

T.C.  
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE'DE BİRİNCİL ENERJİ  
TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME  
İLİŞKİSİ: DİNAMİK BİR ANALİZ**

Yüksek Lisans Tezi

**Bilal GÜNER**

**Danışman**

**Prof. Dr. Sabri AZGÜN**

Erzincan 2018

## TEZ BİLDİRİMİ

"Türkiye'de Birincil Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Dinamik Bir Analiz" isimli "Yüksek Lisans" tezim tarafımda intihal programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim.



BİLAL GÜNER

### EK 3: TEZ KABUL TUTANAĞI

#### SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu çalışma, İktisat Anabilim Dalının İktisat Bilim Dalında jürimiz tarafından **Yüksek Lisans** Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Danışman / Jüri :**

Prof. Dr. Sabit AZGÜN

**Jüri :**

Dr. Öğr. Üyesi Zülküf AYRANGÖL

**Jüri :**

Dr. Öğr. Üyesi Kerem MERDAN

# TÜRKİYE’DE BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: DİNAMİK BİR ANALİZ

**Bilal GÜNER**

**Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat  
Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2018**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sabri AZGÜN**

## ÖZET

Enerji, sanayi devrimi ile birlikte talebi ve önemi sürekli artan, günümüzde mal ve hizmetlerin üretiminde zorunlu bir girdi olarak kullanılan önemli bir kaynaktır. Türkiye’de de son yıllarda artan talep ve enerji ihtiyacına bağlı olarak, enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi ülke ekonomisine yön veren politikaların belirlenmesi hususunda son derece önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı; Türkiye’de enerji tüketiminin büyüme üzerindeki etkisini 1970-2016 dönemi itibari ile yıllık birincil enerji tüketimi, reel gayri safi yurtiçi hasıla ve reel sermaye birikimi verileri kullanılarak araştırmaktır. Analizde Zivot-Andrews, Lumsdaine Papell ve Lee Strazicich birim kök testleri kullanılmıştır. Yapısal kırılma altında serilerin uzun dönemli ilişkileri Hatemi-J eş-bütünleşme ve FMOLS testi, kısa dönemli ilişkileri ise VECM modeli ile ortaya konulmuş, analiz sonucunda birincil enerji tüketimi ile RGSYH arasında hem kısa hem de uzun dönemde pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bununla birlikte, değişkenler arasındaki ilişkinin yönü Toda-Yamamoto nedensellik testi ile incelenmiş ve birincil enerji tüketiminden RGSYH’ya doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu görülmüştür. Son olarak değişkenler arasındaki dinamik ilişki, Kalman Filtresi yöntemi ile tahmin edilmiş ve analiz neticesinde birincil enerji tüketiminin büyüme üzerindeki etkisinin pozitif yönlü olduğu ancak zamanla azaldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Birincil Enerji Tüketimi; Ekonomik Büyüme; Yapısal Kırılmalı Eş Bütünleşme; Kalman Filtresi

# **THE RELATIONSHIP BETWEEN PRIMARY ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH IN TURKEY: A DYNAMIC ANALYSIS**

**Bilal GÜNER**

**Erzincan Binali Yıldırım University, The Institute of Social Science,  
Department of Economics, Master Thesis, July 2018**

**Thesis Supervisor: Prof. Dr. Sabri AZGÜN**

## **ABSTRACT**

Energy, with its increasing importance and demand from industrial revolution and its compulsory characteristic for commodity produce process, is a source. Depending on Turkey's increasing demand and energy need, it is important to examine the relationship between energy consumption and growth in order to determine the policies that direct Turkey's economy.

The aim of this study is to examine the affect of economic growth between 1970 and 2016 by using data of primary energy consumption, real GDP and real capital stock. During that examination, Zivot-Andrews, Lumsdaine Papell and Lee Strazicich unit-root tests has been used. This work presents both the long term relationship of series under structural breaks with Hatemi-J cointegration analysis and FMOLS analysis, the short term relationship of series under structural breaks with VECM model. As a result of analysis, the study finds positive and significant relationship between primary energy consumption and real GDP not only in short term but also in long term. In addition, the relationship among variables has been examined by Toda-Yamamoto causality test which shows one-way causality from primary energy consumption to real GDP. After these tests, as a final remark, dynamic relation among variables has been estimated by time-varying parameter method known as Kalman Filter. As a result of dynamic test, the study found that primary energy consumption affects the growth in a positive direction but this positive influence gradually decreases in time.

**Key Words:** Primary Energy Consumption; Economic Growth; Cointegration with Structural Break; Kalman Filter

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında ve yüksek lisans eğitimim boyunca; her türlü sabrı, yardımı, bilgi ve desteği, tanıştığım ilk günden beri esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Sabri AZGÜN'e; tez yazım sürecimin her aşamasında gece gündüz demeden zamanını ayırıp, yardım ve desteğini biran olsun esirgemeyen kıymetli dostum ve mesai arkadaşım Arş. Gör. Bülent Diclehan ÇADIRCI'ya; katkılarından dolayı tez jürimde bulunan Dr. Öğr. Üyesi Zülküf AYRANGÖL ve Dr. Öğr. Üyesi Kurtuluş MERDAN hocalarıma sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmamı tamamlamam konusunda destek ve dualarını bir an olsun esirgemeyen canımdan özge annem, babam ve kardeşlerime; zor zamanlarımda ve uykusuz gecelerimde her zaman yanımda olan, sabırla bekleyerek, şikâyet etmeden doğacak bebeğimizle ilgilenen sevgili ve biricik eşime minnettarlığımı sunar ve teşekkürü bir borç bilirim.

**Bilal GÜNER**

# İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ .....	I
TEZ KABUL TUTANAĞI .....	II
ÖZET .....	III
ABSTRACT .....	IV
ÖNSÖZ .....	V
İÇİNDEKİLER .....	VI
KISALTMALAR .....	IX
ŞEKİL LİSTESİ .....	XI
TABLO LİSTESİ .....	XIII
GİRİŞ .....	1

## 1. BÖLÜM

<b>ENERJİ KAVRAMI, DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ GÖRÜNÜMÜ</b> .....	5
1.1. ENERJİNİN TANIMI, TARİHSEL SÜREÇ VE ÖNEMİ .....	5
1.2. ENERJİ KAYNAKLARI VE SINIFLANDIRILMASI .....	9
1.3. ENERJİ KAYNAKLARI DÜNYA VE TÜRKİYE GÖRÜNÜMÜ .....	10
1.3.1. Birincil Enerji Kaynakları .....	10
1.3.1.1. Dünya'da Birincil Enerji Görünümü .....	10
1.3.1.2. Türkiye'de Birincil Enerji Görünümü .....	20
1.3.2. Fosil (Yenilenemeyen) Enerji Kaynakları .....	28
1.3.2.1. Petrol .....	29
1.3.2.1.1. Dünya'da Petrol Görünümü .....	33
1.3.2.1.2. Türkiye'de Petrol Görünümü .....	37
1.3.2.2. Kömür .....	40
1.3.2.2.1. Dünya'da Kömür Görünümü .....	42
1.3.2.2.2. Türkiye'de Kömür Görünümü .....	46
1.3.2.3. Doğalgaz .....	49

1.3.2.3.1. Dünya 'da Doğalgaz Görünümü.....	49
1.3.2.3.2. Türkiye 'de Doğalgaz Görünümü .....	52
1.3.2.4. Nükleer Enerji .....	55
1.3.2.4.1. Dünya 'da Nükleer Enerji Görünümü.....	55
1.3.2.4.2. Türkiye 'de Nükleer Enerji Görünümü .....	57
1.3.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	58
1.3.3.1. Dünya 'da Yenilenebilir Enerji Görünümü .....	61
1.4.1.1. Türkiye 'de Yenilenebilir Enerji Görünümü .....	63

## 2. BÖLÜM

<b>ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ.....</b>	<b>65</b>
2.1. ENERJİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİNİN KAPSAM VE ÖNEMİ ..	65
2.2. ENERJİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER .....	67
2.2.1. Enerji Sermaye Arasında İkame ve Tamamlayıcılık İlişkisi .....	68
2.2.2. Teknolojik Yenilikler ve Enerji Etkinliği.....	71
2.2.3. Enerjinin Girdi Bileşimindeki Kaymalar ve Enerjinin Kalitesi .....	74
2.2.4. Enerjinin Çıktı Bileşimindeki Kaymalar .....	77
2.3. ENERJİ BÜYÜME İLİŞKİSİNE YÖNELİK TEORİK YAKLAŞIMLAR.....	78
2.3.1. Ekonomik Büyüme Kavramı ve Gelişimi .....	78
2.3.2. Klasik Ekonomide Enerji ve Büyüme.....	81
2.3.3. Neoklasik Ekonomide Enerji ve Büyüme.....	82
2.3.4. İçsel Büyüme Teorilerinde Enerji ve Büyüme .....	85
2.3.5. Ekolojik- Biyofiziksel Teorilerde Enerji ve Büyüme .....	88
2.4. ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜMEYE İLİŞKİN LİTERATÜR TARAMASI .....	91
2.4.1. Tek Ülke İçin Yapılan Çalışmalarda Enerji ve Büyüme İlişkisi.....	93
2.4.2. Ülke Grupları İçin Yapılan Çalışmalarda Enerji ve Büyüme İlişkisi.....	94



### 3. BÖLÜM

<b>BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA</b> .....	97
3.1. VERİ SETİ YÖNTEM METODOLOJİ .....	97
3.2. GECİKME SAYISININ BELİRLENMESİ .....	100
3.3. BİRİM KÖK TESTLERİ .....	100
3.3.1. Zivot- Andrews Birim Kök Testi .....	103
3.3.2. Lumsdaine ve Papell Birim Kök Testi.....	105
3.3.3. Lee ve Strazicich Birim Kök Testi .....	106
3.4. EŞ-BÜTÜNLEŞME TESTLERİ.....	108
3.4.1. Gregory-Hansen Eş-Bütünleşme Testi .....	109
3.4.2. Hatemi-J Eş-Bütünleşme Testi.....	111
3.5. UZUN DÖNEM KATSAYI TAHMİNİ .....	113
3.6. KISA DÖNEM KATSAYI TAHMİNİ .....	115
3.7. TODA-YAMAMOTO NEDENSELLİK TESTİ.....	116
3.8. DURUM UZAY MODELLEMESİ VE KALMAN FİLTRESİ .....	117
3.8.1. Kalman Filtresi .....	119
3.8.2. Kalman Filtresi Analiz Sonuçları .....	120
SONUÇ .....	126
KAYNAKLAR .....	132
İNTERNET KAYNAKLARI .....	150
EKLER .....	152

## KISALTMALAR

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>ADF</b>	: Augmental Dickey-Fuller
<b>BEE</b>	: Enerji Etkinliği Kurumu
<b>BET</b>	: Birincil Enerji Tüketimi
<b>BM</b>	: Birleşmiş Milletler
<b>BTEP</b>	: Bin Ton Eşdeğer Petrol
<b>EIA</b>	: ABD Enerji Bilgi İdaresi
<b>EİGM</b>	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
<b>ETKB</b>	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
<b>FMOLS</b>	: Fully Modified Ordinary Least Square
<b>GFI</b>	: Gayri Safi Sabit Sermaye Birikimi
<b>GH</b>	: Gregory Hansen
<b>GOÜ</b>	: Gelişmekte Olan Ülke
<b>GSYH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>GÜ</b>	: Gelişmiş Ülke
<b>GWh</b>	: Giga Watt Saat
<b>HJ</b>	: Hatemi-J
<b>IEA</b>	: Uluslararası Enerji Ajansı
<b>LP</b>	: Lumsdaine-Papell
<b>LPG</b>	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
<b>LS</b>	: Lee-Strazicich
<b>MBTU</b>	: Million British Termal Units
<b>MTEP</b>	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol

<b>MW</b>	: Megavatt
<b>NT</b>	: Nedensellik Testi
<b>OECD</b>	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
<b>OPEC</b>	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
<b>PP</b>	: Philips Perron
<b>RGFI</b>	: Reel Gayri Safi Sabit Sermaye Birikimi
<b>RGSYH</b>	: Reel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>RMG</b>	: Reel Milli Gelir
<b>SSCB</b>	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
<b>TAEK</b>	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
<b>TFV</b>	: Toplam Faktör Verimliliği
<b>TY</b>	: Toda-Yamamoto
<b>YY</b>	: Yüzyıl
<b>ZA</b>	: Zivot-Andrews

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	152
Şekil 1.2	Ülkelerin Enerji Akımları	11
Şekil 1.3	Kaynak Türlerine Göre Dünya Birincil Enerji Arzı (MTEP)	13
Şekil 1.4	Dünya toplam Birincil Enerji Arzı (MTEP)	14
Şekil 1.5	Coğrafi Açıdan Birincil Enerji Tüketimi (%)	16
Şekil 1.6	Coğrafi Açıdan Birincil Enerji Tüketimi (MTEP)	17
Şekil 1.7	Birincil Enerji Tüketiminin Yakıt Türlerine Göre Coğrafi Dağılımı (2016 MTEP)	18
Şekil 1.8	Dünya Birincil Enerji Tüketimi ve Dağılımı 2035 yılı Projeksiyonu	19
Şekil 1.9	Yakıt Türlerine Göre Türkiye Birincil Enerji Arz Dağılımı	22
Şekil 1.10	Türkiye Birincil Enerji Arzı ve Yerli Üretim (MTEP)	24
Şekil 1.11	Yıllar İtibari İle Türkiye Birincil Enerji Tüketimi	25
Şekil 1.12	Yakıt Türlerine Göre Türkiye Birincil Enerji Tüketimi (%)	26
Şekil 1.13	Türkiye Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı	27
Şekil 1.14	İspatlanmış Petrol Rezervlerinin Coğrafi Dağılımı	33
Şekil 1.15	1970-2016 Yılları Dünya Ham Petrol Üretimi (Milyon Ton)	34
Şekil 1.16	Yıllar İtibari İle Dünya Ham Petrol Üretiminin Coğrafi Dağılımı (Milyon Ton)	35
Şekil 1.17	1970-2016 Yılları Dünya Ham Petrol Tüketimi (Milyon Ton)	35
Şekil 1.18	Yıllar İtibari İle Dünya Ham Petrol Tüketiminin Coğrafi Dağılımı (Milyon Ton)	36
Şekil 1.19	Türkiye'nin Yıllar itibari ile Petrol Üretimi (Bin Ton)	37
Şekil 1.20	Türkiye'nin Petrol Tüketiminde, Üretim ve İthalatın Rolü (%)	38
Şekil 1.21	2016 Yılı Türkiye Ham Petrol İthalatında Ülkelerin Payı (%)	39
Şekil 1.22	Yıllar İtibari ile Türkiye'nin Petrol Tüketimi (Bin Ton)	39
Şekil 1.23	Dünya Kömür Rezervlerinin Coğrafi Dağılımı	42
Şekil 1.24	1970-2016 Yılları Dünya Kömür Üretimi (MTEP)	43
Şekil 1.25	Dünya Kömür Üretiminin Coğrafi Dağılımı (1981-2016, MTEP)	44
Şekil 1.26	Dünya Kömür Tüketiminin Coğrafi Dağılımı (1970-2016, MTEP)	44
Şekil 1.27	Yıllar İtibari ile Türkiye Kömür Üretimi (BTEP)	47
Şekil 1.28	Yıllar itibari ile Türkiye Kömür Tüketimi (BTEP)	48
Şekil 1.29	Dünya Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervlerinin Coğrafi Dağılımı	50
Şekil 1.30	Dünya Doğalgaz Üretimi (1970-2016, milyar m <sup>3</sup> )	50
Şekil 1.31	Dünya Doğalgaz Tüketimi (1970-2016, milyar MTEP)	51
Şekil 1.32	Türkiye Doğalgaz Üretimi (1976-2016, BTEP)	53
Şekil 1.33	Türkiye'nin Doğalgaz Tüketimi (1976-2016, BTEP)	54

