürettiği teknoloji sayesinde; ilerleyen yıllarda dünya enerji piyasasındaki yeri ve önemi giderek artması beklenen bu sektörde söz sahibi ülkelerden biri konumuna gelebilecektir. Bu da ona yabancı ülkelerde de bu tesislerin kurulmasını gerçekleştirme olanağı sağlayacak ve ülke ekonomisi için önemli bir gelir kaynağı yaratılacaktır. Bir örnek vermek gerekirse; 2000’lerin başında güneş panelleri pazarında önemli bir oyuncu olmayan Çin, 2000’li yıllarda yaptığı çalışmalar sayesinde 2010’a geldiğinde bu pazarın lideri konumuna yükselmiştir. Bu durumun oluşmasında Çin’deki ucuz işgücünün önemli bir payı bulunmuyor. Çünkü büyük yatırımlar ve yüksek otomasyon gerektiren bu üretimde işgücü maliyetlerinin payı toplam maliyetin çok küçük bir bölümünü temsil ediyor. Çin; bunu, büyük ölçüde güneş panellerinin dayandığı yarı iletken teknolojiyi Avustralya’dan alarak ve bu teknolojiyi büyük hacimlerde ve daha verimli şekilde üretecek imalat süreçlerini geliştirerek başarmıştır. Böylece; söz konusu teknolojinin birim maliyetleri düşmüş ve bu teknolojiyle üretim yapmak ekonomik yönden olanaklı hale gelmiştir. Kısa süre içerisinde de Çin firmaları bu sektör içindeki paylarını hızla arttırmışlardır.<sup>401</sup> 2015 itibariyle; en yüksek miktarda güneş panelleri kurulumunu açık farkla Çin firmaları gerçekleştirirken; bu yılda en yüksek oranda kurulum yapan 10 firmanın 7’si Çin kökenli olmuştur.<sup>402</sup> Bu örnek; enerji sektörlerinde-özellikle dünya ölçeğinde yaygın şekilde kullanılan kaynaklarda-ülkelerin kendi teknolojisini geliştirmesinin önemini açık bir şekilde göstermektedir.

---

<sup>401</sup> Fatih Oktay, **Çin** 1. bs. (İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 2016), 321-322.

<sup>402</sup> <http://www.power-technology.com/features/featurethe-worlds-biggest-solar-photovoltaic-cell-manufacturers-4863800/> (11.09.2017).

Diğer taraftan Türkiye’de fotovoltaiklerin yoğun olarak güneş ışınımının yüksek olduğu doğu ve güneydoğuda ulaşımın güç olduğu köylerde kullanımı akılcı bir seçenek olarak gözükmektedir. Kömür ve doğalgaz gibi kaynaklardan üretilen elektriğin o bölgelere ulaşımı oldukça maliyetli ve güç olduğundan, kurulacak güneş panelleri bu soruna çözüm olabilecek niteliktedir. Dünya genelinde elektrik olmadan yaşamını sürdüren yaklaşık 1,6 milyar kişi için fotovoltaiklerin en uygun kaynak olduğu belirtilmektedir.<sup>403</sup> Türkiye’de bunun üzerinde ciddi olarak durulması önemli olup; devlet bünyesinde başlatılacak olan yatırım programları veya söz konusu yatırımcılara sağlanacak düşük faizli kredilerin önemi büyüktür.

Güneş enerjisinin; istihdama da etkisi oldukça büyüktür. Türkiye’de 2016’da; 12.700’ü fotovoltaiklerde, 16.600’ü de güneş ısıtmasında olmak üzere toplam 29.300 kişi istihdam edilmiştir.<sup>404</sup> Dünya genelinde en fazla istihdam sağlayan yenilenebilir kaynak konumunda olan fotovoltaikler; ilerleyen yıllarda Türkiye’de de devreye alınmasının hızlanması durumunda ülkeye sağlayacağı direkt istihdamın yanı sıra tesislerin yapılacağı bölgelerde harcanacak meblağ ile oluşacak çarpan etkisiyle ekonomiye ek mal ve hizmetler için de ayrıca istihdam yaratacaktır.

Diğer taraftan güneş enerjisinden bina ve su ısıtmasında da en üst seviyede faydalanmak, fosil yakıtların da giderek azalmakta olduğu düşünüldüğünde oldukça önemlidir. Binaların tasarımı yapılırken; binanın konumu, bina aralıkları, binanın nereye yönlendirileceği, bina formu, bina kabuğu, doğal havalandırma düzeni gibi parametreler mutlaka dikkate alınmalıdır.<sup>405</sup> Bu durum, ülkenin elektrik ve ısı arzına önemli ölçüde katkı sunarak enerjide dışarıya bağımlılığı azaltıcı etki yapacak ve Türkiye ekonomisinin en temel sorunu olan cari açığın en önemli kalemlerinden biri olan enerji dışalımının azalmasını sağlayacaktır.

#### **5.2.4. Jeotermal Enerji’nin Türkiye’ye Sunduğu Fırsatlar**

Dünya ölçeğinde oldukça yüksek bir jeotermal potansiyele sahip olan Türkiye’de bu kaynağa yönelik yatırımlar; son 5 yılda yüksek bir ivme kazanmış, elektrik kurulu gücü yaklaşık 700 MW yükseltilecek 2016 sonunda 820 MW’ye ulaşmıştır. Öte

---

<sup>403</sup> Thomas, **age**, 36-37.

<sup>404</sup> IRENA, **age**, 17.

<sup>405</sup> Rüya Kılıç Demircan, Arzuhan Burcu Gültekin, “Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi”, **TÜBAV Bilim Dergisi**, c. 10, s. 1 (2017): 37.

yandan Türkiye jeotermal ısı kapasitesi ise 4.078 MW<sub>t</sub> iken; bu kapasitenin % 34'ü (1.306 MW<sub>t</sub>) kullanılmaktadır.<sup>406</sup> Yapılacak gerekli çalışmalarla kullanım kapasitesinin yüzdesinin artırılması ülkenin enerjide dışa bağımlılığının da azalmasına katkı yapacaktır.

Jeotermal kaynaklı elektrik kurulu gücünde ise İTÜ Enerji Enstitüsü'nün hesaplamalarına göre halen yaklaşık 1.200 MW'lık elektrik kurulu güç potansiyeli bulunmaktadır. MTA tarafından gerekli arama ve sondajların yapılması söz konusu potansiyelin açığa çıkarılması, ülkenin arz güvenliğinin artırılması yönünden oldukça önemlidir. Çünkü jeotermal enerjide köklü bir geçmişe sahip olan Türkiye'de jeotermal santrallerin yatırım maliyeti, birçok ülkeye göre oldukça düşüktür. Bir jeotermal santralin % 10'luk yatırım maliyeti Türkiye'de kW başına 1.824 dolar iken bu meblağ; ABD için 6.599, Birleşik Krallık için 8.096, İtalya için 6.226, Yeni Zelanda için ise 3.668 dolardır.<sup>407</sup> Her ne kadar Türkiye'de işletme ve bakım maliyetleri diğer ülkelere göre yüksek olsa da; yerli ve sürdürülebilir olması, yakıt maliyetinin olmaması, jeotermal enerji yatırımlarında cazip bir hale getirmektedir.

Jeotermal enerjinin, ülke ekonomisine katkı sağlayabilecek birçok yan faydası da mevcuttur. Örneğin; Denizli'deki Kızıldere 2 Santrali'nden alınan sıcak su yakın bölgelerdeki seraların ısıtılmasında kullanılmakta ve turfanda sebze üretimi yapılmaktadır. Bu da ülkedeki tarım sektörüne önemli ölçüde katkı yapmakta ve tarımsal gelirlerin artmasını sağlamaktadır. Ayrıca jeotermal akışkandan, santralin yan ürünü olan CO<sub>2</sub> değerlendirilmekte ve kuru buz üretimi gerçekleştirilmektedir.<sup>408</sup> Jeotermal üretim sırasında açığa çıkan gaz CO<sub>2</sub>, sıvı CO<sub>2</sub>'ye dönüştürülmekte ve bu girdi, meşrubat ve dondurulmuş gıda gibi sektörlerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Kuru buz ise şoklama sanayinde kullanılmakta ve bu sayede birçok narin meyve ve sebzenin yurtdışına ihracı mümkün olabilmektedir. Bunun yanı sıra Denizli'deki Kızıldere 2 Tesisi; yeraltı sularını uygun sıcaklığa düşürüp çevresinde bulunan kaplıca otellerine ücretsiz olarak vermekte ve bu durum ülkedeki kaplıca turizminin

---

<sup>406</sup>

[https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJİ%20GORUNUMU\\_2017\\_%2825.03%29.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJİ%20GORUNUMU_2017_%2825.03%29.pdf) (09.07.2017).