Şekil 1.34	Dünya Nükleer Enerji Tüketimi (1970-2016, MTEP)	57
Şekil 1.35	Dünya Yenilenebilir Enerji Tüketimi (MTEP)	62
Şekil 1.36	Kaynak Bazında Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim Oranları (%)	63
Şekil 1.37	Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Tüketimi (2000-2016, MTEP)	64
Şekil 3.1	Makroekonomik Değişkenlerinin Yıllar İtibariyle Seyri	99
Şekil 3.2	Filtrelenmiş ve Düzleştirilmiş Tahmin Grafiği	123
Şekil 3.3	Gerçekleşen ve Filtrelenen Hâsıla Değerleri Karşılaştırılması	123
Şekil 3.4	RGFI ve BET'nin Yıllar İtibari ile Dinamik Etkisi	125



## TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1	Enerji Alanında Yaşanan Önemli Gelişmeler	7
Tablo 1.2	Dünya Toplam Birincil Enerji Akımı (MBTU)	11
Tablo 1.3	Kaynak Türlerine Göre Dünya Birincil Enerji Arzı(MTEP)	12
Tablo 1.4	Coğrafi Açıdan Birincil Enerji Tüketimi (MTEP)	15
Tablo 1.5	Türkiye'nin Genel Enerji Denge Seyri	21
Tablo 1.6	Türkiye Toplam Birincil Enerji Akımı (MTEP)	21
Tablo 1.7	Dünya Nükleer Enerji Santralleri ve Üretim	56
Tablo 1.8	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajları	60
Tablo 2.1	Enerji ve Büyüme İlişkisine Yönelik Tek Ülke İçin Yapılan Çalışmalar	93
Tablo 2.2	Enerji ve Büyüme İlişkisi Ülke Grupları İçin Yapılan Çalışmalar	95
Tablo 3.1	Değişkenlerin Tanıtılması, Tanımlayıcı İstatistikleri ve Korelasyon İlişkisi	99
Tablo 3.2	Geleneksel Birim Kök Testi Sonuçları	102
Tablo 3.3	Zivot-Andrews Birim Kök Testi Sonuçları	104
Tablo 3.4	Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi Sonuçları	106
Tablo 3.5	Lee-Strazicich Birim Kök Testi Sonuçları	107
Tablo 3.6	Gregory-Hansen Eş-Bütünleşme Testi Sonuçları	110
Tablo 3.7	Hatemi-J Eş-Bütünleşme Testi Sonuçları	113
Tablo 3.8	FMOLS Eş-Bütünleşme Uzun Dönem Katsayı Tahmin Sonuçları	114
Tablo 3.9	Hata Düzeltme Modeli Sonuçları	115
Tablo 3.10	Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi Sonucu	117
Tablo 3.11	Logaritmik Serilerin Tanımlamaları	121
Tablo 3.12	Kalman Filtre Sonuçları	121
Tablo 3.13	Bağımsız Değişkenlerin Dinamik Etki Değerleri	124

## GİRİŞ

En genel tanım ile iş yapabilme kapasitesi olarak ifade edilen enerji, ilkel dönemlerden günümüze kadar gerek toplumların ve devletlerin, gerekse küresel ekonomik sistemlerin ele alıp incelediği en önemli hususların başında gelmektedir. İnsanlar her dönem yaşam koşullarını iyileştirmek ve ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla içinde bulunduğu dönemin, bilgi birikimi ve teknolojik seviyesine bağlı olarak enerjiden yararlanmıştır.

Başlangıçta yüzeysel ve basit amaçlar için kullanılan enerjiden; artan nüfus ve teknolojik gelişmelerle birlikte daha fazla yararlanmaya çalışılmıştır. Bu süreçte insanoğlu tabiatı keşfettikçe yeraltındaki ve yerüstündeki kaynakları daha iyi kullanmaya başlamış, hem enerji kaynaklarının çeşidi hem de bunların üretim ve tüketimi artmaya başlamıştır.

Enerji, sanayi devrimi ile birlikte büyük ölçekli, seri üretimlere geçilmesine paralel olarak toplumlar ve ekonomiler için vazgeçilmez bir faktör olmuştur. Sanayi devriminde yaşanan teknolojik iyileşmeler beraberinde yeni buluş ve keşifleri meydana getirmiş, bu ise üretimi, emek yoğun olan kas gücünden çıkararak, makineleşen büyük ölçekli sanayi yoğun endüstrilere dönüştürmüştür. Sanayi devriminde yaşanan bu gelişmeler ışığında, insanlar kırdan kente doğru göç etmiş ve hızlı nüfus artışı, enerjiye olan ihtiyacı daha da artırarak, ekonomileri enerjiye bağımlı hale getirmiştir.

Enerjiye olan bağımlılığın artması, enerjiye dayalı politikaların gelişmesine, buna bağlı olarak ülke sınırlarının değişmesine, aynı zamanda artan küresel dünya ile birlikte enerjiye dayalı birçok anlaşma ve çatışmaların hatta savaşların yaşanmasına neden olmaktadır. Çünkü tarihsel süreç incelendiğinde, bir ülkenin enerji kaynak bakımından zengin olması veya enerji hatlarını kontrolü altında tutması, o ülkenin küresel dünyada önemini artırmakta ve hem politik hem de ekonomik alanlarda söz sahibi olmasına sebep olmaktadır.

Tüm bu gelişmelerin yanı sıra 1970’li yıllara gelene kadar hem ucuz hem de ihtiyaçtan fazla olan enerji, 1970’li yıllardan sonra yaşanan dünya genelindeki enerji

krizleri nedeni ile enerji fiyatlarında meydana gelen hızlı değişimler, özellikle gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümesini olumsuz etkilemiştir. Bu bağlamda ülkeler, enerji güvenliğini sağlamak ve enerjide dışa olan bağımlılığını azaltmak için; enerji kaynak çeşitliliklerini artırma, alternatif enerji kaynakları bulma, mevcut enerji kaynaklarını daha etkin kullanma yolunu tercih etmişlerdir.

Günümüze gelindiğinde ise enerji; ilerleyen teknolojinin sunduğu olanaklarla birlikte, sosyal, politik ve ekonomik kalkınmanın en dikkat çekici unsuru ve dünya ekonomi ve politikasına yön veren en temel faktörlerden biri haline gelmiştir.

Yaşanan petrol krizleri ile birlikte, enerji tüketimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişki, iktisat literatüründe de sıkça tartışılan ve ele alınan konuların başında yer almakta ve küresel ekonomik sistemin de etkisi ile giderek önemini artırmaktadır. Ülkelerin büyümelerinin sürdürülebilir olması enerjii ne kadar etkin kullandıkları ile paraleldir. Dünya genelinde enerji kaynaklarının yeryüzüne eşit ve yeterli oranda dağılmadığı düşünülüğünde, enerjinin etkin olarak kullanılmasının önemi bir kat daha atmaktadır. Bu durum enerjinin stratejik öneme sahip sınırlı bir kaynak olduğunun kabul edilmesine yol açmakta ve enerjiyle ilgili yapılan teorik çalışmaların da hız kazanmasına neden olmaktadır.

Bu bağlamda 1978 yılında Kraft ve Kraft tarafından yapılan çalışma ile başlayan teorik ve uygulamalı literatürde, enerji tüketimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişkinin varlığı tespit edilmeye çalışılmış, ele alınan çerçevede ülkelerin enerji politikalarının, büyüme performanslarını ne yönde ve nasıl etkileyeceği tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu noktada bu iki değişken arasında nedensellik ilişkisinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Çünkü bu iki değişken arasındaki nedensellik ilişkisinin tespit edilmesi, ülkelerin uygulayacakları ekonomik ve siyasi politikalar açısından oldukça önemlidir.

Nitekim bu iki değişken arasındaki ilişki, özellikle enerji piyasalarında, devletin aktif olarak rol aldığı Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu ülkelerde, nedenselliğin yönüne bağlı olarak, politikaların belirlenmesi ve yön verilmesinde önemli bir göstergedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda genel itibari ile enerji ve büyüme arasında pozitif bir ilişki bulunmasına rağmen, ülke grupları ve incelenen



dönem farklılıklarından dolayı nedenselliğin yönü hakkında görüş birliği sağlanamamıştır.

Türkiye açısından enerji tüketimi incelendiğinde 1970’li yıllarda kendi kendine yetebilen enerji, ülkenin son yıllarda girdiği büyüme trendine bağlı olarak artış göstermektedir. Nüfus artışı ve kalkınmanın etkisi ile artan talep, enerji kaynakları bakımından oldukça yetersiz olan Türkiye’yi dışa bağımlı hale getirmektedir. Bu da enerjiyi; Türkiye’nin sürdürülebilir büyüme hedefleri açısından dikkat edilmesi ve doğru politikalar alınması gereken stratejik bir etken yapmaktadır.

Yapılan açıklamalar doğrultusunda bu çalışmanın temel amacı, Türkiye ekonomisinde, birincil enerji tüketimi ile iktisadi büyüme arasındaki dinamik ilişkiyi orta koymaktır. Bu ilişkinin belirlenmesi Türkiye için uygulanacak politikaların seçiminde yol gösterici olacaktır. Uygulamalı literatürde, enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişkiyi analiz eden çok sayıda çalışma yer almasına rağmen enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki dinamik ilişkiyi inceleyen çok az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu sebeple çalışmanın literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu kapsamda çalışmanın birinci bölümünde, enerji kavramsal olarak ele alınarak, öncelikle enerjinin tanımı, önemi, tarihsel gelişimi ve sınıflandırılması yapılmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda birincil enerji kaynaklarının dünyada ve Türkiye’de kullanımı hakkında bilgi verilerek, Türkiye’nin enerji kaynak konusunda dünyada nerede olduğuna dair fikir sahibi olunmasına yardımcı olunmaktadır. Bu hususta birincil enerji kaynakları tek tek tasnif edilerek, hem dünya hem de Türkiye için üretim, tüketim durumu, arz ve talep dengesi ve gelecek projeksiyonlarından bahsedilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde enerji ve büyüme ilişkisinin teorik çerçevesi hakkında bilgi verilerek büyüme ve enerji tüketimini etkileyen unsurlar açıklanmaktadır. Ayrıca tarihsel süreçte iktisadi büyüme teorilerinde enerjinin yeri ve önemi, büyüme yazınının enerjiye bakış açısının nasıl olduğu hakkında bilgiler yer almaktadır. Bu bölümde son olarak, çalışmada bir bütünlük sağlamak maksadı ile ülke ve ülke gruplarıyla ilgili yapılan, konu ile inilti daha önceki çalışmalar

kronolojik sıraya göre incelenerek, çalışmanın uygulamalı yönelimi ile ilgili bazı sonuçlar verilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise uygulamada kullanılacak olan ekonometrik yöntemlerin teorik açıklamaları yapılarak, veri seti ortaya konulduktan sonra yapılan ekonometrik analizin sonuçları açıklanmaktadır. Türkiye’de enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişki, 1970-2016 yılları arasındaki birincil enerji tüketimi ve GSYH verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu bağlamda ilk önce enerji tüketimi ile GSYH arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkiler incelenmiş, ardından nedensellik ilişkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Uygulamanın son kısmında ise, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki dinamik ilişki Kalman Filtresi yöntemiyle analiz edilmektedir.

## 1. BÖLÜM

# ENERJİ KAVRAMI, DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

### 1.1. ENERJİNİN TANIMI, TARİHSEL SÜREÇ VE ÖNEMİ

Ülkelerin sosyal ve ekonomik ilerlemelerinin sürükleyici faktörü ve en temel ihtiyaçlarından biri enerjidir. Hayatın başlangıcından bu yana insanlar yaşamlarını kolaylaştırmak ve devam ettirmek amacıyla asırlardır enerjiyle iç içe yaşamını sürdürmüştür. Bu süreç içerisinde ihtiyaçlar zamanla nitelik ve nicelik bakımından farklılaşmış ve enerjiye bağımlılığın çehresi değişmiştir (Yoğurtçugil, 1970, s. 155).

Varoluşun kaynağı olan enerjiye duyulan ihtiyaç zamanla nitelik ve nicelik bakımından değişse de insanoğlunun bağımlılığı aynı kalmıştır. Ülkelerin kalkınmasının göstergesi ve kalkınmayı doğrudan etkileyen bir tüketim aracı olan enerji, herhangi bir hareketi yapan veya bu hareketi yapmaya hazır olan kabiliyet olarak tanımlanmaktadır. Başka bir tanıma göre ise Enerji; ‘Yunanca kökenli bir sözcük olup ‘en’ iç, ‘ergon’ iş sözcüklerinden oluşmaktadır. Dolayısıyla enerji içeride oluşan bir ‘iç iş’ tir. Kelime daha sonra sosyal bir anlam kazanarak, iş üretme becerisi, dinamizm, kuvvet, kudret ve etkinlikle eş anlamlı olarak kullanılmaya başlanmıştır’ (Karluk, 2007, s. 239).

Bunun dışında enerji ile ilgili birçok farklı tanım bulunmaktadır. Fizik kitaplarında kullanılan, en yaygın tanımlama şekliyle; iş yapabilme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Aynı zamanda hareket ederken, ısınırken ve aydınlanma amacıyla kullanılan; ışık, ses, ısı gibi etkileriyle hissedilebilen ve hesaplanabilen; kinetik, potansiyel, elektrik, ısı ve nükleer enerji gibi çeşitli türleri bulunan bir büyüklük olarak da tanımlanmaktadır. Enerji biyoloji alanında; canlıların yaşamsal fonksiyonlarını devam ettirebilmeleri için gerekli olan ve temel kaynağının, güneş olduğu bir nosyon (kavram) olarak tanımlanmaktadır. Kimya yazınında ise; kimyasal tepkime sırasında, atomlar arasındaki bağların kırılması gereken ve yeni bağların oluşması sırasında çevreye verilen ısı şeklinde ifade edilmektedir (Töman, Karataş,

& Çimer, 2013, s. 118-119). İktisatçılar için enerji ise, ihtiyaçların giderilmesinde önemli bir fonksiyona sahip yakıt anlamına gelen bir kavramdır. Ayrıca enerji, günümüzde ülkelerin tüm faaliyetlerinde girdi durumundadır ve nüfus, teknolojik gelişme, sanayi ile birlikte talebi de artmaktadır.

İnsanlık tarihi ilk olarak ortaya çıktığında hidrokarbon oluşumu ve birikmiş olan enerji zenginliklerinden haberdar değildi. Yakıt kaynağı olarak, güneş ve fosil yakıtlar yerine sadece odun yakıtını kullanmaktaydılar. İnsanlar, bitkisel ve hayvansal kaynakları kullanmayı öğrendiğinde daha istikrarlı bir gıda ve enerji temini elde etmeye başladı. Milattan önce 3000 yılında Çinliler manyetizmayı, yani günümüzde elektrik üretmeye imkan veren kuvveti keşfettiler. Bu dönemde Ortadoğu'da ise yelken ve ilkel su çarklarını itmek için rüzgar gücünden yararlanılmaktaydı (Aydın, 2014, s. 37).

İnsanlar ham petrolü ilk defa topraktaki sızıntılar sayesinde yeryüzünde biriken havuzlarda keşfettiler. Daha sonra Çinliler petrolü yüzeyde bulamayınca kuyular açarak petrolü bambu borularla yüzeye ulaştırmayı başardılar. İlk olarak mısırlılar petrolü; mumyaları korumak ve tekerlekli araçları yağlamak için kullandılar. Bundan yaklaşık 500 yıl sonra petrolün sanayide kullanımı gerçekleşmiştir (Aydın, 2014, s. 37).

İlkel çağlardan günümüze kadar insanoğlunun yaşam koşulları değiştikçe ve doğayı keşfetmeye başladıkça enerji kaynakları da çeşitlenmeye başlamış, enerji kaynaklarının üretimi ve tüketimi her zaman artan bir seyir izlemiştir. İlkel dönemlerde insanoğlu herhangi bir iş yapabilmek için kendi bedenini kullanmaya başlamış, daha sonraları çevresindeki hayvanlardan faydalanmıştır. Tabiatı keşfettikçe havada esen rüzgardan faydalanarak, onu bir enerji kaynağı olarak kullanmış ve ilerleyen dönemlerde ise kömürden petrole, doğalgaza, hatta atom enerjisine kadar birçok farklı kaynaktan yararlanabilmiştir (Kar & Kınık, 2008, s. 334-335)

Tablo 1.1.'de enerji alanında yaşanan bazı önemli olaylar ve insanların enerji kullanımındaki kilometre taşları kronolojik sıraya göre verilmiştir. (Aydın, 2014, s. 38-41)

**Tablo 1.1: Enerji Alanında Yaşanan Önemli Gelişmeler**

Yıl	Enerji Buluşları ve Önemli Olaylar	Yıl	Enerji Buluşları ve Önemli Olaylar
1694	İngilizler petrol kumundan petrol elde etti.	1971	OPEC ilk petrol kurumlar vergisi oranını %55 olarak aldı.
1709	Demir üretiminde odun kömürü yerine taş kömürü kullanıldı.	1973	ABD ham petrol fiyat kontrolleri uygulamaya başladı.
1750	Endüstriyel devrim	1974	Uluslar arası enerji ajansı kuruldu.
1800	Kömür petrolü denilen gaz yağı kömürden elde edildi. Volta pili icat etti.	1976	Enerji Politikası ve Korunması Yasası için ABD Stratejik Petrol Rezervi (SPR) gerekli oldu.
1804	İlk buharlı lokomotif kullanıldı.	1978	ABD'de doğalgaz politikası yasası geçti.
1831	Faraday elektromanyetik güçten elektrik üretmek için jeneratörü yaptı. İlk rus petrol kuyusu BabiAybul açıldı.	1979	İran devriminden dolayı enerji krizi ve petrol üretiminde düşüşler yaşandı. 3 nükleer kaza meydana geldi.
1846	İlk Kuzey Amerika petrol kuyusu Ontario Kanada'da açıldı.	1980	İran-İrak Savaşı başladı.
1854	Drake Pennsylvania'da petrol yerine kömür ararken petrolü keşfetti.	1981	ABD yerel petrol fiyatı kontrolünü kaldırdı.
1859	ABD'de çalışan 15 basit rafineri kuruldu.	1982	OPEC ilk defa üretim kotası koydu.
1860	CO <sub>2</sub> 'in küresel ısınmaya neden olduğunu söyleyen ilk öneri	1986	Çernobil nükleer kazası oldu.
1862	Rockefeller, Cleveland'da rafinerisinde gazyağını üretmeye başladı.	1988	İran-İrak Savaşı bitti.
1873	Edison elektrik ışığı veren ampülü icat etti.	1990	İrak Kuveyt'e girdi.
1877	Otto içten yanmalı motoru geliştirildi.	1991	SSCB çöküşü başladı. K. Amerika, Kanada, ABD ve Meksika Serbest Ticaret Antlaşması (NAFTA) imzaladı.
1881	Fransız mühendis okyanustan termal enerjisi dönüşümünü(OTEC) inceledi.	1995	Alaska petrol ihracında 22 yıllık yasağı kaldırdı.
1882	İngiltere ve ABD'de ilk santraller kuruldu ve ilk hidro güç ABD'de üretildi.	1996	İrak'ın insani amaçlı petrol satışı başladı.
1885	Rothchilds Rusya'da petrol üretti. RoyalDutch Endonezya'da petrol üretti. Daimler ve Benz ilk otomobili yaptı.	1997	Hazar Boru Hattı Konsorsiyumu yapıldı. Sera gazı emisyonlarını azaltmak için Kyoto Protokolü imzalandı. Asya Krizi başladı.
1890	Dizel motor icat edildi. Danimarkalılar ilk modern yel değirmenlerini inşa etti.	1999	ENI VE Gazprom Rusya'dan Türkiye'ye Mavi Akım Doğalgaz Boru Hattı konusunda anlaştilar.
1892	Shell petrol tankeri, Süveyş kanalı yoluyla petrolü taşıdı.	2000	Almanya nükleer gücü aşamalı olarak artıracığını duyurdu.
1901	İran'da Petrol bulundu.	2001	Kazakistan'da Tengiz sahasından Karadeniz'e petrol boru hattı döşendi.
1903	Wright kardeşlerin içten yanmalı motor ile desteklenen ilk uçuşu gerçekleşti.	2002	Venezüella genel grevi petrol üretimi ve ihracatını yavaşlattı.
1904	İtalya'da ilk olarak Jeotermal elektrik üretimi yapıldı.	2003	ABD ve İngiltere Saddam Hüseyin'in devrilmesiyle Irak'a saldırdı ve ara hükümet kuruldu. BM Irak'a ekonomik yaptırımları durdurdu.
1942	İlk nükleer zincirleme reaksiyonu kuruldu.	2004	Global petrol üretimi günde 70 milyon varili aştı.
1951	ABD'de petrol tüketimi kömür tüketimini aştı.	2005	Bakü-Tiflis-Ceyhan Boru hattı, Hazar petrol sahalarının Akdenize bağlanması tamamlandı
1952	Bell Labs fotovoltaiik hücre inşa etti.	2008	Üçüncü petrol şoku: yaşandı.
1956	İlk nükleer reaktör İngiltere'de elektrik üretti.		
1959	ABD'de zorunlu petrol ithalat kotaları başladı.		
1960	OPEC kuruldu.		

**Tablo 1.1:** Enerji Alanında Yaşanan Önemli Gelişmeler (Devamı)

1968	Fransa'da gelgit güç istasyonu yapıldı.		
1970	ABD petrol üretimi zirve yaptı. Birçok çevre kanunları ABD'nin gündemine girdi.		

Enerji bu önem ve gerekliliğini sanayi devrimi ile birlikte kazanmış ve hayatın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Sanayi devrimi ile birlikte yeni buluşlar üretime uygulanmış, buhar gücü ile çalışan makineler, üretimi kas gücünden çıkarıp, makineleşmiş endüstriyi doğurmuştur. Sanayinin makineleşmesi ile beraber artan refah, insanları enerjiye daha bağımlı hale getirmiştir. Bu sayede enerji, refah artışına yol açan tek girdi olmasa dahi büyümenin olmazsa olmazı konumuna gelmiştir. Çünkü belirli bir ekonomik büyüme ancak belirli miktarda enerji kullanarak mümkün olmaktadır (Ghosh, 2002, s. 125-127).

Kullanılan enerji geçmişine bakıldığında son 200 yılda fosil kökenli yakıtların, (teknolojideki gelişmeler ve ucuz olmalarından dolayı) liderliğinde geçmiş ve bu yakıtlar yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. 1970'li yıllara gelindiğinde ise artan petrol bağımlılığı ve OPEC'in petrol fiyatlarında uyguladığı artışlar nedeni ile enerjiyi ucuz olarak kullanmaya alışan uluslarda birçok dışsal sorunu ve arayışı da beraberinde getirmiştir. Petrol ve kömür gibi fosil enerji kaynaklarının hakimiyetine dayanan enerji çağı, 1973 yılında meydana gelen petrol krizi neticesinde bir güvensizlik ortamı oluşturmuştur. Bu güvensizlik ortamında dünya genelinde uluslar, alternatif kaynak arayışına girmişlerdir (Çukurçayır & Sağır , 2008, s. 258).

Artan nüfus ve teknolojik olanaklarla birlikte enerji ve enerji güvenliği, insan hayatı ve toplumlar için vazgeçilmez bir unsur olmuştur. Tarihsel sürece bakıldığında sanayi devriminden bu yana bir ülkenin enerji kaynaklarına veya enerji hatlarına sahip olması o ülkenin önemini artırmakta, uluslararası siyasi ve ekonomik alanlarda söz sahibi olmasına sebep olmaktadır. Özellikle son yüzyılda yaşanan; I. ve II. Dünya Savaşları, Kore, Küba ve Süveyş Krizleri, Vietnam ve Arap-İsrail Savaşları ile I. ve II. Körfez Savaşları gibi krizler, enerjiyi elde etmek ve uluslararası arenada söz sahibi olma adına yaşanmıştır. Sonuç olarak zaman içerisinde kullanılan enerjinin çeşidi ve teknoloji değişse dahi enerji bu önemini gelecekte de devam ettirecektir (Sevim , 2012, s. 4379).

## 1.2. ENERJİ KAYNAKLARI VE SINIFLANDIRILMASI

Enerji bir ülkenin ekonomik kalkınmasının önemli girdilerinden bir tanesidir. Bu yüzdendir ki, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, sürekli artan yatırımları karşılamak için bu sektör kritik bir öneme sahiptir (BEE, 2004, s. 1). I. Dünya Savaşından beri cansız varlıkların iş yapabilme yeteneği olarak incelenen enerji, 1970'li yıllardan günümüze kadar ise ekonomik büyüme için gerekli bir üretim faktörü olarak genel kabul görmektedir (Yapraklı, 2013, s. 28-29). Özellikle sanayi devriminden sonra artan teknoloji ile birlikte ülkelerin gelişmelerinin en önemli unsuru olmuştur. Hem gelişmiş (GÜ) hem de gelişmekte olan ülkeler (GOÜ), ekonominin ve insanların ihtiyacı olan enerjiyi; sürekli, güvenilir, temiz ve ucuz yollarla bulmayı ve bu kaynakları çeşitlendirmeyi temel amaç haline getirmiştir. Enerji üretiminde, sanayi devrimi ile birlikte, her dönem belirli bir enerji kaynağı önem kazanmış ve toplumların gelişmesinde önemli bir rol oynamıştır (İncekara & Oğulata, 2011, s. 3).

Herhangi bir yolla enerji üretilmesini sağlayan kaynaklara, enerji kaynakları denmektedir. Bu kaynaklar belirli işlemlerden veya süreçten geçerek enerji üretilmesini sağlayan kaynaklardır. Bu kaynakların bir kısmı ekonomik açıdan işlenir durumda ya da ileride ekonomik olarak değerlendirilebilecek şekilde doğal yaşamda var olan yenilenemez (tükenebilir) enerji kaynakları olarak sınıflandırılırken, bir kısmı ise ekonomik açıdan işlenebilir durumda olan ve sürekli yenilenen doğal enerji kaynakları olarak adlandırılır (Karluk, 2007, s. 239).

Yenilenebilir enerji tekrar kullanılabilen enerjidir. Biyo-kütle enerjisi, çöp, hayvansal, bitkisel ve endüstriyel atıklardan elde edilen enerji, etanol, sudan elde edilen hidroelektrik enerjisi, rüzgâr enerjisi, ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülen güneş enerjisi, yerküreden gelen jeotermal enerji, dalga ve gelgit enerjisi gibi enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır. Yenilenemeyen ya da tükenen enerji kaynakları ise milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan kalıntılarının sıcaklık ve basınç sonucunda fosilleşerek; doğal gaz, ham petrol, kömür, uranyum ve toryum gibi atomlardan oluşan nükleer madenlerden meydana gelmektedir (Karluk, 2007, s. 238).

Enerji kaynakları; Enerji Etkinliği Kurumu'na (Bureau of Energy Efficiency-BEE) göre; ticari ve ticari olmayan, birincil ve ikincil, yenilenebilir ve yenilenemez olarak çeşitli kategorilerde sınıflandırılmasının yanında depo edilebilirliğine, yenilenebilirliğine, kullanılabilirliğine göre birçok farklı kategoride de sınıflandırılmaktadır (BEE, 2004, s. 1). Bu durum ekte şekil1.1 ile gösterilmiştir.

Bu çalışmada enerji kaynakları, dönüştürülebilirliğine göre sınıflandırılarak birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak iki ayrı kategoride ele alınacaktır.

### **1.3. ENERJİ KAYNAKLARI DÜNYA VE TÜRKİYE GÖRÜNÜMÜ**

#### **1.3.1. Birincil Enerji Kaynakları**

Birincil enerji kaynakları, doğada oluşan temizleme ve ayrıştırma dışında herhangi bir çevrim ve dönüşüm geçirmeyen enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır (Aydın, 2014, s. 25).

Enerjinin herhangi bir değişim ya da dönüşüme uğramamış haline 'birincil enerji' denir. Birincil enerji kaynakları; petrol, kömür, doğal gaz, hidrolik enerji, nükleer enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, gelgit ve dalga enerjileri, odun, hayvan ve bitki atıklarıdır. Birincil enerjilerin veya ikincil enerji biçimindeki enerjilerin çeşitli yöntemlerle dönüştürülmesi sonucu elde edilen enerji ise 'ikincil enerji' olarak adlandırılır. İkincil enerji kaynakları ise; elektrik, kok kömürü, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)'dir (Karluk, 2007, s. 239).

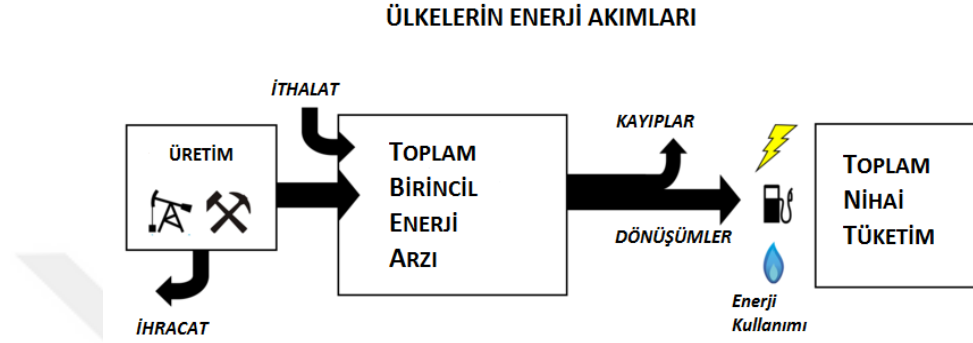
##### **1.3.1.1. Dünya'da Birincil Enerji Görünümü**

Bir ülkenin birincil enerji üretimi, doğrudan doğal kaynaklardan elde edilen birincil yakıtların tamamını ifade etmektedir. Birincil enerji arzı ise ülkedeki ihraç edilen kaynaklardan sonraki üretimin ithal edilen kaynaklarla olan toplamından oluşmaktadır. Birincil enerji kaynakları, bir başka enerji kaynağına dönüştürmek veya ikincil bir yakıt haline getirilmek için enerji dönüştürme teknolojisi ile dönüştürülebilir ve kullanılabilir. Yapılan bu transfer ve çevrim aşamalarından sonra ise nihai tüketim elde edilmektedir. Örneğin ham petrol benzin, dizel veya gazyağı gibi ikincil (kullanılabilen) yakıt haline gelmeden önce bir rafineriye girmelidir.



Kömür, genellikle kömürle çalışan elektrik santrallerinde kullanılır. Rüzgar elektrik üretmeden önce bir rüzgar türbini tarafından kullanılmaktadır. Bu durum şekil 1.2’de gösterilmektedir (Hanani ve Donev).

**Şekil 1.2: Ülkelerin Enerji Akımları**



Kaynak: [http://energyeducation.ca/encyclopedia/Primary\\_energy](http://energyeducation.ca/encyclopedia/Primary_energy) 24.09.2017

**Tablo 1.2: Dünya Toplam Birincil Enerji Akımı (MBTU)**

YILLAR	ÜRETİM	İTHALAT (+)	İHRACAT (-)	STOK DEĞİŞKEN (-)	ARZ	KAYIP TRANSFER ÇEVİRİM	TOLAM NİHAİ TÜKETİM
1973	6213,7	2193,29	2267,34	38,74	6100,9	1439,71	4661,19
2001	10209,14	3833,91	3829,3	48,72	10165,03	3170,42	6994,61
2002	10305,74	3888,54	3823,57	-5,7	10376,42	3281,45	7094,97
2003	10759,58	4120,63	4071,83	8,53	10799,85	3430,17	7369,68
2004	11213,42	4352,72	4320,11	22,76	11223,28	3578,89	7644,39
2005	11467,75	4476,21	4484,92	25,12	11433,92	3522,22	7911,7
2006	11795,75	4615,21	4612,37	58,64	11739,96	3655,52	8084,44
2007	11939,53	4728,59	4645,48	-6,64	12029,27	3743,2	8286,07
2008	12368,95	4764,2	4746,11	119,66	12267,38	3838,97	8428,41
2009	12291,68	4644,83	4662,38	123,93	12150,19	3797,42	8352,77
2010	12789,25	4868,77	4891,01	49,86	12717,16	4040,53	8676,63
2011	13201,76	5008,45	5030,23	66,6	13113,38	4195,85	8917,53
2012	13461,14	5145,53	5181,03	54,62	13371,03	4392,17	8978,86
2013	13594,11	5202,89	5248,57	7,14	13541,28	4240,22	9301,06
2014	13805,44	5175,12	5206,85	74,58	13699,13	4274,44	9424,69
2015	13790,02	5307,89	5395,47	55,08	13647,37	4263,77	9383,6

Kaynak: Energy International Agency, Key World Energy Statistics 2001-2017

Uluslararası Enerji Ajansının yayınlamış olduğu, enerji denge verilerine göre 2015 yılı dünya toplam birincil enerji üretimi 13790,02 Mbtu, ithalat 5307,89 Mbtu,

ihracat 5395,47 Mbtu, birincil enerji arzı 13647,37 Mbtu'dir. Toplam nihai tüketim ise 9383,6 Mbtu olmuştur. Tablo 1.2.'de birincil enerjinin yıllar itibari ile seyri verilmektedir. Tablo incelendiğinde 15 yıllık seyrinde üretim 3580,88 Mbtu ile %35'lik bir artış göstermekte ve toplam nihai tüketim ise 2388,99 Mbtu ile %34'lük bir artış göstermektedir.