<sup>407</sup> IEA-NEA-OECD, *age*, 45.

<sup>408</sup> Hüseyin Erkul, "Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri: Denizli-Kızıldere Jeotermal Örneği", *Yönetim Bilimleri Dergisi*, c. 10, s. 19 (2012): 124.

gelişmesine yardımcı olmaktadır.<sup>409</sup> Yani jeotermal enerji; ülkedeki birçok sektöre önemli ölçüde katkı ve ek gelir sağlayabilecek ciddi bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin enerji politikaları belirlenirken; enerji kaynaklarının sağlayabileceği yan faydalar da hesaba katılmalı, kararların alınmasında rol oynamalıdır.

### 5.3. Enerji Verimliliği ve Yoğunluğu Hususunda Yapılabilecekler

Enerjide verimliliği arttırmak ve yoğunluğu düşürmek; enerji politikalarının en önemli hedeflerinden birisi olmalıdır. Böylelikle; hem enerji faturaları aşağıya çekmek hem de çevreye verilen karbon salınımları azaltmak mümkün olabilecektir. Türkiye'de 2020'ye gelindiğinde 222 MTEP olarak hesaplanan birincil enerji talebinin; gereken çalışmalar yapıldığı takdirde % 15 oranında azaltılabilecek potansiyel olduğu belirtilmektedir.<sup>410</sup>

Yapılan hesaplamalara göre; Türkiye'de enerjide verimliliği arttırmak için en büyük potansiyel % 30-50 arası ile binalarda bulunmaktadır. Bu durumda bina sayısı yaklaşık 8,5 milyon olan ve bunun % 86'sı konut olan Türkiye'de yaklaşık 7,5 milyar dolar değerinde tasarruf sağlamak mümkün olabilecektir.<sup>411</sup> Ancak bunun olabilmesi için gereken tedbirlerin alınması gerekmektedir. Binalarda enerji tüketiminin yarısından fazlası ısıtma ve soğutmada yaşanırken; Türkiye'de 1 Ocak 2011'den itibaren yürürlüğe konan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" ile yeni binaların enerji tüketimine alt limit getirilmesine ve D sınıfı ve altında yeni binalar yapılmayacak olmasına rağmen Türkiye; AB ülkeleriyle bina bileşenlerinin ısı geçirenlik katsayısı (U) yönünden karşılaştırıldığında yeni binalar için öngörülüş enerji verimlilik düzeyleri halen düşüktür. Tablo 5.3'de Türkiye'yle birlikte bazı Avrupa ülkelerinin duvar, çatı ve zeminlerin minimum ısı geçirenlik değerleri (U) yer almaktadır.

<sup>409</sup> beIN İZ, **Yerkürenin Enerjisi: Jeotermal** (Belgesel) (2013).

<sup>410</sup> World Wildlife Fund, **Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği** (İstanbul, 2011), 17.

<sup>411</sup> Gülizar Özyurt, "Enerji Verimliliği, Binaların Enerji Performansı ve Türkiye'deki Durum", **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye Mühendislik Haberleri**, s. 457 (2009): 32.

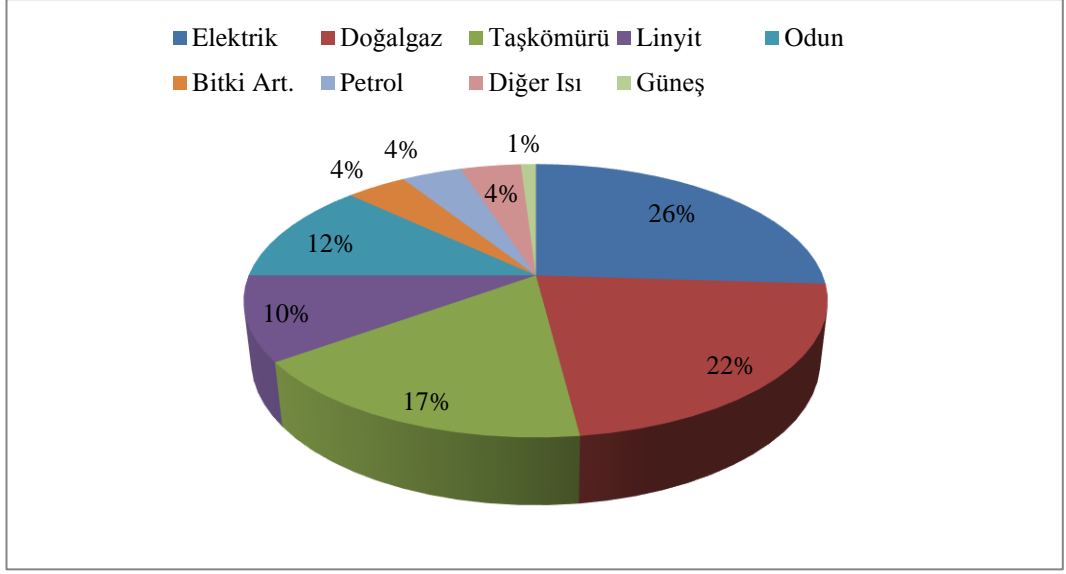
**Tablo 5.3: Bazı Ülkelerde Duvar, Çatı ve Zeminlerin Minimum Isıl Geçirgenlik Değerleri**

Ülke	Duvar	Çatı	Zemin
İsveç	0,18	0,13	0,15
Norveç	0,22	0,18	0,18
Finlandiya	0,25	0,16	0,25
İngiltere	0,35	0,2	0,25
Danimarka	0,4	0,25	0,3
İsviçre	0,3	0,3	0,3
Fransa	0,36-0,4	0,2-0,25	0,27-0,36
Almanya	0,3	0,2	0,4
Çek Cumhuriyeti	0,38	0,3	0,45
Hollanda	0,37	0,37	0,37
İtalya	0,46-0,64	0,43-0,6	0,43-0,6
İspanya	0,66-0,82	0,38-0,45	0,66-0,82
<b>Türkiye</b>	<b>0,5</b>	<b>0,25</b>	<b>0,4</b>

Kaynak: TMMOB Makina Mühendisleri Odası, **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği**, 3. bs. (Ankara: 2012), 98-99.

Tabloda Türkiye’nin minimum ısı geçirgenlik değerlerinin-özellikle kendisiyle benzer iklim şartlarına sahip olan İtalya ve İspanya ile karşılaştırıldığında-alt seviyede olduğu görülmektedir. Bu noktada bu değerler yeni standart değişikliklerinde göz önüne alınmalı ve bu yönde politika değişikliğine gidilmelidir.

Bunun dışında binalarda enerji verimliliği artırıldığı takdirde-diğer sektörlerde olduğu gibi-bu durum toplam enerji tüketiminin azalmasına katkı sağlayacak ve enerji dışalım-özellikle doğalgaz-faturalarının düşmesine yardımcı olacaktır. Şekil 5.1’de binalarda tüketilen çeşitli enerji kaynaklarının yaklaşık oranlardaki payları yer almaktadır.



**Şekil 5.1: Türkiye'de Binalarda Tüketilen Enerjinin Kaynaklara Göre Dağılımı**

Kaynak: TMMOB Makina Mühendisleri Odası, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği**, 3. bs. (Ankara: 2012), 93.

Şekilde görüldüğü üzere binalardaki enerji tüketiminin % 22'si doğalgazla sağlanırken; günümüzde elektriğin yaklaşık üçte birinin doğalgaz santrallerinden üretildiği de göz önüne alındığında, doğalgazın binalardaki kullanımının payı yaklaşık olarak % 30'a çıkmaktadır. Bu açıdan binalardaki enerji verimliliği arttığı ölçekte doğalgaz faturaları da düşecektir. Benzer şeyleri % 27'yle hatırı sayılır bir paya sahip olan ve yıldan yıla dışalımını giderek artan kömür (taşkömürü ve linyit) için de söylemek mümkündür.

Enerjide verimliliği arttırmak adına binalardan sonra en fazla potansiyele % 20-25 ile sanayi sektörü sahiptir.<sup>412</sup> Bunun dışında her sanayi sektörünün tasarruf olanakları birbirinden farklı olmak üzere; bunların yaklaşık yarısı büyük ölçekte yatırım gerektirmemekte veya geri ödeme süresi iki yıldan kısa olmaktadır. Tablo 5.4'de Türkiye'deki bazı sanayi kollarının tasarruf potansiyelleri verilmektedir.

<sup>412</sup> age, 32.

**Tablo 5.4: Türkiye'de Bazı Sanayi Kollarının Enerji Tasarruf Potansiyelleri**

Sektör	Enerji Tasarrufu Potansiyeli (%)	
	Elektrik	Isı
Demir-çelik	21	19
Çimento	7	
Seramik	15-20	
Cam	10	34
Kimya	12	20
Kağıt	22	21
Şeker	26	46
Tekstil	57	20
Gıda	25	

Kaynak: TMMOB Makina Mühendisleri Odası, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği**, 3. bs. (Ankara: 2012), 84.

Tabloda da görüldüğü gibi; Türkiye'nin pek çok sektörde önemli sayılabilecek enerji tasarruf potansiyeli mevcuttur. Bu noktada demir-çelik, tekstil, otomotiv araçları ve makine sektörlerinin özel bir önemi bulunmaktadır. Çünkü Türkiye, bu sektörlerde uluslararası ticarete; karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olup bu sektörlerin ülke ihracatındaki payı, dünya ihracatının payından yüksektir. Tablo 5.5'de Türkiye'nin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu sanayi kollarının 2016 satış rakamları ve ülke ihracatındaki payları ile bu sektörlerin dünya ticaretindeki payı verilmektedir.



**Tablo 5.5: Türkiye'nin Uluslararası Ticarete Karşılaştırmalı Üstünlüğe Sahip Olduğu Sanayi Kollarının 2016 Satış Rakamları ve Bu Sanayi Kollarının Ülke İhracatındaki ve Dünya Ticaretindeki Payları**

Sektör	Satış değeri	Ülke ihracatındaki payı (%)	Dünya ticaretindeki payı (%)
Otomotiv araçları	19,8 milyar \$	13,9	7,5
Makine	20 milyar \$	14,2	9,7
Tekstil	14,8 milyar \$	10,2	4,3
Demir-çelik	6,2 milyar \$	4,3	2,6

Kaynaklar: <http://www.worldstopexports.com/turkeys-top-10-exports/> (02.09.2017). , World Trade Organization, **International Trade Statistics 2015**, 71.

Türkiye'nin ticarete karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu alanlarda ve bu alanların hammaddelerinin enerji verimliliği arttıkça ve enerji yoğunluğu azaldıkça, Türkiye bu ürünlerin daha fazlasını satma olanağına sahip olacak ve bu da ülkenin GSYH'sine olumlu şekilde yansiyacaktır. Bunun yanı sıra sanayinin alt dallarının enerji tüketimindeki ve ülke GSYH'sindeki yerinin daha iyi anlaşılması için Tablo 5.6'da 2010 yılı itibariyle Türkiye'nin sanayi sektörlerindeki enerji tüketimi ve bunların GSYH değerleri verilmektedir.

**Tablo 5.6: 2010 İtibariyle Türkiye'nin Sanayi Sektörlerindeki Enerji Tüketimi ve GSYH Değerleri**

Sanayi Alt Sektörü	Sanayi Enerji Tüketimi (TEP)	Enerji Tüketimindeki Payı (%)	Sanayi Sektörü GSYH (TL)	GSYH'deki Payı (%)	Enerji Yoğunluğu E(TEP)/1000 /TL
Makine	918.840	3	53.055.921.427	25	0,02
Gıda	2.297.100	7,5	29.711.315.999	14	0,06
Tekstil	2.603.380	8,5	31.196.881.799	14,7	0,05
Kağıt	1.225.120	4	10.398.960.600	4,9	0,09
Kimya	3.675.360	12	22.920.158.057	10,8	0,13
Taş-toprak	5.819.320	19	12.521.197.457	5,9	0,38
Ana Metal	7.657.000	25	12.308.973.771	5,8	0,50
Diğer	6.431.880	21	40.110.276.599	18,9	0,14
<b>Toplam</b>	<b>30.628.000</b>	<b>100</b>	<b>212.223.685.709</b>	<b>100</b>	<b>0,12</b>

Kaynak: TMMOB Makina Mühendisleri Odası, **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği**, 3. bs. (Ankara: 2012), 85.

Tabloya göre; Türkiye’nin uluslararası ticarete avantajlı olduğu makine, tekstil, demir-çelik sektörlerinin, ülke GSYH’si içindeki payının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Yani bu sektörlerde enerji yoğunluğu anlamında gereken iyileşmeler sağlandığı takdirde bu durumun ülke ekonomisine yapacağı katkı son derece açıktır.

Ulaşım sektöründe ise enerji tasarruf potansiyelinin % 15-20 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Söz konusu tasarruf potansiyelinin hayata geçirilebilmesi için ise yakıt verimli lastikler, yakıt verimliliği standartları ve ekonomik sürüş programları gibi yeniliklerin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu yeniliklerin büyük bölümü; günümüzde AB ülkeleri, ABD, Kanada, Japonya, Avustralya ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde uygulanmaktadır.<sup>413</sup> Türkiye’de ise henüz bu uygulamalar hayata geçirilmemiştir.

<sup>413</sup> TMMOB Makina Mühendisleri Odası, **age**, 116.

Öte yandan enerji verimliliğini artırma çalışmaları, ülke istihdamına da olumlu şekilde yansımayaacaktır. Yaklaşık 25 MTEP olarak hesaplanan tasarruf potansiyelinin, Avrupa Birliği'nin her 1 MTEP enerji tasarrufu için 2000 kişilik istihdam yaratabileceğine yönelik iş göstere rakamlarının kullanılması durumunda, Türkiye'de 50.000 kişilik istihdam yaratılabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Buna yan işler de eklendiğinde söz konusu istihdamın 150.000'lere ulaşabileceğini söylemek mümkündür.<sup>414</sup>



---

<sup>414</sup> TMMOB Makina Mühendisleri Odası, **Türkiye'nin Enerji Görünümü** (Ankara: 2010), 84.

## 6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Dünya genelinde ülkelerin gelişmişlik seviyeleri izledikleri enerji politikalarıyla yakından ilgili iken; sahip oldukları enerji kaynaklarını etkin biçimde kullanan ve enerjide arz güvenliğini sağlayan ülkelerin “gelişmiş ülke” seviyesine eriştikleri ve günümüzde bu yolu takip eden gelişmekte olan ülkelerin de bu seviyeye ulaşacakları net bir şekilde görülmektedir. Bu bağlamda ülkelerin sahip oldukları enerji kaynaklarına göre uyguladıkları enerji politikaları ve enerji tüketimleri, ekonomik kalkınma ve gelişmişlik düzeyleri açısından en önemli göstergelerden biridir. Gelişmiş ülke statüsüne ulaşmak isteyen bir ülke kendi öz kaynaklarından olabilecek en üst seviyede yararlanmak durumundadır. Ülkelerin gelişmişlik seviyesi incelendiğinde bunun böyle olduğu görülecektir. Tarihte bu durumun aksi bir örneği bulunmamaktadır.

Türkiye’de günümüze kadar uygulanan enerji politikalarına bakıldığında ise bu anlayışın benimsendiğini söylemek güçtür. Ülkenin sahip olduğu kömür ve hidroelektrik potansiyeli yeterince değerlendirilemediği ve kendisinin de bulunduğu gelişmekte olan ülkeler kategorisinde bulunan pek çok ülke birincil enerji tüketiminin yarısından fazlasını kömür ile yaparken Türkiye’nin bu alanda % 20-30’larda kaldığı görülmektedir. 1980’e kadar enerji üretiminde devletin ağırlığı belirgin konumda iken; 1980’den sonra küreselleşme ve neoliberalizmin hız kazanmasıyla özel sektörün enerji üretimindeki yeri ve önemi giderek artmıştır. Ancak birçok gelişmiş ülkenin aksine; Türkiye’de enerji sektöründe yapılan özelleştirmeler, ülkeye faydasından çok zararı olmuştur. Yapılan özelleştirmeler ile ülkenin stratejik enerji kurumlarının çoğunluk hisseleri satılarak elden çıkmış, birçok özelleştirmede de liyakat temel alınmadığından, söz konusu kurumların performans ve verimleri zaman içinde düşmüştür. Oysa özelleştirmelerin gerçekleştirildiği ihalelerin uygun şekilde yürütülmesi ve ilgili kurumların sektöründe tecrübeli ve uzman firmalara verilmesi ve yine ülkenin çıkarları yönünden stratejik kurumların çoğunluk hissesinin devlette kalması ülkenin geleceği açısından çok önemlidir.