**Tablo 1.3:** Kaynak Türlerine Göre Dünya Birincil Enerji Arzı(MTEP)

YILLAR	KÖMÜR	PETROL	D. GAZ	NÜKLEER	HİDROELEKTRİK	Y.BİLİR VE ATIK
1973	1496,19	2817,82	976,73	53,05	110,31	640,84
2000	2303,91	3744,77	2071,21	675,59	225,24	1082,91
2001	2350,89	3785,61	2086,10	687,92	220,32	1078,72
2002	2429,32	3798,28	2156,38	693,94	226,09	1093,82
2003	2612,60	3893,09	2235,59	687,31	227,10	1118,01
2004	2820,38	4049,70	2291,53	714,09	241,80	1141,29
2005	2986,23	4086,71	2359,86	721,84	252,37	1166,25
2006	3166,40	4134,75	2420,59	728,01	261,77	1196,26
2007	3335,37	4141,83	2527,25	709,34	265,20	1223,13
2008	3377,16	4167,75	2592,56	712,92	276,16	1249,18
2009	3381,24	4101,47	2536,28	703,31	280,87	1270,86
2010	3646,26	4189,95	2736,15	718,96	296,06	1323,98
2011	3798,59	4213,91	2790,60	673,71	302,26	1348,52
2012	3840,40	4297,59	2842,44	641,83	315,99	1400,87
2013	3892,84	4282,96	2893,99	646,73	327,22	1447,28
2014	3919,08	4359,44	2911,26	661,44	335,99	1483,45
2015	3829,24	4442,11	2943,72	670,73	334,40	1524,04

Kaynak: : Energy International Agency, World Energy Balance Statistics

<http://wds.iea.org/WDS/TableViewer/dimView.aspx?ReportId=1420> 07.02.2018

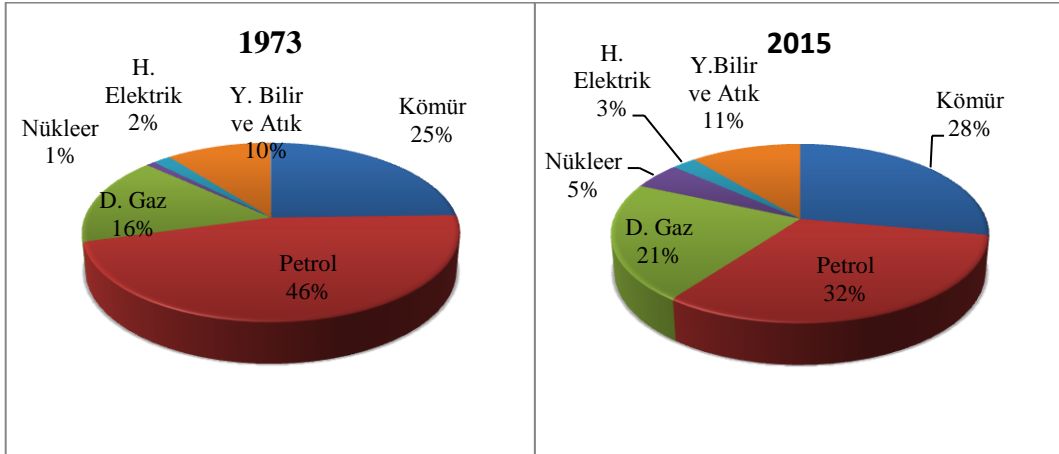
Uluslararası Enerji Ajansı raporlarına göre enerji ihtiyacı, son 30 yılda sürekli olarak artmaktadır. Dünya nüfusu, 1950 yılından bu yana iki kattan fazla artarken, enerjiye olan ihtiyaç altı kat artmıştır. Gittikçe artan insan sayısı, hızla artan kentleşme ve teknoloji ile birlikte gelişen sanayileşme daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulacağını ortaya koymaktadır (Satman, 2017, s. 4-5).

Fosil yakıtların egemenliğinde devam eden enerji çağı; ekonomik refah artışları, bilimsel-teknik ilerleme ve beraberindeki sanayileşme ile birlikte kaynakların daha yoğun bir şekilde kullanılmasının yanı sıra doğal çevrenin de kirlenmesine neden olmaktadır. 1970'li yıllarda özellikle batılı toplumlarda doğanın

tahrip edilmesi ve büyüme arasındaki ilişki nedeniyle daha fazla büyümenin daha çok kirlenmeye neden olacağı görüşü hakim olmuştur (Tezel, 1995, s. 32). Ayrıca petrol ihraç eden ülkeler topluluğu OPEC (Organization Petroleum Export Cooperation), 1967 yılında yaşanan Arap-İsrail savaşında, İsrail'in yanında yer alan ABD ve Avrupa ülkelerine karşı petrolü bir kalkan olarak kullanmaya başlayarak, varili 1,8 \$ olan ham petrolün fiyatını 4 kat artırmıştır (Aydın, 2014, s. 42-43). 1973 yılında gerçekleşen bu petrol krizi ile beraber fosil kaynakların sonunun gelme ihtimali; ülkelerin alternatif enerji kaynaklarına yönelmelerine ve buna yönelik politika önlemlerinin alınmasına sebep olmuştur. Alınan bu politika ve önlemler, gelişen teknoloji ile birlikte 1973 yılında 53,05 Mtep olan nükleer enerji 2015 yılında 670,73 Mtep'e, yenilenebilir enerji; 640,84 Mtep'den 1524,04 Mtep'e yükselmiştir.

Tüm bu gelişmelerin ışığında yenilenebilir enerji talebindeki artışlara rağmen, üretimin beklenenden az olmasının sebebi yenilenemeyen fosil kaynakların henüz tükenmemiş ve hali hazırda kullanılıyor olması, fosil kaynakların teknolojilerinin daha ucuz olması, teknolojinin henüz yeni olmasından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yüksek kurulum maliyetleri gerektirmeleri, önemli ölçüde etkili olmaktadır (Yapraklı, 2013, s. 37).

**Şekil 1.3:** Kaynak Türlerine Göre Dünya Birincil Enerji Arzı (MTEP)



Kaynak: Energy International Agency, World Energy Balance Statistics

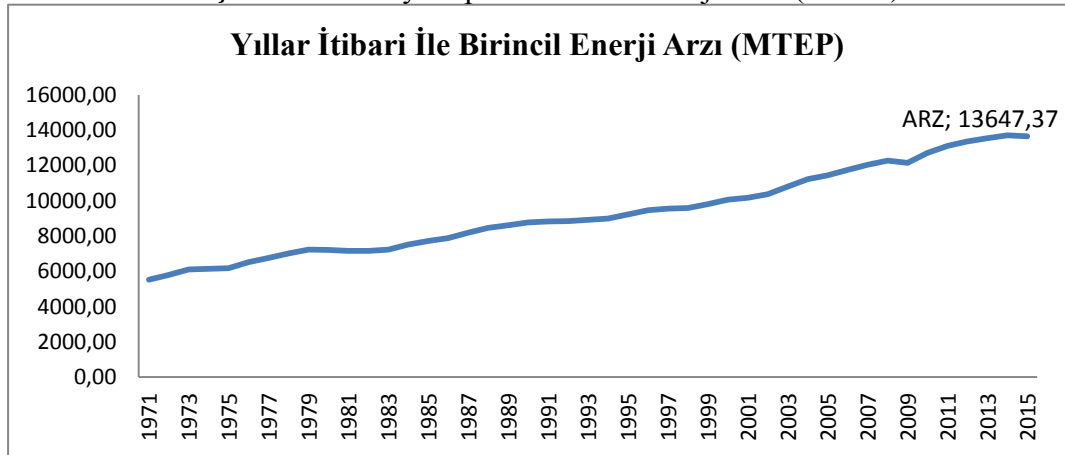
1973 yılında toplam birincil enerji arzının %87'lik kısmı fosil enerji kaynaklarından sağlanırken, en büyük pay sahibi %47 ile petrol, %24 ile kömür, %16

ile doğal gaz olmuştur. Yenilenebilir ve atık kaynakların toplamı %10, hidroelektrik enerjisi %2, nükleer enerji üretimi ise %1'lik bir kısımda yer almaktadır.

Bu doğrultuda 2015 yılına gelindiğinde, birincil enerji üretiminde kaynakların payı şekil 1.3'de de görüldüğü gibi hala fosil kaynakların egemenliğinde devam etmekte ancak 1973 yılında %87 olan oran, 2015 yılında %82'ye gerilemektedir. Petrol üretim payı %32'ye gerilerken, kömür üretimi %4 artarak %28'e yükselmiştir. Kömürün üretiminin artmasında; dünya genelinde yaygın olarak bulunması, düşük maliyet ve rekabetçi fiyata sahip olması ve 1970'li yıllarda yaşanan kriz nedeniyle özellikle gelişmekte olan ve petrol rezervi olmayan ülkelerin petrole bağımlılıklarını azaltmak amacı etkili olmuştur (NEED, 2017, s. 15-17).

Diğer fosil kaynaklara göre daha yeni ve temiz olan doğal gaz üretimi, %6 artarak %22'ye yükselmiştir. Özellikle çevrim sürecinde hem kuruluş aşamasında hem de işletme safhasında çevreye zarar vermemesi bu kaynağı ekolojik olarak da tercih edilebilir bir konuma getirmiştir (Akpınar & Başbüyük, 2011, s. 122). Ayrıca doğal gazın üretiminin artmasında taşıma kolaylığı ve petrole göre fiyat açısından istikrarlı olması da etkili olmuştur. Gelişen teknoloji ile birlikte %1 olan nükleer enerjinin payı 2015 yılında %5'e yükselmiştir. Yenilenebilir ve atık enerjilerinin payında %1'lik bir artış olmasına rağmen; 1973 yılında 640,84 Mtep olan üretim, 2015 yılında 2 katından fazla artarak 1319 Mtep olarak gerçekleşmiştir.

**Şekil 1.4:** Dünya toplam Birincil Enerji Arzı (MTEP)



Kaynak: Energy International Agency-World Energy Balance Statistics, OECD 2016

Şekil 1.4'den görüldüğü gibi 2015 yılı dünya birincil enerji arzı 13647,37 Mtep'tir. 1971 yılında 5522,51 Mtep olan üretim, %3,21 büyüme trendi ile 2008 yılına kadar sadece 1979 petrol krizi hariç genelde pozitif büyüme rakamlarıyla gelmiştir. Enerji talebi enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar ve ekonomik krizlerden olumsuz etkilenmektedir. Nitekim 2009 yılında yaşanan küresel mali kriz ile birlikte enerji üretimi %0,95 gerileyerek 12150,19 Mtep olarak gerçekleşmiş, 2010 yılında krizin etkilerinin geçmesi ile beraber %4,7 artarak 12717,16 Mtep'e yükselerek pozitif trendini devam ettirmiştir.

**Tablo 1.4: Coğrafi Açından Birincil Enerji Tüketimi (MTEP)**

Yıllar - Bölgeler	Kuzey Amerika	Güney ve Orta Amerika	Avrupa ve Avrasya	Orta Doğu	Afrika	Pasifik Asya	Dünya Toplam
1973	2034,7	185,2	2417,0	77,9	92,3	884,9	5691,9
2000	2755,3	476,3	2813,8	423,4	273,6	2648,1	9390,5
2001	2695,0	479,5	2857,9	450,0	284,3	2737,0	9503,6
2002	2742,1	486,1	2852,7	469,1	286,8	2879,8	9716,6
2003	2759,9	492,9	2909,8	489,0	300,9	3124,8	10077,3
2004	2817,3	518,6	2953,0	527,5	324,1	3426,0	10566,6
2005	2839,0	537,2	2965,2	564,7	327,4	3705,6	10939,0
2006	2824,1	567,8	3023,5	592,2	334,8	3924,3	11266,7
2007	2866,5	593,9	3017,7	625,6	347,9	4175,0	11626,6
2008	2819,2	613,2	3022,2	667,6	369,5	4292,1	11783,8
2009	2689,7	606,0	2839,8	690,3	373,4	4402,2	11601,5
2010	2777,8	641,7	2952,6	734,2	388,9	4674,7	12170,0
2011	2778,6	665,4	2937,9	750,3	388,0	4935,1	12455,3
2012	2724,3	680,9	2936,3	780,8	402,9	5108,6	12633,8
2013	2795,9	696,7	2900,6	812,4	415,4	5245,0	12866,0
2014	2821,2	704,1	2838,3	840,0	427,9	5357,2	12988,8
2015	2792,4	710,4	2846,6	874,6	433,5	5447,4	13105,0
2016	2788,9	705,3	2867,1	895,1	440,1	5579,7	13276,3

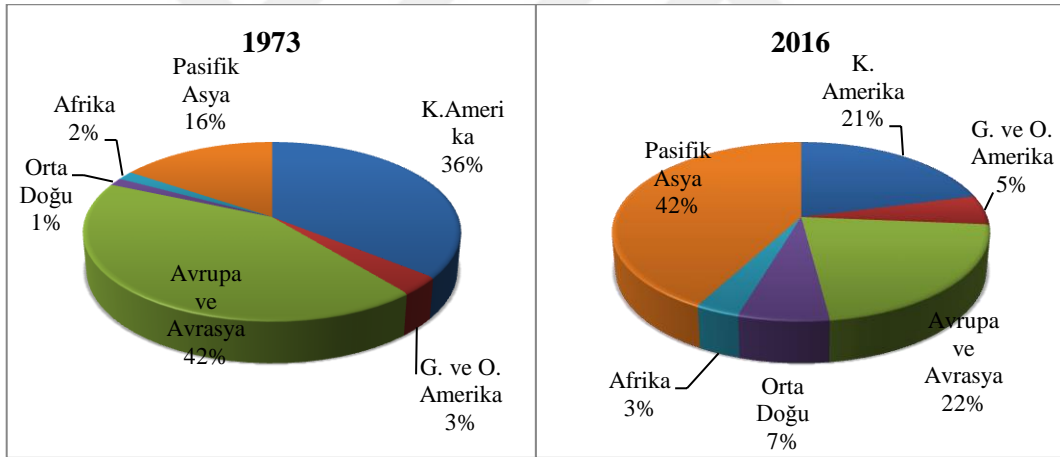
Kaynak: BP Statistical Review 2017

BP'nin 2017 yılı Dünya Enerji İstatistikleri raporuna göre, küresel enerji pazarında sürekli bir şekilde değişim yaşandığı ve teknolojinin ilerlemesi ve daha çevreci kaynakların yaygınlaşmasıyla birlikte kaynak kullanım seyrinin değiştiği belirtilmektedir (BP Statistical Review, 2017, s. 1).

Rapora göre 2016 yılında dünya birincil enerji tüketimi, %1 oranında artarak son on yıllık ortalama artış oranı olan %1,8 seviyesinin altında gerçekleşmiştir. 2016 yılı ile birlikte, küresel enerji talebindeki zayıflayan büyüme üçüncü yılını da geride bırakmaktadır. Coğrafi olarak bakıldığında ise 2015 yılında Avrupa ve Avrasya hariç tüm bölgelerde büyüme, ortalamanın altında gerçekleşmiştir (BP Statistical Review, 2017, s. 10). Bu durum küresel ekonomideki zayıflığı ve Çin'in sanayi sektöründen, hizmet sektörüne doğru kaymasıyla birlikte, enerji tüketimindeki azalan büyümeyi gözler önüne sermektedir (BP Statistical Review, 2016, s. 10-11).

1973 yılında 5691,9 Mtep olan dünya toplam birincil enerji tüketimi 2016 yılı itibari ile 13.276,3 Mtep olarak gerçekleşmiş ve enerji talebindeki büyüme trendi %3 olarak gerçekleşmiştir.

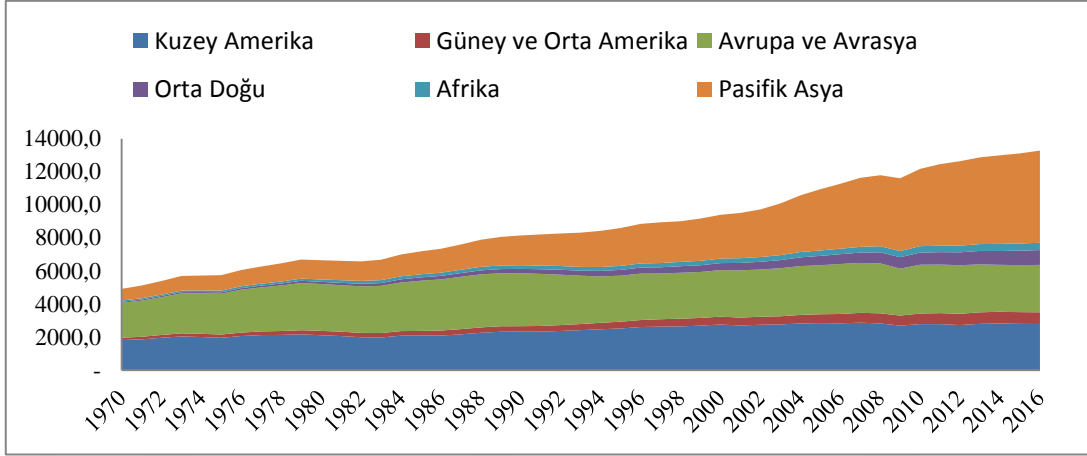
**Şekil 1.5: Coğrafi Açından Birincil Enerji Tüketimi (%)**



Kaynak: BP Statistical Review 2017

Bu miktarın coğrafi dağılımına bakıldığında, Pasifik Asya bölgesinde bulunan Çin, Güney Kore, Hindistan gibi uzak doğu ülkeleri gerçekleştirdikleri yüksek hızlı büyümeye paralel olarak enerji tüketim paylarını 1973 yılına oranla %26 artırarak, %42 ile birincil enerji tüketiminde ilk sırada yer almaktadır. Pasifik Asya bölgesini sırasıyla %22 ile Avrupa ve Avrasya, %21 ile Kuzey Amerika bölgeleri takip etmektedir. %3'lük tüketim oranıyla Afrika ise son sırada yer almasına rağmen Bp'nin 2017 Enerji Görünüm Raporuna göre Afrika'da üretkenlik artmasına bağlı olarak 2035 yılında küresel enerji talebine Çin'den daha fazla katkıda bulunarak önemli bir rol üstleneceği belirtilmektedir (BP Energy Outlook, 2017, s. 90).

**Şekil 1.6:Coğrafi Açından Birincil Enerji Tüketimi (MTEP)**



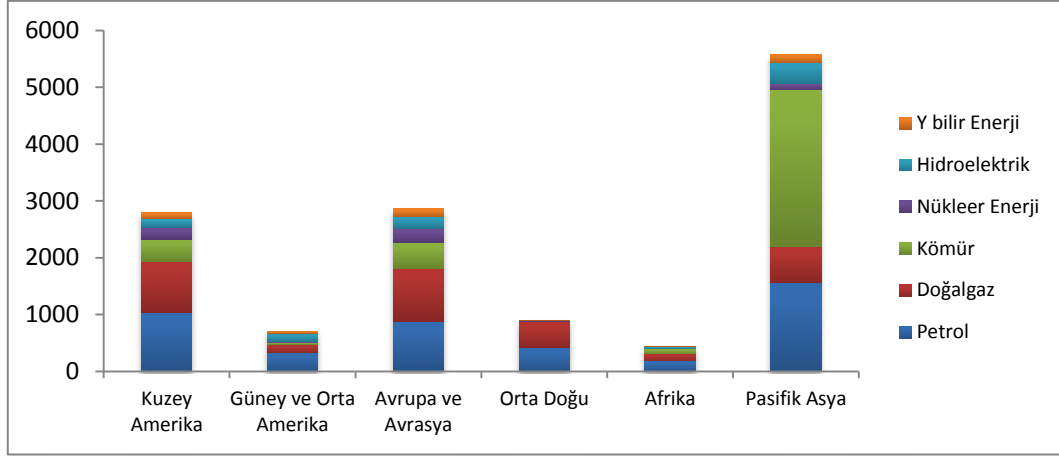
Kaynak: BP Statistical Review 2017

Enerji talebinin coğrafi geçmişine bakıldığında ise Pasifik Asya bölgesi enerji tüketimini, diğer tüm bölgelere nazaran daha fazla artırdığı açıkça görülebilmektedir.

1973 yılında 2417 Mtep tüketim ile Avrupa ve Avrasya bölgesi birinci sırada yer alırken, onu 2034,7 Mtep tüketim ile Kuzey Amerika izlemektedir. Pasifik Asya bölgesi 884,9 Mtep'lük tüketimi ile üçüncü sırada, Afrika ise 92,3 Mtep'lik tüketimi ile son sırada yer almaktadır. Ancak 2016 yılına gelindiğinde ise Pasifik Asya bölgesi 5579,7 Mtep'lik artış ile iki sıra birden ilerleyerek birinci sırada yer almaktadır. Bu bölgeyi 2867,1 Mtep tüketim ile Avrupa ve Avrasya, 2788,9 Mtep'lik tüketim ile Kuzey Amerika bölgeleri takip etmektedir. 895,1 Mtep tüketim ile Orta Doğu dördüncü, 705,3 Mtep ile Güney ve Orta Amerika beşinci Afrika ise 440,1 Mtep ile son sırada yer almaktadır.

Bu veriler ışığında süreç boyunca Kuzey Amerika ve Avrupa-Avrasya bölgelerinin enerji tüketim payları azalırken, Pasifik Asya ve Orta Doğu'nun paylarının arttığı, Afrika ve Güney-Orta Amerika bölgelerinde ise herhangi bir değişiklik olmadığı görülmektedir.

**Şekil 1.7:** Birincil Enerji Tüketiminin Yakıt Türlerine Göre Coğrafi Dağılımı (2016 MTEP)



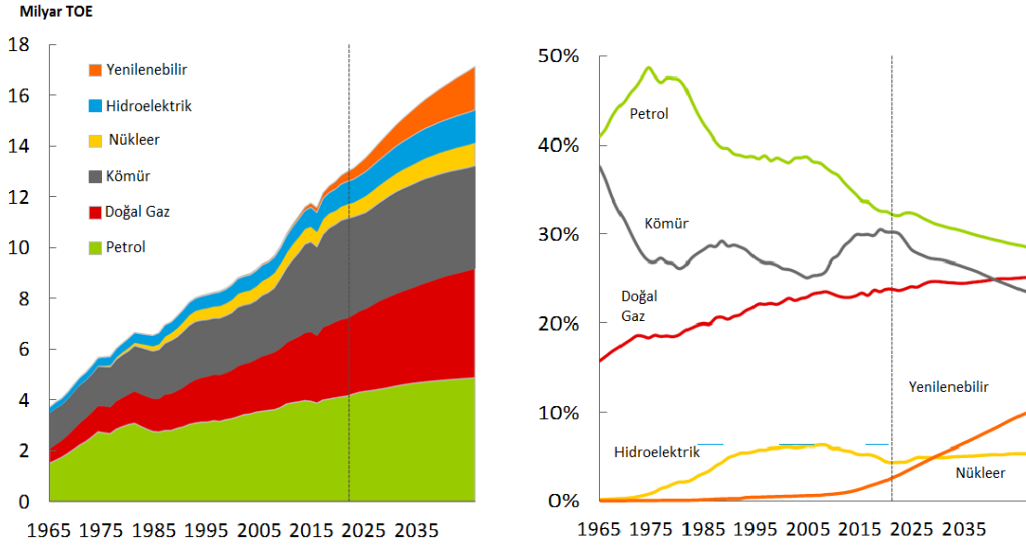
Kaynak: BP Statistical Review 2017

Şekil 1.7’de birincil enerji türlerinin dünya üzerindeki tüketim yoğunlaşmasına bakıldığında, Avrupa-Avrasya ve Ortadoğu bölgelerinde doğalgaz egemen yakıt türü iken, Afrika ve Amerika da ise petrolün baskın yakıt türü olduğu görülmektedir. Kömür, bölgesel yakıt tüketiminin %49’unu oluşturan Asya Pasifik bölgesindeki hakim yakıt türü olmasına rağmen ABD ve Çin’de yaşanan talep azalması nedeniyle üst üste 2 yıl boyunca düşüş yaşayarak %1,7 azalmıştır. 2016 yılında Kuzey Amerika, Avrupa-Avrasya ve Afrika bölgelerinde ise en düşük seviyeye gerilemiştir. Kömürdeki bu düşüşün yanı sıra petrol ve nükleer enerji dışındaki tüm yakıtlar ortalamanın altında bir oranda büyüme göstermektedir. Talepteki en büyük artış 77 Mtep ile petrolde yaşanırken, bunu 57 Mtep ile doğalgaz ve 53 Mtep’lik artışla yenilenebilir enerji kaynakları takip etmiştir (BP Statistical Review, 2017, s. 10-11). Rakamsal artışların yanı sıra oransal olarak en fazla büyüyen enerji kaynağı; her ne kadar son on yıllık büyüme oranı olan 15,7 seviyesinin altında kalsa da yenilenebilir enerji olmuştur. 2016 yılı verilerine göre hidroelektrik enerjisi hariç, yenilenebilir enerji kaynakları %12 büyüme kaydetmiştir (BP Energy Outlook, 2017, s. 41-65).

Asya Bölgesine bakıldığında ise petrol, kömür ve hidroelektrik türlerinin önde gelen tüketicisi iken, aynı zamanda 2016 yılında yenilenebilir enerji alanında Avrupa-Avrasya Bölgelerini de geride bırakarak önemli bir tüketici haline gelmiştir. Yenilenebilir güç alanında Asya’nın gerisinde kalan Avrupa-Avrasya Bölgesi doğalgaz ve nükleer enerji tüketiminin önde gelen tüketicisi olmayı sürdürmektedir.



**Şekil 1.8:** Dünya Birincil Enerji Tüketimi ve Dağılımı 2035 yılı Projeksiyonu



Kaynak: BP Energy Outlook 2017

Birincil enerji kaynaklarında mevcut durumun yanı sıra gelecekteki tüketimlerine ilişkin tahminler de yapılmaktadır. Önümüzdeki 20 yıl içerisinde dünya ekonomisinin neredeyse iki katına çıkması, ekonomik büyümenin de artan verimlilik artışı ile birlikte %3,4 olması ve dünya nüfusunun ise yaklaşık 1,5 milyar artarak 2035 yılına kadar 8,8 milyar insana ulaşması beklenmektedir (BP Energy Outlook, 2017, s. 11).

Yapılan tahminler neticesinde dünyada GSYH iki katına çıkarken, enerji talebi %30 artmaktadır. Artan bu talebin neredeyse tamamı hızla gelişen ve yükselen ekonomilerden kaynaklanmaktadır. Özellikle Çin ve Hindistan bu artışın neredeyse yarısını gerçekleştirmektedir. OECD ülkeleri içindeki enerji talebi ise uzak doğu ülkelerine; özellikle enerji talebi bakımından en büyük pazar payı haline gelecek olan Çin'e nazaran güçlükle büyümektedir (BP Energy Outlook, 2017, s. 11-17).

Enerji kaynaklarına ilişkin gelecek tahminlerine yakıt bazında bakıldığında ise şekil 1.8'den de görüleceği üzere yakıt karışımındaki aşamalı geçiş nükleer ve hidroelektrik enerji ile birlikte gelecek 20 yıl boyunca enerji arzındaki büyümenin yarısını oluşturması beklenen yenilenebilir enerji kaynaklarıyla devam edecektir.

Bununla birlikte petrol, doğal gaz ve kömür 2035'te toplam enerji kaynaklarının dörtte üçünden fazlasını muhafaza ederek baskın enerji kaynakları

olmaya devam edecektir. Petrol enerji kaynakları içerisinde ilk sıradaki yerini gelecekte de korumaya devam ederken, tüketim artış eğilimi diğer kaynaklara göre daha yavaş gerçekleşecektir. Doğal gaz ise %1,6 büyüme ile bu kategoride en hızlı büyüyen yakıt konumuna gelerek 2035 yılına kadar kömürü geçerek, ikinci en büyük enerji kaynağı haline gelecektir. Kömürün ise petrol ve doğalgazın tam aksine keskin bir şekilde azalması öngörülmektedir. Geçtiğimiz 20 yılla karşılaştırıldığında %2,7 olan büyüme oranı %0,2'lere gerileyeceği ve 2020 yılından sonra düşeceği öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ise birincil enerji kaynağı içerisindeki payı 2015 yılında %3 iken, 2035 yılına gelindiğinde % 10 seviyelerine çıkarak %7,1 ile en hızlı büyüyen enerji kaynağı olacaktır (BP Energy Outlook, 2017).

Görüldüğü gibi enerji kaynakları toplam birincil enerji tüketiminin %85'ini kapsayan petrol, doğalgaz ve kömür üzerine yoğunlaşmıştır. Kaynaklar içerisinde petrolün, rezerv bakımından dünya üzerinde yaygın olarak bulunması, uzun yıllar fiyatların istikrarlı ve düşük olması, geliştirilen teknolojilerin çoğunlukla petrole dayalı olması daha yaygın bir şekilde kullanılmasına sebep olan faktörlerden bir kaçıdır. Aynı şekilde kömür de tüm enerji kaynakları arasında rezerv olarak en yaygın enerji türü olması ve kullanımının ucuz ve eski olmasından dolayı petrolden sonra ikinci sırada yer almaktadır (Yılmaz A. , 2012, s. 38-39).

### **1.3.1.2. Türkiye’de Birincil Enerji Görünümü**

Ekonomik büyüme ve kalkınma alanında stratejik bir öneme sahip olan enerji sektörü; jeopolitik açıdan önemli bir ülke olan Türkiye'nin de politika ve uygulamalarını etkilemekte, belirlediği hedefler doğrultusunda büyük bir rol üstlenmektedir.

Belirlenen makroekonomik hedefler çerçevesinde dünyanın en büyük on ekonomisi arasında yer almayı planlayan Türkiye; ekonominin lokomotif konumunda yer alan mal ve hizmet ihracatını 500 milyar dolara çıkarmayı amaçlamaktadır. Türkiye'nin bu amaç doğrultusunda teknoloji yoğun sektörlerde ve sektöründe dünya markası haline gelecek ürünlerin üretimi ve ihraç edilmesine yönelik hedeflerine ulaşabilmesi için gerekli üretim faktörlerinden biri olan enerjiye

de ihtiyacı artmaktadır ve artacaktır (Tiftikçigil & Yesevi, 2015, s. 17-18). Fakat yıllar itibari ile ülkenin enerji üretim ve tüketimine bakıldığında, enerji üretiminin talebi karşılama oranı da gün geçtikçe düşmektedir.