Türkiye’de arz güvenliğini sağlama ve enerjide dışa bağımlılığı azaltma yönünden de gerekli adımlar yeterli ölçüde atılmamıştır. Neredeyse tamamen dışa bağımlı olduğu doğalgazın yarısından fazlası Rusya’dan temin edilirken; kömür kaynakları yönünden dünyanın zengin ülkeleri arasında yer alan Türkiye 1980’den itibaren kömür dışalımını yapmaya başlamış, bu dışalım artan bir seyir izlemiş ve günümüzde ithal kömürün birincil enerji tüketimindeki payı, yerli kömürü geçmiştir. Bunun dışında elektrik üretiminde de; uzun yıllar boyunca doğalgazın payı % 40’ın üzerinde olmuş ve ithal kömürün payı da sürekli artış göstermiştir. Bu da enerjide dışa bağımlılığı perçinleyen bir unsur olmuştur.

Doğalgazın; elektrik üretiminde yatırım maliyetlerinin düşük olması, onu elektrik üretiminde avantajlı gibi gösterse de; yakıt maliyetinin yüksekliği, bu avantajını kömür ve hidrolik enerji karşısında önemli ölçüde azaltmaktadır. Doğalgazın elektrik üretimindeki payının % 30’un altına çekilmesi ve doğalgaz temini yapılan hiçbir ülkenin payının % 30’u geçmemesi ülkenin arz güvenliği açısından çok önemlidir. Türkiye; bu açıdan şanslı bir ülke iken; doğalgaz rezervleri yönünden dünyanın en zengin 10 ülkesinden 7’si Türkiye’nin yakın çevresinde bulunmaktadır. Doğalgaz arzının güvenli ve ekonomik olarak sağlamak ise politikacılara düşmektedir. Ülkedeki doğalgaz gereksiniminin azalması halinde bu durum ülke ekonomisine de katkı yapacak, cari açığı arttıran en önemli kalemlerden birini iyileştirici etki yapacaktır. Ayrıca doğalgaz talep tahminlerinin hesaplanması da ülkenin karşılaşacağı enerji faturası açısından büyük önem taşırken; bu konuda devletin çeşitli birimleri işbirliği halinde olmalıdır. Bunun dışında temiz bir kaynak olan doğalgazın elektrik üretiminden ziyade ısınmada ve sanayide kullanımı daha mantıklı olacaktır.

Öte yandan günümüzde en fazla tüketilen birincil enerji kaynağı konumunda olan petrol bağlamında da Türkiye’nin günümüze dek akılcı politikalar uyguladığını söylemek güçtür. 1980 sonrası başlayan özelleştirmelerle birlikte TÜPRAŞ, PETKİM ve Petrol Ofisi gibi kurumlar özelleştirme sürecine alınmış, böylece TPAO bütünleşik yapısından kopmuştur. Bununla birlikte petrolde yerli üretimin payı da yıllar geçtikçe giderek azalmıştır. Oysa TÜPRAŞ ve Petrol Ofisi gibi katma değeri yüksek olan kurumlardan elde edilecek gelirlerle maliyeti yüksek olan-özellikle denizlerdeki-petrol arama ve sondaj çalışmalarını finanse etmek mümkündür. Bunun yanı sıra ülkedeki petrol sahalarında arama yapılmasını çekici hale getirmek adına bu

alandaki bürokratik süreci kolaylaştırmak da önemlidir. Türkiye’de petrol sektörünün etkinliğini azaltan bir başka unsur da; benzinden alınan ÖTV ve KDV’nin yüksekliğidir. Bu nedenle Türkiye; dünyada en pahalı olduğu ülkeler arasında yer almakta ve tüketicilerin önemli bir bölümü petrolden oto gaza yönelmekte olup bu durum ülke ekonomisine milyarlarca dolar zarar vermektedir. Benzinin daha makul bir fiyatla vergilendirilmesi ülke ekonomisine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Bunun dışında Türkiye’nin uzun vadede petrol kaynaklarının tükeneyeceği göz önüne alındığında biyoyakıt teknolojisine yatırım yapması yerinde olacaktır. Uzun vadede-petrol fiyatlarının da seyri dikkate alınarak-bu sektördeki AR-GE çalışmalarını yoğunlaştırması hem onun enerjide dışarıya bağımlılığını hem de petrol kaynaklı sera gazı salınımlarını azaltıcı etki yapacaktır. Bu noktada bir süre sonra ABD ve AB ülkelerinde olduğu gibi benzinin içindeki biyoyakıt oranının belli bir seviyede kalması-biyoyakıtta yaşanacak maliyet değişimleri de göz önüne alınarak-zorunlu hale getirilmelidir.

Türkiye’nin yenilenemeyen kaynaklar içinde en fazla rezerve sahip olduğu kömürü ise; bugüne kadar etkin kullandığını söylemek oldukça güçtür. Özellikle 1980 sonrasında kömür dışalımını yapılmaya başlanırken; ülkedeki kömür yatakları da ilerleyen süreçlerde aşamalı olarak özelleştirme sürecine alınmış, yapılan özelleştirmeler de büyük ölçüde liyakat temel alınmadığından ve bu yatakları devralan şirketlerin de ticari kaygıları ön planda tutarak, kömür üretimini arttırmayı karlı görmediklerinden ve bu yönde devletin de yeterince teşvikte bulunmaması sonucu yerli üretim inişli çıkışlı bir grafik sergilemiş, yeterince artış yaşanmamıştır. Buna karşın kömür dışalımını-özellikle 2001’den itibaren-sürekli artan bir seyir izlemiştir. Bu durum hem enerjide dışa bağımlılığı hem de cari açığı arttırmıştır. Bugüne kadar ithal kömüre 30 milyar doların üzerinde ödeme yapıldığı tahmin edilirken; kömür dışalımını grafiğine bakıldığında da ilerleyen yıllarda bu miktar giderek artacak gibi gözükmektedir. Bu durumda devletin; kömür yataklarını işletme hakkını elinde bulunduran şirketlere kömür üretimi konusunda yapacağı teşvikler büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de kömür dışalımında en çok öne sürülen sebebin buhar kömürü olduğu söylenirken; özellikle elektrik üretiminde akışkan yataklı yakma teknolojisi ile ülkedeki rezervlerin büyük bölümünün maliyeti de uygun olan bu teknolojiyle üretime uygun olduğu bilinmektedir. Kömür dışalımına yapılan

harcamaların kömür üretimine harcanması durumunda hem enerjide dışa bağımlılık azalacak hem de bu durum ülkedeki istihdamı arttırıcı etki yapacaktır.

Türkiye'nin yüksek potansiyele sahip olduğu hidrolik enerjiyi de son birkaç yıla kadar verimli kullanamamıştır. Mart 2017 itibariyle ülkedeki potansiyelin yaklaşık olarak % 66'sını hayata geçiren Türkiye; bu konuda gelişmiş ülkelerin oldukça gerisinde kalmıştır. Henüz 2000 yılında ABD, Japonya, Fransa, Kanada ve İsveç gibi gelişmiş ülkeler sahip oldukları hidrolik potansiyelin % 70'inden fazlasını devreye sokmuşlardır. Hidrolik enerjinin yatırım maliyetleri doğalgaza göre yüksek olmasına karşın; işletme maliyetlerinin düşüklüğü, sera gazı salınımlarının olmaması onu oldukça cazip kılmaktadır. Ayrıca bir termik veya nükleer santralin ömrü ortalama 30-40 yıl iken; yapılan düşük maliyetli iyileştirmeler ile HES'lerin ömrü 100 yıla kadar çıkabilmektedir. Örneğin yapılan iyileştirmeler ile Keban Barajı'nın ömrünün 110 yıla çıktığı tahmin edilmektedir. Bunun dışında hidroelektrik santrallerin çevre ve ekosisteme birçok olumsuz etkisi de bulunmaktadır. Bu noktada HES yapılması planlanan bölgelerde uygun ÇED çalışmaları yapılmalı ve alınan sonuçlar çerçevesinde söz konusu projeler yürütülmelidir. Aksi halde doğal yaşam zarar görecektir, köylerden kentlere göç hızlanacak, bu da ülkenin toplam enerji faturasını arttırıcı etki yapacaktır.