**Tablo 1.5:** Türkiye'nin Genel Enerji Denge Seyri

	1973	2016	Değişim
Toplam Nüfus (Milyon)	37.472	79.512	%112 ↑
Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (Milyar)	23.935	131.272	%448 ↑
Toplam Enerji Talebi (MTEP)	24,49	138,23	%464 ↑
Toplam Yerli Üretim (MTEP)	15,65	38,22	%144 ↑
Toplam Enerji İthalatı (MTEP)	9,97	112,19	%1025 ↑
Üretimin Talebi Karşılama Oranı (%)	%64	%28	%36 ↓

Kaynak: EİGM, World Bank (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Ekonomik büyüme ve nüfus artışının, enerji talebinin artmasında en önemli iki faktör olduğu, yapılan birçok çalışmada yer almaktadır. Tablo 1.5'de Türkiye'nin enerji alanındaki, yerli üretim talebini ne ölçüde karşıladığı bilgisi yer almaktadır. Bu bağlamda; Türkiye'nin 1973 yılından 2016 yılına kadar nüfusu, %112 artarak 2,12 katına, Gayri Safi Yurtiçi Hasılası %448 artarak 5.5 katına çıkarken, enerji tüketimi %464 artarak 5,64 katına ulaşmıştır. Önümüzdeki yıllarda da; Türkiye'nin yüksek büyüme hedefleri, genç ve artan nüfusu göz önüne alındığında, enerji tüketiminin de hızlı bir şekilde artması öngörülmektedir. Ancak geçen onca süreye ve hızla artan tüketime rağmen, nispi olarak 2,44 kat artan yerli üretim, Türkiye ekonomisinin hedefleri ve geleceği açısından büyük bir risk oluşturmaktadır.

**Tablo 1.6:** Türkiye Toplam Birincil Enerji Akımı (MTEP)

Yıllar	Yerli Üretim (+)	İthalat (+)	İhracat (-)	Stok Değişken - İhrakiye	Arz	Çevrim ve Enerji	Nihai Enerji Tüketimi
1973	15,65	9,97	0,86	-0,17	24,50	5,60	18,90
2000	26,46	53,03	1,55	1,12	77,50	28,54	48,96
2001	24,69	49,64	2,58	1,66	72,04	28,63	43,41
2002	24,43	55,02	3,12	1,86	75,06	28,54	46,52
2003	24,53	61,73	4,04	0,33	80,97	30,30	50,67
2004	24,25	64,25	3,92	1,01	84,05	30,55	53,50
2005	24,23	68,81	5,02	0,36	86,80	32,37	54,42
2006	26,27	75,55	6,38	-0,72	94,47	36,59	57,89

Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

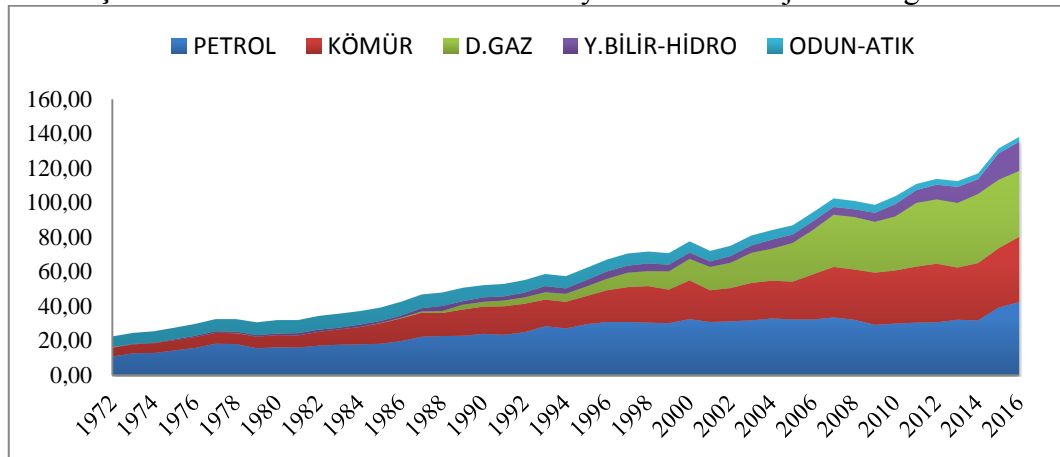
**Tablo 1.6:** Türkiye Toplam Birincil Enerji Akımı (MTEP) (Devamı)

2007	27,51	82,13	6,71	-1,29	102,42	40,61	61,81
2008	28,76	80,16	7,05	0,23	100,91	41,67	59,24
2009	29,61	76,59	6,63	0,33	98,78	38,32	60,46
2010	31,56	82,26	7,81	1,72	103,69	43,78	59,91
2011	30,77	87,69	5,89	4,31	110,90	47,01	63,89
2012	30,44	94,57	6,61	2,58	113,87	47,88	65,99
2013	29,11	92,43	5,10	4,10	112,51	47,66	64,85
2014	28,59	98,37	6,01	4,67	116,90	51,77	65,13
2015	33,88	111,82	7,77	3,19	131,52	51,73	79,78
2016	38,22	112,19	7,00	4,08	138,23	54,62	83,60

Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

Enerji kaynak ihtiyacı artan Türkiye, yeterli kaynağa sahip olmadığından dolayı her geçen gün enerji konusunda ithalatını ve dışa bağımlılığını artırmaktadır. Tablo1.6'ya bakıldığında yıllar itibari ile Türkiye'nin enerji üretimi ile tüketimi arasındaki açığın giderek arttığı açıkça görülmektedir. 1973 yılında 24,49 Mtep olan talebin %64'ü yerli üretim ile karşılanırken, 2016 yılına gelindiğinde 138,23 Mtep olan tüketimin sadece %28'inin yerli üretimle karşılandığı ve buna istinaden ithalatın %1025 gibi büyük bir oranla artarak 11.25 katına çıktığı görülmektedir.

**Şekil 1.9:** Yakıt Türlerine Göre Türkiye Birincil Enerji Arz Dağılımı



Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

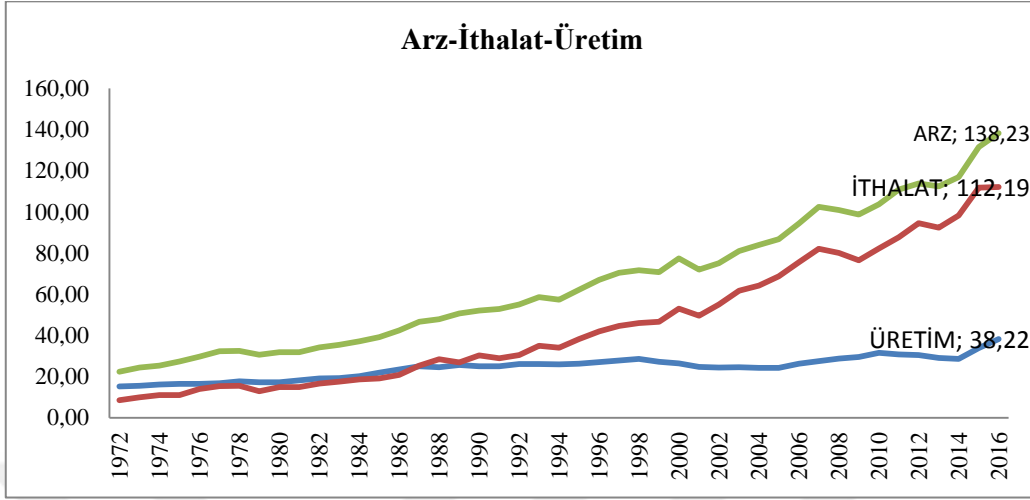
Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarına bakıldığında 1972 yılında 22,39 Mtep olan birincil enerji arzı 2016 yılında 138,23 Mtep'e ulaşmıştır. Şekil 1.9'da yıllar itibari ile kaynak türleri bakımından birincil enerji arzının dağılımı verilmektedir. Toplam birincil enerji arzı içerisinde 42,20 Mtep ile petrol %31'lik bir pay ile birinci

sırada yer alırken, 38,34 Mtep ile doğal gaz %28’lik pay ile ikinci sırada yer almakta ve 37,93 Mtep tüketim ile kömür üçüncü sırada yer almaktadır. Burada kömürün üçüncü sırada olmasının nedeni; arz diyagramı oluşturulurken kömür başlığı altında, taş kömürü linyit, asfaltit gibi birincil enerji kaynakları ele alınmış olup, petrol koku, kömür katranı gibi ikincil yakıtların dahil edilmemesidir. Hidrolik enerjisi ile birlikte yenilenebilir enerji ise 16,91 Mtep ile son yıllarda üretimi artmış olmasına rağmen; Türkiye’nin bu alanda yeterli politika ve teşvikler geliştirememesi ve maliyetlerin yüksek olmasından dolayı mevcut potansiyelinden çok uzakta yer almakta, toplam arz içerisinde sadece %14’lük bir pay oluşturmaktadır. Genellikle kırsal alanlarda ticari olmayan amaçlarla kullanılan odun ise 2,84 Mtep tüketim ile son sırada yer almakta ve toplam arz içerisinde %2’lik bir pay oluşturmaktadır.

Türkiye, son yıllarda alternatif politikalar geliştirmeye, nükleer enerji gibi birçok alanda yatırım yapmaya ve üretimini arttırmaya çalışsa da; Türkiye’nin enerji arzı büyük ölçüde fosil kaynaklara dayanmaktadır. Bu kaynakların arzı 118,47Mtep’dür ve toplam arzın %86’sı gibi önemli bir kısmını karşılamaktadır (Eniş, 2005, s. 178-179). Bununla beraber, petrolün arzı artmakla birlikte, son yıllarda toplam arz içerisindeki payı azalmaktadır. Nitekim 1972 yılında %53 olan pay, 2016 yılında %31’e gerilemiştir.

Petrolün kaynaklar arasındaki payının azalmasında alternatif enerji kaynaklarına yönelmesinin yanı sıra, en önemli rol doğal gaza aittir. Türkiye’de doğal gaz ilk defa 1976 yılında sanayide, 1987 itibari ile (Ankara başta olmak üzere) konutların dahil olmasıyla, şehirlerde kullanılmaya ve daha fazla arz edilmeye başlanmıştır (Yılmaz & Durman, 2015, s. 233). Petrole göre daha temiz ve çevreci bir kaynak olan doğal gazın arzı ve kaynaklar arasındaki oranı, her geçen yıl dünya ile paralel olarak artmaya devam etmektedir.

**Şekil 1.10:** Türkiye Birincil Enerji Arzı ve Yerli Üretim (MTEP)



Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

Enerji arzı büyüme ile birlikte artarken; ithalat yerli üretimden daha fazla artarak, Türkiye'nin dışa bağımlı bir ekonomik görünüm ortaya koymasına neden olmuştur.

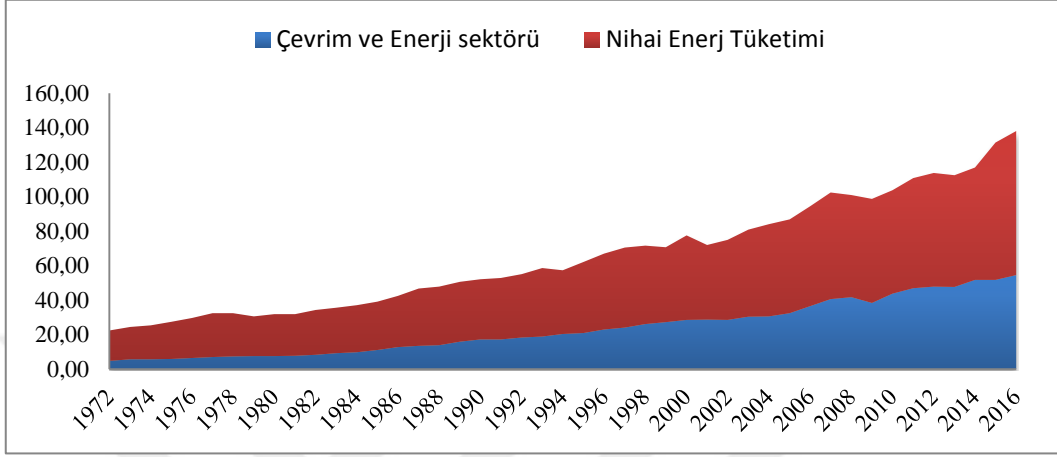
Şekil 1.10'da Türkiye'nin yıllar itibari ile yerli üretim, arz ve ithalatın seyri görülmektedir. 1972 yılında yerli üretim 15,22 Mtep iken birincil enerji kaynak ithalatı 8,65 Mtep olarak gerçekleşmiştir. 1987 yılına kadar enerji ithalatından daha fazla olan yerli üretim, artan taleple birlikte gelişim gösterememiş, yıllar itibari ile Türkiye'nin enerji ihtiyacının küçük bir kısmını karşılamakla yetinmiştir. 2016 yılı verileri doğrultusunda ise 138,23 Mtep olan birincil enerji arzının sadece 38,22 Mtep'i yerli üretim tarafından karşılanabilmiştir.

Bu bağlamda üretimde girdi faktörü olarak kullanılan enerjinin, ucuza temin edilmesi son derece önemli olmasından dolayı, enerji kaynaklarına olan talebin artması, fiyat artışlarını da beraberinde getirmekte ve üretim maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır (Ozdemir & Mercan, 2012, s. 112).

Üretimde girdi faktörü olarak kullanılan enerjinin, ucuza ve yerli kaynaklardan temin edilmesi son derece önemlidir. Çünkü enerji maliyetlerindeki bir artış, girdisi olarak kullanılan ürünün maliyetini artırarak, karlılığın azalmasına neden olacaktır (Ozdemir & Mercan, 2012, s. 112). Aynı zamanda fiyatların artması; enflasyon ve toplam talebi olumsuz etkileyeceğinden, iktisadi bir durgunluğa ve hatta krize neden

olacaktır. Çünkü önemli bir girdi olan enerji fiyatlarındaki artış enflasyonist bir baskı oluşmasına neden olacaktır (LeBlanc & Chinn, 2004, s. 8).

**Şekil 1.11:** Yıllar İtibari İle Türkiye Birincil Enerji Tüketimi

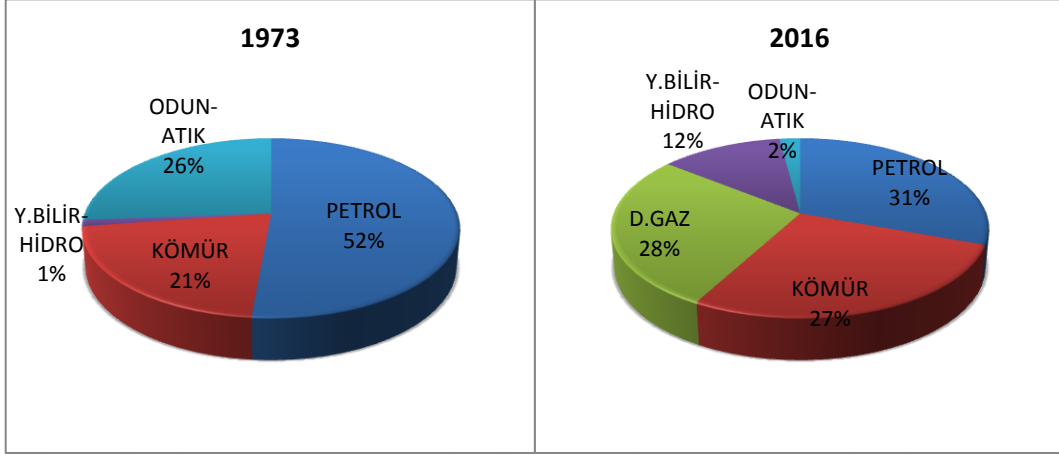


Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

Şekil 1.11’de nihai enerji tüketimi ve çevrim-enerji sektörünün yıllar itibari ile seyri verilmektedir. Toplam nihai enerji tüketimi; birincil enerji arzından enerji sektörünün bir başka enerji türüne dönüştürmek için ara mal olarak kullandığı alanlardaki (elektrik ve ısı santralleri, kok fabrikaları ve petrol rafinerileri) miktar çıkarıldıktan sonra; sanayi tüketimi, ulaştırma, konut-hizmet ve tarım sektörü alanında kullanılan enerji miktarını vermektedir.

Türkiye’nin 1972 yılında nihai tüketimi 17,68 Mtep iken 2016 yılında 83,60 Mtep’e ulaşmıştır. Çevrim ve enerji alanında ise 4,71 Mtep’ten 2016 yılında 54,62 Mtep’e çıkarak ciddi bir büyüme kaydetmiştir. Yıllar itibari ile toplam enerji tüketimi seyrine baktığımızda ise, Türkiye’nin iktisadi büyümesine paralel bir seyir izlediği, kriz dönemleri (1980, 1994, 2001 ve 2009) hariç sürekli arttığı görülmektedir.

**Şekil 1.12: Yakıt Türlerine Göre Türkiye Birincil Enerji Tüketimi (%)**



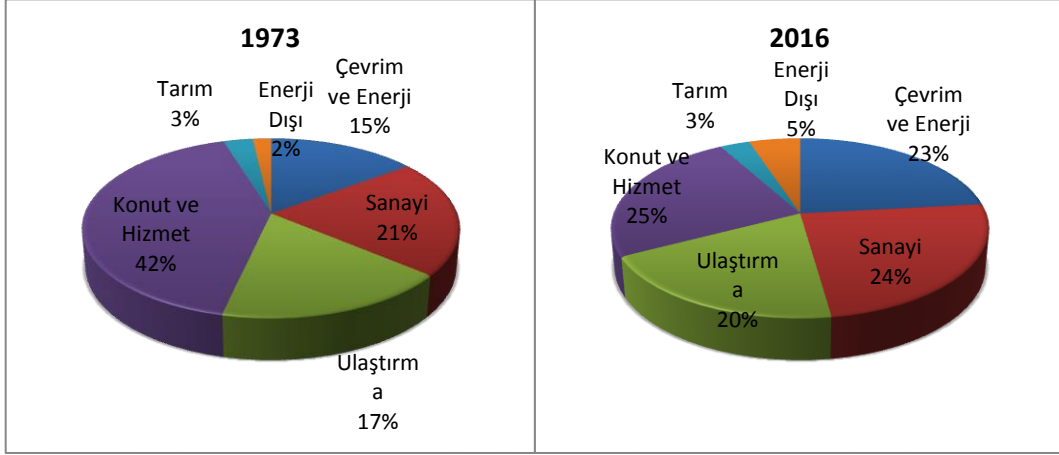
Kaynak: EİGM Denge Tabloları

Enerji tüketimi dünya genelinde hızlı bir artış göstermektedir. Sanayi devriminden sonra yaşanan bu durum Türkiye’de ise 1980 sonrasında nüfus ve sanayileşmeye dayalı olarak artmış; ihracata dayalı dışa açık birikim modelinin uygulandığı bu dönemde; sanayi ve hizmet sektörü ön plana çıkarken, tarım sektörü önemini yitirmeye başlamıştır. Ekonominin yapı taşında meydana gelen bu değişimle birlikte daha fazla enerjiye gereksinim duyulmasından dolayı, özellikle fosil yakıtlara olan talep de hızlı bir şekilde artmıştır (Mucuk & Uysal, 2009, s. 105-106).

Şekil 1.12’de Türkiye’nin 1973 ve 2016 yılları birincil enerji tüketim payları verilmiştir. Buna göre 1973 yılında %52 ile birinci sırada yer alan petrol, 2016 yılında özellikle doğalgaz gibi daha yeni olan kaynakların ve alternatif enerji kaynaklarının kullanılmaya başlanması ile birlikte %31’lere gerilemesine rağmen zirvedeki yerini korumuştur. 1973 yılında kullanılmayan doğalgaz, 2016 yılında %28’lik pay sahibi olarak ikinci en büyük kaynak olmuştur. Kömür %27 ile üçüncü sırada yer alırken, 1973 yılında %1 ile son sırada yer alan yenilenebilir ve hidrolik enerjisi %12’lik pay ile dördüncü sıraya yükselmiştir. 1973 yılında %26 ile en büyük ikinci kaynak türü olan odun ve hayvansal-bitkisel atıklar ise %2’ye düşerek son sıraya gerilemiştir.



**Şekil 1.13: Türkiye Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı**



Kaynak: EİGM Denge Tabloları

Türkiye’de enerji kullanımının sektörel dağılımına bakıldığında ise 1973 yılında %42 ile en fazla enerji tüketen sektör konut ve hizmet sektörü olmuştur. Konut ve hizmet sektörünü %21 ile sanayi, %17 ile ulaştırma sektörü takip etmiştir. Çevrim ve enerji sektörü %15 ile dördüncü, tarım ise %3 ile beşinci sırada yer almaktadır. 1973 yılında birincil enerji arzının %2’si enerji dışı kullanıma aktarılmıştır. 2016 yılı dağılım incelendiğinde %25 ile konut ve hizmet sektörü, payı yarı yarıya azalmasına rağmen birinci sıradaki yerini korurken, sanayi sektörü %24 ile ikinci, çevrim ve enerji sektörü %23 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Ulaştırma %20 ile payı artmış olmasına rağmen dördüncü sıraya gerilemiştir. Enerji kullanımında tarım sektörünün oranı değişmemiş olmasına rağmen en az enerji tüketen sektör olmaya devam etmektedir.

Burada konut sektörünün payının azalması aslında; konutlarda enerji kullanımının azalmasından dolayı değil, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azalması anlamına gelen enerji verimliliği alanında yapılan iyileştirmelerdendir (Bayrak & Esen, 2014, s. 153). Türkiye’de bina sayısının yaklaşık olarak 16 milyon, bunun da %86’sının konut olduğu düşünüldüğünde; yapılacak herhangi bir tasarruf Türkiye ekonomisinin büyümesi ve bu büyümenin sürdürülebilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. 2007 yılında çıkarılan 5627 sayılı ‘Enerji Verimliliği Kanunu’ ile enerjinin etkin kullanımı, israf ve maliyetlerin minimuma indirgenerek; enerjinin büyüme üzerindeki etkisi ve verimliliğin

artırılması planlanmış, bu bağlamda yapılan ‘Binalarda Enerji Performansı’ yönetmeliği ile yeni ve mevcut konutlarda enerji tasarrufu alanında iyileştirmeler yapılmıştır (Özyurt & Karabalık, 2009, s. 32-33).

Sonuç olarak enerji, iktisadi gelişime yol açan tek girdi olmamakla birlikte, ekonomik büyüme için oldukça önemli bir faktördür. Çünkü enerjiyi kullanmadan; sanayide üretim yapmak, tarım ürünü üretmek, seyahat etmek, mal ve hizmet aktarımını sağlamak olanaksızdır (Aslan & Yamak , 2006, s. 54). Bu yüzden enerji tüketimi ve büyüme ilişkisini incelemeden önce enerji çeşitlerini daha yakından incelemek faydalı olacaktır.

### **1.3.2. Fosil (Yenilenemeyen) Enerji Kaynakları**

Fiziksel ve kimyasal yapısında bir değişim meydana geldiğinde enerji (ısı) ortaya çıkaran her türlü materyale, en genel tanımı ile ‘yakıt’ denilmektedir (Öztürk, 2008, s. 14). Günümüzden yaklaşık üç buçuk milyar yıl önce, bitki ve hayvan kalıntılarının, oksijensiz bir ortamda milyonlarca yıl, kendi kendine çözülmesiyle oluşmaya başlayan fosil yakıtlar; çeşitli jeolojik olaylara maruz kalarak meydana gelmiş, büyük bir çoğunluğunu karbon ve hidrojenin oluşturduğu enerji kaynaklarıdır (Şener, 2005, s. 245-247). Klasik veya mineral enerji kaynakları olarak da adlandırılan bu kaynakların başında; petrol, kömür ve doğalgaz gelmektedir.

Fosil yakıtlar; son iki yüzyıl içerisinde, üretim teknolojileri alanında yaşanan ilerlemeler ve maliyet açısından ucuz olmalarından dolayı dünya genelinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle sanayi devriminden sonra buhar gücüne dayanan teknolojinin gelişmesi ile birlikte kömür talebinin artmasına, ilerleyen yıllarda önce petrol daha sonrada doğalgaz eklenmiştir (Gürbüz, 2009, s. 3).

Sanayi, konut, ulaştırma gibi hemen hemen her alanda kullanılan fosil yakıtlar; dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %87’lik gibi önemli bir kısmını karşılamaktadır (Naser, 2015, s. 422). Ancak ekonomideki gelişmelere paralel olarak enerji ihtiyacı artarken yenilenemeyen enerji kaynakları da giderek azalmakta ve hatta tükenme riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının yayınladığı rapora göre özellikle petrol ve doğalgaz rezervlerinin kritik seviyelere

yaklaştığı belirtilmiştir (ETKB, 2017, s. 4-5). Dünya toplam petrol rezervleri, 2016 yılı itibari ile 1.7 trilyon varil civarında olup, tahmini olarak 51 yıl sonra tükenecektir. Doğalgaz rezervi, 187 trilyon metre küp olarak belirlenmiş ve bu rakamın dünya üretiminin sadece 53 yılını karşılamak için yeterli olacağı ifade edilmiştir. 1.1 trilyon ton rezerve sahip olan kömür ise 153 yıl boyunca yetecek düzeydedir (Knoema, 2017).

Ayrıca fosil kaynakların yaygın olarak kullanılmaları ile oluşan karbondioksit ve karbon monoksit gibi bileşenlerin, atmosferin kirlenmesine ve oluşan sera gazı etkisinden dolayı iklim değişikliklerinin yaşanmasına neden olmaktadır. Bu kaynak türlerinin aynı şekilde tüketilmesi durumunda, önümüzdeki elli yıl içerisinde, kutuplardaki buzulların eriyeceği ve dünya sıcaklığının ortalama beş derece artacağı belirtilmektedir (Kumbur, Özer, Özsoy, & Avcı, 2005, s. 2). Bu nedenle fosil yakıtların tükenmesini beklemeden ülkeler temiz enerji kaynaklarına yönelmek durumundadır.

### **1.3.2.1. Petrol**

Ham petrol, milyonlarca yıl önce yaşamış olan, bitki ve hayvan kalıntılarının fosilleşmesiyle meydana gelmiş bir hidrokarbon karışımıdır. Bilinen en yaygın fosil yakıttır ve yeraltı havuzlarında veya rezervuarlarda, tortul kayalar içindeki küçük alanlarda, petrol ve katran kumlarının yüzeyinde sıvı halde bulunmaktadır. Kelime manası olarak, Latin dilinde taş manasında kullanılan 'petra' ve yağ anlamını taşıyan 'oleum' sözcüklerinden oluşmuştur. Petrol ürünleri ise; ham petrol ve doğalgazda bulunan diğer hidrokarbonlardan üretilen yakıtlar anlamına gelmektedir. Ham petrol yeraltından çıkarıldıktan sonra, farklı teknolojilerin ve çevrim tekniklerinin kullanıldığı bir rafineriye gönderilerek; benzin, dizel yakıt, ısıtma yağı, jet yakıtı, petrokimyasal hammaddeler, mumlar, yağlar ve asfalt gibi enerji maddesi olarak kullanılmaktadır (EIA, 2017). Ağırlık olarak karbon bazlı olan petrol tüketimi neticesinde, atmosfere yoğun şekilde karbondioksit gazı salınımına neden olduğu için çevre kirliliğine de neden olmaktadır.

İnsanoğlu binlerce yıldır petrolden, zamanın ihtiyaçlarına göre ve teknolojinin elverdiği şekilde yararlanmıştır. Bazı eski uygarlıklar, petrolün yapıştırma

özelliğinden faydalanarak, geçirmezlik maddesi olarak kullanmışlardır. Eski Çin ve Mısır uygarlıklarında aydınlanma amacıyla petrol yağı kullanıldığı bilinmektedir. 1850'li yıllardan önce aydınlanma amacıyla balina yağı kullanılan Amerika'da gaz yağı keşfedilerek kullanılmaya başlandığı, bu yağın talebinin artmaya başlamasıyla da gaz yağı arama faaliyetleri çerçevesinde 1859'da petrolün keşfedildiği belirtilmektedir. Ancak 1892 yılında içten yanmalı otomobillerin keşfine kadar gazyağının haricinde çıkan petrol önemsiz görülerek atıldığı, bu otomobillerin yaygınlaşması ile birlikte özellikle birinci dünya harbinden sonra kullanımının ve öneminin arttığı belirtilmektedir (NEED, 2017, s. 30).

Kömür gibi fosil yakıtlar yüzyıllar boyunca bir şekilde toplanmış olsa da, ham petrol sanayi devrimi ile birlikte gelişmiştir. On dokuzuncu yüzyılın ortalarına kadar önemli bir kullanım alanı olmamasına rağmen, özellikle aydınlatmada ve otomobilde kullanılmaya başlanması ve endüstriyel alanda yaşanan gelişmeler ile birlikte önemini artırmış ve yirminci yüzyılın petrol çağını başlatmıştır (Investopedia, 2017).

Petrolün öneminin artmasında; içerisindeki kükürt bileşen oranının düşük olması, ısı değeri yüksek ve gelişen sondalama teknolojisi ile taşıma maliyetlerinin ve kaybının düşük olması etkili olmuştur (Castanier & Brigham, 2002, s. 125.), (Taner, Pehlivan, & Halisdemir, 2003, s. 603).

Petrolün bir sanayi dalı olarak doğuşu, 1850 yılında petrolün babası olarak bilinen Abraham Gesner'in petrolden sıvı yağını (gaz yağı) ayırıştırıp 1853'te gaz yağı fabrikası kurduğu dönem ile başlar (Murray, 1993, s. 43). Gelişen kimya ve ağır sanayi gibi yüzlerce reel sanayi dalı ve ulaştırma, ısınma gibi hizmete dayalı sanayi kollarında çok sık kullanılan girdi konumuna gelmesi ile de önemini giderek artırmıştır (Doroodian & Boyd, 2003, s. 990). Mevcut teknolojide bir devrim yaşanmadığı ve enerji açlığı devam ettiği sürece öneminin azalmayacağı ve dünya enerji dengesi bileşenlerinin önemli bir parçası olmaya devam edeceği de belirtilmektedir (Pala, 2003, s. 9). Ancak petrolün bu denli önemli olması birçok makroekonomik sorunu da beraberinde getirmektedir. Petrol fiyatlarında ortaya çıkan ve öngörülemez hızlı hareketlenmeler arzını etkilemekte ve böylece dünya

ekonomisi için geniş çaplı etkiler oluşturmaktadır (Akıncı , Aktürk, & Yılmaz, 2013, s. 350).

Petrol günümüzde arama tarama faaliyetleri, taşımacılık ve lojistik, işlenip pazarlanması ve petrokimya gibi kompleks ve dinamik bir yapıya bürünmüştür. Doğası gereği sermaye yoğun ve büyük ölçekli bir yapıya sahip olduğu için bu kaynağa sahip olan ülkeler, büyük bir ekonomik güce sahip olmakta ve bununla beraber, gerek ulusal gerekse uluslararası düzeyde politik, stratejik bir öneme sahip olmaktadır (Bayraç, 2005, s. 4)

Dünyada sürdürülebilir bir kalkınma için, birçok ülkenin böylesine önemli bir kaynak haline gelen petrole sahip olmak veya petrolü kontrol altında tutmak istemeleri, petrolün siyasi açıdan vazgeçilemez bir kaynak olduğunun göstergesidir. Geçmişte bu rezervler üzerinde hâkimiyet kurmak için birçok çatışma ve beraberinde savaş ve kriz çıktığı görülmüş ve görülmeye de devam etmektedir. Bu bağlamda petrolün kısa siyasi geçmişine bakıldığında: (Bayraç, 2005, s. 4-6)

- 1870 yılında Rockefeller tarafından kurulan ‘StandardOil’ ile birlikte ham petrol ilk defa sanayi ürünü haline gelmiş ve I. Dünya Savaşına kadar şirket vasıtasıyla petrol piyasasının tek hakimi ABD olmuştur. Daha sonra ‘Yedi Kız Kardeş’ olarak adlandırılan özel şirketlerin (British Petroleum, Shell, Mobil Exxon, Socal (Chevron), Gulf Oil, Texaco) gücü artmıştır.
- II. Dünya Savaşından sonra İran petrol kaynaklarının millileştirilmesi ve Ortadoğu devletleri arasındaki güç dengesinin değişmesi nedeni ile büyük şirketlerin piyasadaki önemi azalmıştır.
- Petrol ihraç eden ülkelerin çıkarlarına hizmet eden OPEC, 1960 yılında büyük petrol üreticileri; İran, Kuveyt, Suudi Arabistan, Venezüella ve Irak tarafından kurulmuş ve zaman içerisinde önemi giderek artmıştır (Demir İ. , 2008, s. 232-233). 1969-1973 yılları; devletler, şirketler ve piyasalar arasında pazarlıkların başladığı dönem olmuştur. Dünya ekonomisinin hızlı bir büyüme trendinde olduğu bu dönemde oluşan petrole bağımlılık, OPEC’in pazarlık payını da artırmıştır.