Öte yandan Türkiye'de yıllar boyunca süren tartışmaların sonunda nükleer enerjinin hayata geçirilmesinde karar kılınmış ve Akkuyu'ya 4.800 MW gücünde nükleer santral kurulması yönünde Rusya ile anlaşma yapılmıştır. Tüm ünitelerinin devreye alınmasının beklendiği 2023'de söz konusu santralin; elektrik gereksiniminin % 7-8'ini karşılayabileceği öngörülmüşken; kömür ve hidrolik enerji gibi yerli ve maliyeti çok daha uygun kaynaklardan yeterince yararlanmamışken; birçok boyutta risk barındıran nükleer seçeneğe yönelmek oldukça düşündürücüdür. Öncelikle nükleer enerji konusunda enformasyon seviyesi üst düzeyde olmayan Türkiye, nükleer teknoloji hayata geçtiği takdirde enerjide dışa bağımlılığı perçinlenecektir. Bunun dışında Akkuyu Projesi'nin maliyeti başlangıçta 20 milyar dolar olarak açıklanırken; nükleer santrallerde proje ilerledikçe maliyetlerin de arttığı bilinmektedir. Ancak nükleer santrallerdeki en büyük sorun; nükleer atıkların yönetimi ve bunların depolanmasıdır. Günümüzde bu atıkların depolanması için gelişmiş ülkeler milyarlarca dolar harcama yapmakta olup küresel anlamda bu soruna halen kesin ve kalıcı bir çözüm bulunamamıştır. Yani nükleer atıkların sebep olduğu çevresel

olumsuz etkilerin yanı sıra; ilerleyen yıllarda ülkeyi ekonomik yönden büyük bir külfetin altına sokması da oldukça muhtemeldir. Bu noktada yetkililer tarafından Rusya'nın söz konusu atıkları ülkesine alacağı belirtilse de; Rusya ile yapılan anlaşmada bu yönde bir madde bulunmamaktadır. Sonuç olarak nükleer enerji; her yönüyle yetkililerce en iyi şekilde değerlendirilmeli ve ona göre kararlar alınmalıdır.

Yenilenebilir kaynaklar anlamında ise Türkiye'nin taşıdığı potansiyel büyük olup bu kaynakların kullanımı ülkenin geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. 2017 itibariyle hidrolik enerji dışındaki yenilenebilir kaynakların ülkenin elektrik gereksiniminin 2 katından fazlasını karşılayacak kapasitede olduğu belirtilirken günümüzde maliyet yönünden en uygun kaynak olarak rüzgar göze çarpmaktadır. Karada rüzgar enerjisinin maliyeti günümüzde kömür ve hidrolik enerjiyle rekabet edebilecek düzeye gelirken; denizdeki maliyeti halen yüksektir. Karadaki potansiyelin tamamının devreye alınması halinde günümüzde elektrik ihtiyacının yaklaşık % 40'ının karşılanabileceği öngörülmektedir. Öte yandan dünyada rüzgar enerjisinin kullanımı giderek yaygınlaşırken; Türkiye'nin de bu alanda kendi sanayisini kurması hem enerjide dışarıya olan bağımlılığını azaltacak hem de ekonomik anlamda ona büyük kazanç sağlayacaktır. Bu bağlamda ETKB tarafından yürütülen MİLRES projesinin önemi büyük olup proje hayata geçirildiği takdirde 20 yıl içinde 15 milyar doların yurtdışına çıkmasının önleneyeği tahmin edilmektedir.

Türkiye, yenilenebilir kaynaklarda en fazla potansiyele güneş enerjisinde sahiptir. Türkiye'nin henüz devreye alınmayan güneş potansiyelinin Türkiye'nin elektrik tüketiminin yaklaşık 1,5 katını karşılayabileceği tahmin edilmektedir. Günümüzde güneş enerjisinden elektrik üretiminin maliyeti; doğalgaz, kömür ve hidrolik enerji gibi konvansiyonel kaynaklara göre halen yüksek iken 10 yıl içinde bu kaynaklarla rekabet edecek düzeye ulaşması beklenmektedir. Bu noktada Türkiye'nin güneş enerjisini aşamalı olarak devreye sokması akılcı olacaktır. Özellikle fotovoltaikler; bugün bile elektriğin ulaşmadığı dünya çapında yaklaşık 1,5 milyar kişiye en ucuz enerji sağlayıcısı olduğu tahmin edilirken; Türkiye'de de güneş potansiyelinin yüksek ve ulaşımın güç olduğu bölgelere bu sistemi yerleştirmek mantıklı olabilir. Güneş enerjisinde büyük potansiyele sahip olan Türkiye'nin uzun vadede kendi teknolojisini geliştirmesi ona önemli kazançlar getirecektir. Bu noktada kısa sürede, 2000'li yıllarda kendi teknolojisini geliştiren Çin'in başardıkları Türkiye için öğretici olmalıdır. Öte yandan güneş enerjisi; istihdama en çok katkı sağlayan enerji kaynağı



konumunda iken; bu durum Türkiye’de güneş enerjisinin devreye alındığı bölgelerin ekonomisini önemli ölçüde canlandırıcı etki yapacaktır.

Türkiye’nin potansiyel yönünden şanslı olduğu bir başka kaynak olan jeotermalde ise son yıllarda yapılan yatırımlar sonucu sahip olunan potansiyel hayata geçirilmeye başlanmıştır. Yine de bazı kuruluşlarca söz konusu potansiyelin daha yüksek olduğu belirtilmekte olup, mevcut potansiyelin doğru olarak saptanması hususunda uygun çalışmaların yapılması gerekmektedir. Jeotermal enerjinin birçok yan faydası da bulunmaktadır. Jeotermal üretim sırasında açığa çıkan CO<sub>2</sub> sayesinde kuru buz üretilmekte, böylece narin meyve ve sebzelerin yurtdışına ihracı mümkün olabilmektedir. Bunun dışında jeotermal enerji seraların ısıtılmasında da kullanılırken; kaplıca turizmine de olumlu etki yapmaktadır. Biyokütle ise elektrik üretimi bağlamında diğer yenilenebilir kaynaklara göre; daha az potansiyel barındırması, üretim maliyetlerinin yüksek oluşu ve maliyet seviyesinin büyük ölçüde olgunluğa ulaşmasından dolayı daha az cazip konumda bulunmaktadır.

Diğer taraftan Türkiye’nin enerji politikaları anlamında üzerinde durması gereken bir başka konu başlığı da enerji verimliliğinin artırılması olmalıdır. Çünkü enerji verimliliği ne derece artırılırsa; birim başı enerji tüketimi azalacak, bu da toplam enerji faturalarını düşürecektir. Türkiye; son yıllarda enerji verimliliği ve yoğunluğu anlamında iyi bir seviyeye gelmişse de; özellikle bina ve ulaşım sektörlerinde gerekli düzenlemelerin uygulamaya konması çok önemlidir. Sanayi sektöründe de sektörlerin sahip oldukları tasarruf potansiyellerini hayata geçirilmesi çok önemlidir. Özellikle ülkenin; uluslararası ticarete karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu sektörlerde bu noktada gerekli iyileştirmeler sağlandığı takdirde bu durum ülke ekonomisine milyarlarca dolar kazanç sağlayacaktır.

Türkiye’nin geleceği açısından öncelikle yerli ve maliyeti uygun olan kömür ve hidroelektrik enerjiden-çevresel etkiler de hesaba katılarak-en üst seviyede yararlanılması, uzun vadede ise başta güneş ve rüzgar olmak üzere yenilenebilir kaynaklara ağırlık vermek yerinde olacaktır. Bu yapıldığı takdirde cari açık önemli ölçüde azalacaktır. Bunun yanı sıra uzun vadede enerji piyasasında çok önemli yerleri olabileceği söylenen hidrojen enerjisi ve bor gibi kaynakların potansiyellerinin uygun şekilde belirlenip, üretim tekniklerinin öğrenilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda devlet nezdinde AR-GE çalışmaları

gerçekleştirilmeli, gerekirse bu doğrultuda enstitüler, kurumlar oluşturulmalıdır. Türkiye'nin ekonomik kalkınmayı gerçekleştirebilmesi için sahip olduğu enerji potansiyelinden en üst seviyede yararlanması şart olup, aksi takdirde hedeflerine ulaşması asla mümkün olmayacaktır.



## KAYNAKÇA

AEBIOM. **Annual Report 2015**

Akpınar, Adem, Murat Kankal, Murat İ. Kömürcü. “Türkiye’de Hidroelektrik Enerjinin Durumu ve Geleceği”. **Türkiye 11. Enerji Kongresi Bildirileri 21-23 Ekim 2009**.

Aliağaoğlu, Alpaslan, Kadir Temurçin. “Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği”, **Coğrafi Bilimler Dergisi**, c. 1, s. 2 (2003): 32-33.

Alper, Ali Eren, Harun Bal. “Bakü-Tiflis-Ceyhan Petrol Boru Hattı ve Türkiye Ekonomisine Etkileri”. **Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, c. 19, s. 3 (2010): 353-354.

Altaş, Macide. “Enerji Üretimini ve Tüketimini Gelişimi”, **TMMOB 1. Enerji Sempozyumu Bildirileri 12-14 Kasım 1996**.

Altuntaşoğlu, Zerrin T.. “Sürdürülebilir Kalkına-Yenilenebilir Enerji ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanun Tasarısı Kanun Taslağı”, **TMMOB 4. Enerji Sempozyumu Bildirileri 10-12 Aralık 2003**.

Ar, F. Figen. “Biyometanol Kullanım Zorunluluğunun Türk Ekonomisine Yaratacağı Etkiler”. **Türkiye 12. Enerji Kongresi Bildirileri 14-16 Kasım 2012**.

Arslan, Cemali, Mehmet Bilgiç, Nihat Öztürk. “Hidrojen Enerjisi ve Türkiye’deki Hidrojen Potansiyeli”. **EMO 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildirileri 19-21 Ekim 2005**.

Aybers, Nejat, Bahri Şahin. **Enerji Maliyeti**. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, 1995.

Bayülken, Ahmet. “Türkiye’de Nükleer Enerji”. **Türkiye 10. Enerji Kongresi Bildirileri 27- 30 Kasım 2006**.

- BeIN İz. **Yerkürenin Enerjisi: Jeotermal**. 2013.
- Beşergil, Birsen. **Petrol, Petrol Kimyası**. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları, 2009.
- Biserni, Cesare, Giuseppe Flacco, Giulio Lorenzini. **Solar Thermal and Biomass Energy**. Bologna: WIT Press, 2010.
- BM Çevre ve Kalkınma Konferansı. **Rio Deklarasyonu**. Rio de Janeiro: 1992.
- Bodansky, David. **Nuclear Energy: Principles, Practices and Prospects**. 2. bs. New York: Springer, 2004.
- BP. **BP Statistical Review of World Energy 2014**. 2015.
- \_\_\_\_\_. **Statistical Review of World Energy June 2017**. 2017.
- Charlier, Roger H., Charles W. Finkl. **Ocean Energy-Tide and Tidal Power**. Berlin: Springer, 2010.
- Cota, Alma, Robert Forster, Majid Ghassemi. **Solar Energy: Renewable Energy and the Environment**. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- Çetin, Ayşegül. **Ülkemizin Jeotermal Enerji Kapasitesi ve Yapılabilecekler**. İstanbul: Geleceği Önemseyenler Derneği, 2014.
- Çetin, Hasan. **Bor Kapanı**. 3. bs. İstanbul: E Yayınları, 2006.
- Çiçek, Serdar, Ersan Kabalcı, Gökhan Keven. “Türkiye’deki Hidroelektrik Santralleri ve Enerji Üretimindeki Yeri”. **3. Uluslararası Strateji ve Güvenlik Çalışmaları Sempozyum Bildirileri 15-16 Nisan 2010**.
- Çomak, Hasret, Caner Sancaktar, Zafer Yıldırım. **Enerji Diplomasisi**, İstanbul: Beta Yayınları, 2015.
- Çukurova Kalkınma Ajansı. **Yenilenebilir Enerji Raporu 2012**. Adana: 2012.
- Demir, Ahmet. “Türkiye’de Cumhuriyet Döneminde Enerji Politikaları”. **Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Dergisi**, c. 35, s. 1. (1980): 109.
- Demircan, Rüya Kılıç, Arzuhan Burcu Gültekin. “Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi”. **TÜBAV Bilim Dergisi**, c. 10, s. 1. (2017): 37.

Doğalgaz Piyasası Daire Başkanlığı. **2011 Yılı Sektör Raporu**. Ankara: 2012.

Drake, Elisabeth M., Michael J. Driscoll, Michael W. Golay, William A. Peters, Jefferson W. Tester. **Sustainable Energy: Choosing Among Options**. Cambridge: WIT Press, 2005.

Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi. **Enerji İstatistikleri**. Ankara: 1990.

\_\_\_\_\_. **2002 Enerji İstatistikleri**. İstanbul: 2003.

EIA. **2016 US & Global Geothermal Power Production Report**.

\_\_\_\_\_. **Annual Energy Outlooks 2010-2016**.

\_\_\_\_\_. **International Energy Outlook 2016**.

\_\_\_\_\_. **Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside United States**.

Energy Conservation Center, Japan. **Japan Energy Conservation Handbook 2013**.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. **2016 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu**.

ENI. **World Oil and Gas Review 2016**.

Eniş, Ahmet. “Enerji Politikaları ile Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”. **TMMOB 4. Enerji Sempozyumu Bildirileri 10-12 Aralık 2003**.

EPDK. **Doğalgaz Piyasası Sektör Raporu 2016**. Ankara: 2016

EPDK. **Petrol ve LPG Piyasası Fiyatlandırma Raporu Ocak 2017**. Ankara: 2017

Erdoğan, Esin, Ayten Namlı, Fikretin Şahin. “Türkiye’de Petrol Hidrokarbonlarını Parçalayan Yerli Bakterilerin İzolasyonu, Karakterizasyonu ve Hidrokarbon Parçalama Kabiliyetlerinin Belirlenmesi”. **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, c. 15, s. 45 (2013): 2.

Erik, Nazan Yalçın. “Şeyl Gazı (Kaya Gazı) ve Çevresel Etkileri”. **Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi**, c. 37, s. 4 (2016): 428.

Erkul, Hüseyin. “Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri: Denizli-Kızıldere Jeotermal Örneği”. **Yönetim Bilimleri Dergisi**, c. 10, s. 19 (2012): 124.

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü. **Bor Sektör Raporu 2017**. Ankara: 2017.

ETKB. **2015-2019 Strateji Planı**. Ankara: 2016.

EÜAŞ. **Sayıştay Raporu 2013**. Ankara: 2013.

\_\_\_\_\_. **Elektrik Üretim Sektör Raporu 2016**. Ankara: 2016.

Faalj, Andre, Martin Junginger, Wilfried van Sark. **Technological Learning in the Energy Sector: Lessons for Policy, Industry and Science**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2010.

Farmer, J. Doyne, James McNerney, Jessica E. Trancik. “Historical Costs of Coal-fired Electricity and Implications For the Future”. **Energy Policy**, c. 39 (2015): 3044.

Flavin, Christopher, Nicholas Lenssen. **Enerjide Arayışlar**. İstanbul: TEMA Vakfı Yayınları, 1994.

Fridley, David, Jing Ke, Nina Khanna, Mark Levine, Stephanie Ohshita, Lynn Price, Nan Zhou. **China’s Energy Consumption Trends and Impacts of the Top-1000 Enterprises Energy-Saving Program and the Ten Key Energy-Saving Projects**. Berkeley Lab: 2012.

General Electric. **The Age of Gas & The Power of Networks**.

Gönülalan, A. Uğur, Necdet Pamir, Hülya Peker. “Özelleştirme, Özerkleştirme, Türkiye’deki Petrol Sektörünün Konumu ve Geleceği”. **TMMOB 8. Enerji Sempozyumu Bildirileri 17-19 Kasım 2012**.

Granderson, Jessica, Guanjing Lin. **Building Energy Information Systems: Synthesis of Costs, Savings and Best-practice uses**, Springer: 2016, 1373.

Güran, Tevfik. **İktisat Tarihi**. İstanbul: Der Yayınları, 2012.

Gürsoy, Umur. **Enerjide Toplumsal Maliyet ve Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları**. Ankara: Türk Tabipleri Birliği Yayınları, 2004.

GWEC. **Global Wind Report 2015**.

Hart, David M., Richard K. Lester. **Unlocking Energy Innovation**. Cambridge: MIT Press, 2012.

Hatunoğlu, E. Emrah. **Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektörüne Etkileri**. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı, 2010.

Huenges, Ernst. **Geothermal Energy Systems: Exploration, Development, and Utilization**. Darmstadt: Wiley-VCH, 2010.

IEA. **Energy Efficiency Indicators-Highlights (2016 Edition)**

\_\_\_\_\_. **Key World Energy Statistics 2014**.

\_\_\_\_\_. **Key World Energy Statistics 2016**.

\_\_\_\_\_. **Key Coal Trends, 2016**.

\_\_\_\_\_. **Technology Roadmap-Solar Photovoltaic Energy 2014 Edition**.

\_\_\_\_\_. **Technology Roadmap-Hydrogen and Fuel Cells**.

\_\_\_\_\_. **World Energy Outlook 2014**.

\_\_\_\_\_. **World Energy Outlook 2015**.

IEA Clean Coal Centre. **Status of Advanced Ultra-Supercritical Pulverised Coal Technology**. 2013.

IEA-NEA-OECD. **Projected Costs of Generating Electricity-2005 Update**.

\_\_\_\_\_. **Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition**.

IEA-PVPS. **Trends 2015 in Photovoltaic Applications**.

\_\_\_\_\_. **2015 Snapshot of Global Photovoltaic Markets**.

IRENA. **Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2017**.

\_\_\_\_\_. **Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series, Hydropower.**

\_\_\_\_\_. **Renewable Power Generation Costs in 2014.**

\_\_\_\_\_. **Solar Heating and Cooling for Residential Applications 2015.**

İlbaş, Mustafa. **Enerji-Politik Dünya ve Türkiye.** Ankara: Berikan Yayınevi, 2014.

İskender, Serdar. **Asrın Çözülemeyen Problemi Enerji.** Ankara: TUTEV Yayınları, 2007.

İskender, Ümit, Fatih Karık, Adnan Sözen. “Türkiye’de Rüzgar Enerjisinde Mevcut Durum”. **Gazi Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, c. 1, s. 2 (2015): 226.

İTO. **Rüzgar Enerjisi.** İstanbul: 2001.

\_\_\_\_\_. **Türkiye’de Elektrik Enerjisi Sektöründe Özelleştirme Politikaları ve Çalışmaları.** İstanbul: 1999.

İTO Yayınları. **Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi.** İstanbul: Sektörel Yayınlar, 2008.

İstanbul Teknik Üniversitesi. **Türkiye’de Enerji ve Geleceği: İTÜ Görüşü.** İstanbul: İTÜ Yayınları, 2007.

Karagöl, Erdal Tanas, Salihe Kaya. **LNG’nin Dünya Enerji Ticaretindeki Yeri.** İstanbul: Seta Yayınları, 2016.

Karakaya, Etem. “Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme”. **Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, c. 3, s. 1 (2016): 3.

Karlı, Süleyman. “Son Gelişmeler Işığında Türkiye’de Kaya Gazı”. **İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, c. 5, s. 3 (2015): 27.

Kavak, Kubilay. **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi.** Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, 2005.



- Kaya, Kadir, Erdem Koç. “Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi”. **Mühendis ve Makina Dergisi**, c. 56, s. 660 (2015): 65.
- Kaya, Tevfik. “Jeotermal Potansiyelimiz”. **TMMOB Mühendis ve Makina Dergisi**, c. 56, s. 664 (2015): 25.
- Kılıç, Hayrettin. “Akkuyu Nükleer Santrali Soğutma Sistemi ve Çevresel Sorunlar”. **TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası**, s. 438 (Mart 2010): 76.
- Kocaeren, Aysel Aydın. **Çevre ve Enerji**. İstanbul: Nobel Yayıncılık, 2016.
- Koçak, Çetin. “Türkiye’nin Enerji Güvenilirliği ve Üretilebilir Kömür Rezervlerine Dayalı Santrallerin Avantajları”. **Türkiye 12. Enerji Kongresi Bildirileri, 14-16 Kasım 2012**.
- Komor, Paul. **Renewable Energy Policy**. Lincoln: iUniverse, 2004.
- Langeveld, Hans, Marieke Meeusen, Johan Sanders. **The Biobased Economy: Biofuels, Materials and Chemicals in the Post-oil Era**. Londra: Earthscan, 2010.
- Lukawski, Maciej Z., Rachel L. Silverman, Jefferson W. Tester. **Uncertainty analysis of geothermal well drilling and completion costs**.
- MÜSİAD. **2000’li Yıllarda Türkiye’nin Enerji Politikası**. Kocaeli: 1996.
- Osphay, Cedrick N.. **Wind Power: Technology, Economics and Policies**. New York: Nova Sciences Publishers, 2009.
- Oktay, Fatih. **Çin** İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 2016.
- Önal, Güven. “Elektrik Üretiminde Kömürün Önemi”. **3. Uluslararası Strateji ve Güvenlik Çalışmaları Sempozyum Bildirileri, 15-16 Nisan 2010**. İstanbul: Beykent Üniversitesi, 2010.
- Özcan, Cihangir. “Dünya ve Türkiye’de Kyoto Protokolü”. **Sağlık ve Toplum Dergisi**, y. 18, s. 2 (2008): 13.

Özyurt, Gülizar. “Enerji Verimliliği, Binaların Enerji Performansı ve Türkiye’deki Durum”. **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye Mühendislik Haberleri**, s. 457 (2009): 32.

Pamir, A. Necdet. “Dünyada ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları”. **Metalurji Dergisi**, s. 134 (2003): 19.

\_\_\_\_\_. **Enerjinin İktidarı** 2. bs. İstanbul: Hayy Yayıncılık, 2016.

Reddy, P. Jayarama. **Science and Technology of Photovoltaics**. 2. bs. Hyderabad: BS Publications, 2010.

REN21. **Renewables 2016: Global Energy Report**.

\_\_\_\_\_. **Renewables 2017: Global Energy Report**.

Sakarya, Olgun. “Dağıtım Özelleştirmeleri ve Elektrik Piyasası”. **TMMOB 8. Enerji Sempozyumu Bildirileri 17-19 Kasım 2011**: 396.

Savrul, Burcu Kılınç. **Enerji Ekonomisi: Türkiye’nin Enerji Sektörü ve Alternatif Enerji Kaynakları**. Çanakkale: Dora Yayıncılık, 2016.

Sustainable Energy Authority of Ireland. **Domestic Fuels-Comparison of Energy Costs 2017**.

T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı. **Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı**. Ankara, 1979.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. **Türkiye Çevre Atlası**. Ankara, 2004.

T.C. Serhat Kalkınma Ajansı. **TRA2 Bölgesi Yeşil Enerji Kaynakları Sektör Raporu**. Kars: 2015.

Tamzok, Nejat, Mehmet Torun. “Türkiye’nin Enerji Politikaları İçerisinde Kömürün Önemi”. **TMMOB 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 21-23 Aralık 2005**.

TEAŞ. **TEAŞ Santralleri Üretim Maliyeti İstatistikleri 1983-1996**. Ankara: 1997.

\_\_\_\_\_. **TEAŞ Santralleri İşletme (Sınai) ve Ticari Maliyeti İstatistikleri 1994-1999**. Ankara: 2000.

TEİAŞ. **Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2015-2019)**. Ankara: 2015.

\_\_\_\_\_. **Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretiminin Değişimi (1970-2015)**.

Thomas, Isabel. **The Pros and Cons of Solar Power**. New York: The Rosen Publishing Group, 2008.

Tiftikçigil, Burcu Yavuz Çağla Gül Yesevi. **Türkiye’nin Enerji Görünümü Stratejiler ve İlişkiler**. İstanbul: Derin Yayınları, 2015.

TMMOB Maden Mühendisleri Odası. **Enerji ve Kömür Raporu**. Ankara: 2015.

TMMOB Makina Mühendisleri Odası. **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Oda Raporu**. 2008.

\_\_\_\_\_. **Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği**. 3. bs. Ankara: 2012.

\_\_\_\_\_. **Türkiye’nin Enerji Görünümü**. Ankara: 2010.

TÜİK. **Enerji Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kaynak Payları**.

\_\_\_\_\_. **Standart Uluslararası Ticaret Sınıflamasına Göre İthalat, 1996-2017**.

Türkiye Çevre Vakfı. **Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları**. Ankara, 2006.

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu. **Kömür (Linyit) Sektör Raporu 2014**.

\_\_\_\_\_. **2015 Kömür (Linyit) Sektör Raporu**.

Türkiye Taşkömürü Kurumu. **Taşkömürü Sektör Raporu 2015**.

\_\_\_\_\_. **Taşkömürü Sektör Raporu 2016**.

TÜSİAD. **21. Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi**. İstanbul: 1998.

U.S. Department of Energy. **2014 Hydropower Market Report**.

Uğurlu, Örgen. **Çevresel Güvenlik ve Türkiye’de Enerji Politikaları**. İstanbul: Örgün Yayınevi, 2009.

World Energy Council. **Energy Efficiency: A Recipe for Success**. Londra: 2010.

\_\_\_\_\_. **World Energy Resources: Wind 2016**.

World Wildlife Fund. **Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği**. İstanbul: 2011.

\_\_\_\_\_. **The Energy Report 100 % Renewable Energy by 2050**.

WTO. **International Trade Statistics 2015**.

World Wind Energy Association. **World Wind Resource Assessment Report**.

Yapraklı, Sevda. **Enerjiye Dayalı Büyüme: Türk Sanayi Sektörü Üzerine Uygulamalar**. İstanbul: Beta Yayınları, 2013.

Yılmaz, Eren Alper. “Güvenlik ve Ekonomik Boyutuyla Nükleer Enerji Tartışmaları: Akkuyu Nükleer Santrali Örneği”. **Cumhuriyet Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi**, c. 39, s. 1 (2015): 233.

Yiğitbaşıoğlu, Hakan. “Türkiye İçin Önemli Bir Maden: Bor”. **Ankara Üniversitesi Dil ve Coğrafya Fakültesi Dergisi**, c. 2, s. 2. (2004): 18.

<http://bepa.yegm.gov.tr/> (29.05.2017).

<http://www.bloomberght.com/emtia/brent-petrol> (08.06.2017).

<https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf> (06.12.2017).

<http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.HYRO.ZS?end=2015&start=1960>  
(01.07.2017).

<https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=AT> (14.09.2017).

<https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=TR> (14.09.2017).

<http://www.dw.com/tr/b%C3%BCy%C3%BCk-proje-i%C3%A7in-imzalar-at%C4%B1ld%C4%B1/a-36010270> (12.05.2017).

[http://www.earth-policy.org/images/uploads/graphs\\_tables/highlights33\\_capacity.PNG](http://www.earth-policy.org/images/uploads/graphs_tables/highlights33_capacity.PNG)  
(22.06.2017).

<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=25372> (26.06.2017).

[https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=000000000000000000000000g&c=ruvvvvvfvtnvvv1urvvvvfvvvvvfvvvvou20evvvvvvvvvvuvvo&ct=0&tl\\_id=2-A&vs=INTL.37-7-AFG-MK.A&cy=2014&vo=0&v=H&start=1981&end=2015](https://www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=000000000000000000000000g&c=ruvvvvvfvtnvvv1urvvvvfvvvvvfvvvvou20evvvvvvvvvvuvvo&ct=0&tl_id=2-A&vs=INTL.37-7-AFG-MK.A&cy=2014&vo=0&v=H&start=1981&end=2015) (11.07.2017).

<https://energy.gov/eere/analysis/energy-intensity-indicators-transportation-energy-consumption> (22.08.2017).

<https://energy.gov/sites/prod/files/2015/08/f25/LCOE.pdf> (11.07.2017).

[http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369#.WS0afRbov4Y](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369#.WS0afRbov4Y)  
(21.05.2017).

[http://www.emo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=88369](http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369) (13.10.2017).

<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz> (26.05.2017).

<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik> (29.05.2017).

<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> (30.05.2017).

<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol> (24.05.2017).

<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> (28.05.2017).

<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Uranyum-ve-Toryum> (26.05.2017).

<http://www.enerjiatlas.com/biyogaz/> (12.12.2017).

<http://www.enerjiatlas.com/elektrik-uretimi/gunes> (08.07.2017).

<http://www.enerjiatlas.com/ruzgar/> (12.12.2017).

[http://www.enerjienergy.com/artikel.php?artikel\\_id=460](http://www.enerjienergy.com/artikel.php?artikel_id=460) (08.05.2017).

<http://enerjienstitusu.com/turkiye-kurulu-elektrik-enerji-gucu-mw/> (10.05.2017).

<https://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/n/nuclear-power-plant-world-wide.htm> (24.06.2017).

<https://www.haberler.com/rusya-ve-ukrayna-eski-gunlere-dondu-rus-ussune-25-haberi/> (19.06.2017).

<http://www.hurriyet.com.tr/4-milyar-dolarlik-ozellestirme-hayali-121541> (02.05.2017).

<http://www.hurriyet.com.tr/areva-icin-10-milyar-dolarlik-kurtarma-plani-40327049> (03.07.2017).

<http://www.hurriyet.com.tr/kustah-turkmenbasi-39106266> (04.04.2017).

<https://www.hydropower.org/a-brief-history-of-hydropower> (10.02.2017).

<http://www.imeche.org/news/news-article/top-10-solar-photovoltaic-plants-in-the-world> (10.12.2016).

<http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html> (12.09.2017).

<http://www.lngcng.org.tr/lngnedir.aspx> (17.06.2017).

<https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/havakirliligi.pdf> (10.6.2017).

<https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TURKIYE%20ENERJI%20GORUNUM%20U%202017%20%2825.03%29.pdf> (24.08.2017).

[http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/54a0872d81aa413\\_ek.pdf?tipi=2&tuu=X&sube=10](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/54a0872d81aa413_ek.pdf?tipi=2&tuu=X&sube=10) (22.05.2017).

<http://www.ntv.com.tr/dunya/portekiz-4-gun-boyunca-yenilenebilir-enerji-kullandi,6hTdMxbrg0Wra6L0haaw7Q> (30.06.2017).

<http://www.ntv.com.tr/ekonomi/turk-akimi-projesi-nedir,6SPX69IWSkaL6pBjj9F3EA> (07.05.2017).

<http://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/industry/industry01.pdf> (19.08.2017).

<http://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/industry/industry04.pdf> (20.08.2017).

<http://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/industry/industry11.pdf> (19.08.2017).

<https://ourworldindata.org/energy-production-and-changing-energy-sources/> (15.06.2017).

<https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy-consumption-1800-2015> (15.09.2017).

<https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy-consumption-1800-2015?stackMode=relative> (16.09.2017).

<https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/turkiyede-petrol-uretimi/> (12.12.2017).

[http://www.pigm.gov.tr/images/pdf/2016/2015\\_Yili\\_Petrol\\_Arama\\_ve\\_Uretim\\_Faaliyetleri.pdf](http://www.pigm.gov.tr/images/pdf/2016/2015_Yili_Petrol_Arama_ve_Uretim_Faaliyetleri.pdf) (09.06.2017).

<http://www.power-technology.com/features/featurethe-worlds-biggest-solar-photovoltaic-cell-manufacturers-4863800/> (11.09.2017).

[http://www.sde.org.tr/userfiles/file/Kaya%20Gaz%C4%B1%2002\\_04\\_13.pdf](http://www.sde.org.tr/userfiles/file/Kaya%20Gaz%C4%B1%2002_04_13.pdf) (25.06.2017).

<http://www.shell.com/content/dam/royaldutchshell/documents/corporate/scenarios-newdoc.pdf> (28.06.2017).

<http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/nuclear-generation-by-country.aspx> (24.06.2017).

<http://www.worldstopexports.com/turkeys-top-10-exports/> (02.09.2017).

<https://yearbook.enerdata.net/coal-lignite/coal-world-consumption-data.html> (13.09.2017).

<http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/EnerjiProfili.pdf> (02.10.2017).

<http://www.zerobuildings.com/renewable-and-green-energy-cost-trends/> (31.07.2017).

## ÖZ GEÇMİŞ

Ceyhun Turan, 31 Ekim 1989'da İstanbul'da doğmuştur. Lise eğitimini İstanbul Anadolu Lisesi'nde, lisans eğitimini ise İstanbul Üniversitesi'nde almıştır. 2008 yılında İstanbul Üniversitesi'nde İktisat Fakültesi'nin İngilizce İktisat bölümünde öğrenime başlamış, 2012 yılında bu bölümden mezun olmuştur. 2013'te ise Yıldız Teknik Üniversitesi'nin Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün İktisat bölümünde öğrenime başlamış, eğitimini burada sürdürmektedir.