- 1973 yılında yaşanan ilk petrol krizi, Arap-İsrail savaşının da etkisiyle ortaya çıkmış; petrol güvenlik yapısını ve devlet-şirket-piyasa üçgeninin işleyişini farklılaştırmıştır.
- Söz konusu bu dönemde ABD petrol güvenliğini artırmak maksadı ile ülke genelinde petrole olan bağımlılığı azaltmak, petrole dair yeni ortaklık ve müttefiklik edinmek ve askeri silah gücü kullanarak bu sektörde yeniden etkin olmak düşüncesiyle yeni politikalar oluşturmaya başlamıştır.
- 1973 kriz dönemi sonrasında ise piyasalar ön plana çıkmış, petrol firmaları arama ve üretim faaliyetlerini OPEC dışındaki bölgelere yöneltmiştir. Aynı zamanda petrol ithal eden ülkeler ise alternatif enerji kaynaklarının kullanımına yönelik politika ve çalışmalara daha fazla önem vermeye başlamışlardır.
- 15 Kasım 1974 tarihinde OECD Ülkeleri tarafından kurulan IEA (International Energy Agency), 1973 yılında yaşanan krize benzer bir krizin gerçekleşmesi durumunda gerekli olan uyum politikalarının ivedilikle uygulamaya konulması ve ülkelerin petrole olan bağımlılıklarını azaltılmak amacıyla kurulmuştur. Dünya enerji planlamasını yapan kuruluşlardan biri olan IEA, 1995 yılından beri küresel enerji üretimi ve kullanımındaki belirleyici unsurları belirlemek amacıyla yönelik detaylı enerji analizleri yapmaktadır.

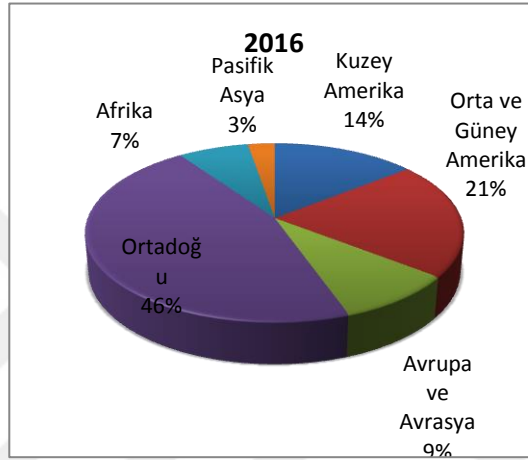
Petrol piyasası ticari ve strateji değeri yüksek önemli bir enerji kaynağıdır. Bu kaynak genel itibari ile serbest piyasa niteliğinde rekabetçi ve saydam bir yapıya sahiptir. Tüm bunlarla beraber piyasayı etkileyebilecek siyasi ve iktisadi gelişmelerden ve yaşanan küresel olaylardan da etkilenmektedir. Örneğin, petrol arz ve talebini etkileyebilecek ülkelerde yaşanan askeri, siyasi ve politik olaylar, ekonomik göstergelerde yaşanan değişimler, petrol fiyatlarını etkilemektedir (Demir H. , 2011, s. 35). Nitekim 1973 petrol krizi, 1979 İran devrimi, 1990 Körfez krizi ve 11 Eylül saldırıları önemli birer örnektir. Günümüze gelene kadar bir çok örneği

bulunan bu durum özellikle petrol ithal eden ülkeler açısından önemli bir risk oluştursa da petrol, günümüze en hakim enerji kaynağı olarak gelmeyi başarmıştır.

### 1.3.2.1.1. Dünya’da Petrol Görünümü

2016 yılı verileri doğrultusunda, dünya ham petrol rezervleri 240,7 milyar ton olarak belirtilmektedir.

Şekil 1.14: İspatlanmış Petrol Rezervlerinin Coğrafi Dağılımı

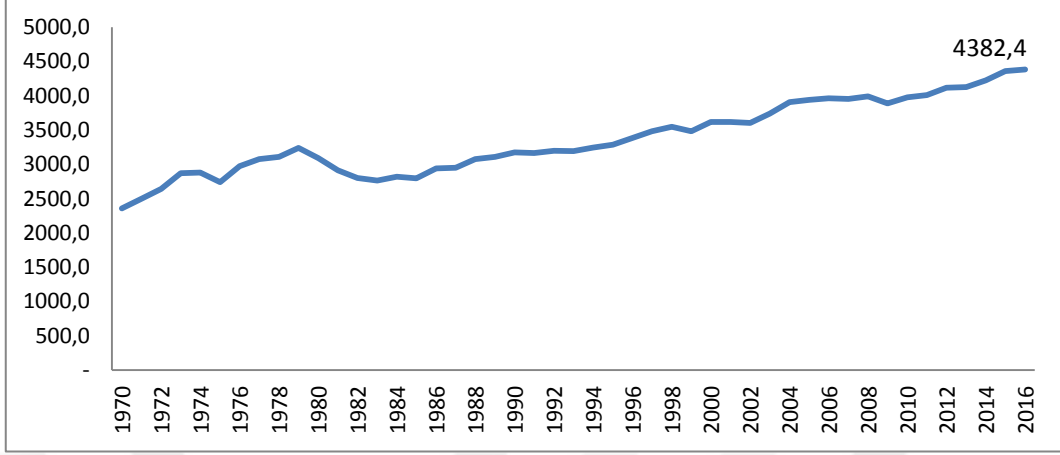


Kaynak: BP Statistical Review 2017

İspat edilmiş bu rezerv miktarının; %46’sı Ortadoğu’da, %21’i Güney ve Orta Amerika’da, %14’ü Kuzey Amerika’da, %9’u Avrupa ve Avrasya bölgesinde, %7’si Afrika ve %3’lük bir kısmı da Pasifik Asya Bölgesinde yer almaktadır. Görüldüğü gibi Ortadoğu ülkeleri 110,1 milyar ton rezerv ile dünyada ilk sırada yer almakta ve petrol açısından stratejik bir öneme sahip olmaktadır.

Ülke gruplarına göre bakıldığında ise; Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü olan OPEC, 171,2 milyar ton ile dünya petrol rezervlerinin %71,5’una, dünyanın geri kalanı ise bu rezervlerin sadece 69,6 milyar ton ile %28,5’üne sahip olduğu belirtilmektedir. Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü olan OECD ülkeleri ise 36,6 milyar ton rezerv ile %14,3’lük bir rezerv payına sahipken, bu örgüte dahil olmayan ülkeler toplam rezervin %85,7’sine sahiptir. Önemli bir petrol tüketicisi olan Avrupa Birliği ülkeleri ise rezerv bakımından oldukça fakir kaynaklara sahiptir ve toplam rezervin sadece 0,7 milyar ton ile %0,3’üne sahip olduğu belirtilmektedir (BP Statistical Review, 2017).

**Şekil 1.15:** 1970-2016 Yılları Dünya Ham Petrol Üretimi (Milyon Ton)



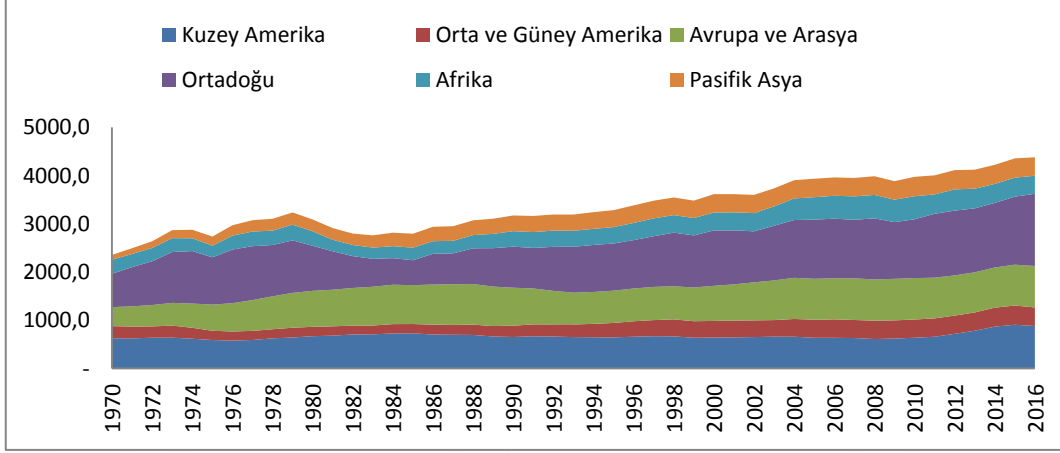
Kaynak: BP Statistical Review 2017

BP 2017 verileri doğrultusunda 2016 yılı dünya petrol üretimi, bir önceki yıla oranla %0,3'lük bir artışla 4382,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 1970 yılında 2358 milyon ton olan üretim, 1979 yılında 3237,2 milyon tona çıkmış ancak meydana gelen petrol krizinden etkilenerek, 1980 yılında 3091,9 milyon tona gerilemiştir (BP Statistical Review, 2017).

Şekil 1.15'e bakıldığında, petrol üretiminin artış hızının 1980 yılından sonra azaldığı görülmektedir. 1973 ve 1979 yıllarında yaşanan petrol krizleri neticesinde OPEC'in petrol arzını kısıp, fiyatları yüksek tutması ile birlikte, ülkelerin petrole olan bağımlılıklarını azaltmak amacıyla alternatif enerji kaynaklarına yönelmeleri ve enerjiyi daha verimli kullanmak için yaptıkları politikalar neticesinde üretim artış hızı azalmıştır. Bu hızın azalmasında en büyük pay sahiplerinden bir tanesi de, petrole oranla daha temiz ve güvenilir enerji kaynağı olan doğalgazın kullanılmaya başlanması olarak görülebilir.



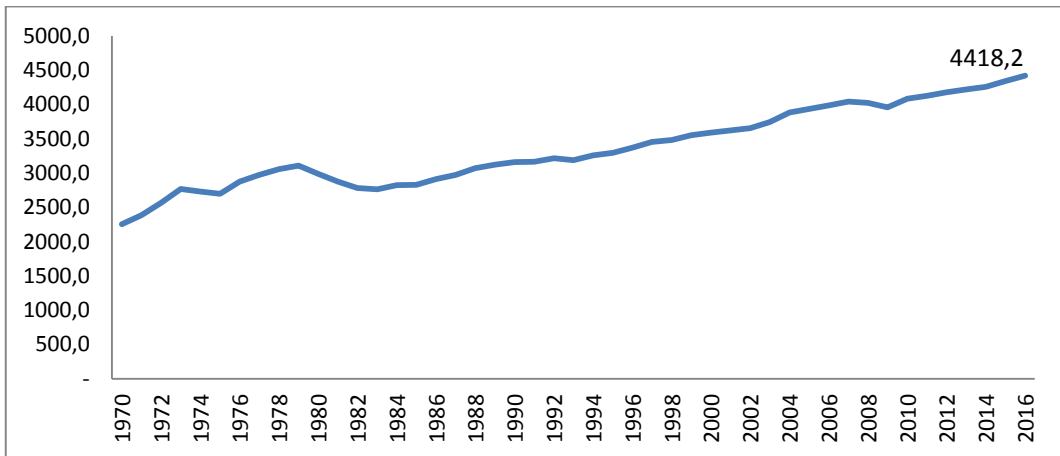
**Şekil 1.16:** Yıllar İtibari İle Dünya Ham Petrol Üretiminin Coğrafi Dağılımı (Milyon Ton)



Kaynak: BP Statistical Review 2017

Dünya ham petrol üretiminin coğrafi dağılımına bakıldığında ise Ortadoğu ülkeleri ham petrol üretiminde 1496,9 milyon ton üretim ile toplam üretimin %34'ünü gerçekleştirerek en büyük pay sahibi olduğu görülmektedir. Ortadoğu'yu %20 ( 882,6 milyon ton) ile Kuzey Amerika, %19,6 (860,6 milyon ton) ile Avrupa-Avrasya, %8,8 (384,5 milyon ton) ile Orta ve Güney Amerika, %8,7 (383 milyon ton) ile Pasifik Asya ve son olarak %8,6 (374,8 milyon ton) ile Afrika bölgeleri takip etmektedir. Şekil 1.16'da 1970 yılında %4 (98,8 milyon ton) olan payını 2 kattan fazla artırarak üretimini en fazla artıran bölge Pasifik Asya bölgesi olduğu görülmektedir.

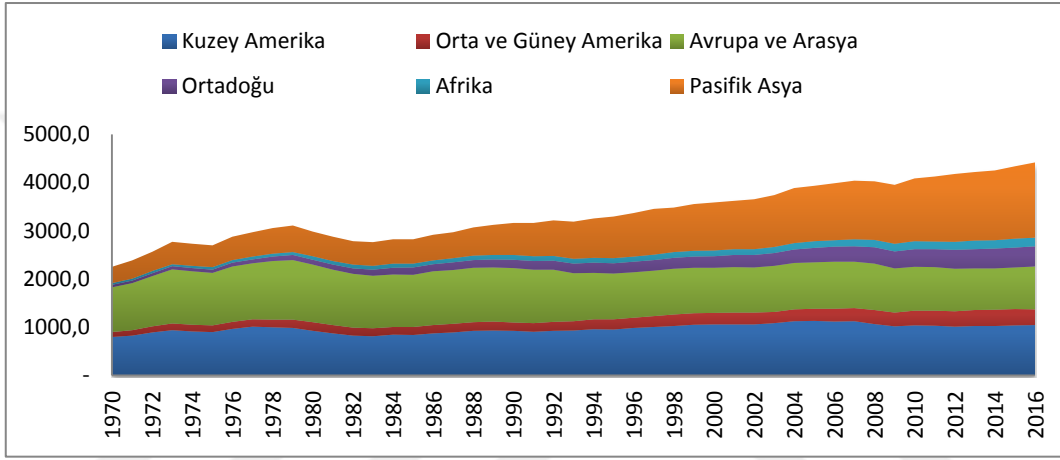
**Şekil 1.17:** 1970-2016 Yılları Dünya Ham Petrol Tüketimi (Milyon Ton)



Kaynak: BP Statistical Review 2017

2016 yılı dünya toplam petrol tüketimi bir önceki yıla oranla %1,5'luk bir artışla %1 olan on yıllık ortalamanın üzerinde bir büyüme ile 4418,2 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Petrol talebinin yıllar içerisindeki seyrine bakıldığında ise üretim ile benzer nitelikler taşıdığı görülmektedir. 1970 yılında 2253 milyon ton olan tüketim 1979 yılında 3106,8 milyon tona çıkmış, 1980 yılında yaklaşık %3,9 azalarak 2986,1 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

**Şekil 1.18:** Yıllar İtibari İle Dünya Ham Petrol Tüketiminin Coğrafi Dağılımı (Milyon Ton)



Kaynak: BP Statistical Review 2017

Petrol tüketimi bölgelere göre incelendiğinde ise üretime benzer olmayan sonuçların olduğu görülmektedir. Petrol üretiminde son sıralarda yer alan Pasifik Asya bölgesi 2016 yılı dünya petrol tüketiminin %35,2'lik (1557,3 milyon ton) bir kısmını gerçekleştirerek birinci sırada yer almaktadır. Pasifik Asya bölgesinde bulunan Çin ve Hindistan gibi hızla büyüyen uzak doğu ülkelerindeki ekonomik artışa paralel olarak artan petrol talebi, bu bölgenin petrol tüketiminde birinci sırada olmasının en önemli nedenidir. 1046,9 milyon ton tüketim ile %23,7'lik pay sahibi olan Kuzey Amerika ise Pasifik Asya Bölgesinden sonra ikinci sırada yer almaktadır. Petrol üretiminde en fazla pay sahibi olan Ortadoğu ülkeleri ise %9,5'luk bir pay ve 417,8 milyon ton tüketim ile dünya petrol tüketiminin son sıralarında yer almaktadır (BP Statistical Review, 2017).

Petrol ihraç eden ülkelerin talep kısmında var olmamaları önemli bir husustur. Bu ülkelerin siyasi istikrarsızlık ve ekonomik güçsüzlükler içerisinde olmaları bu durumun en büyük açıklayıcısıdır. Büyük sermaye, teknik donanım ve teknolojik

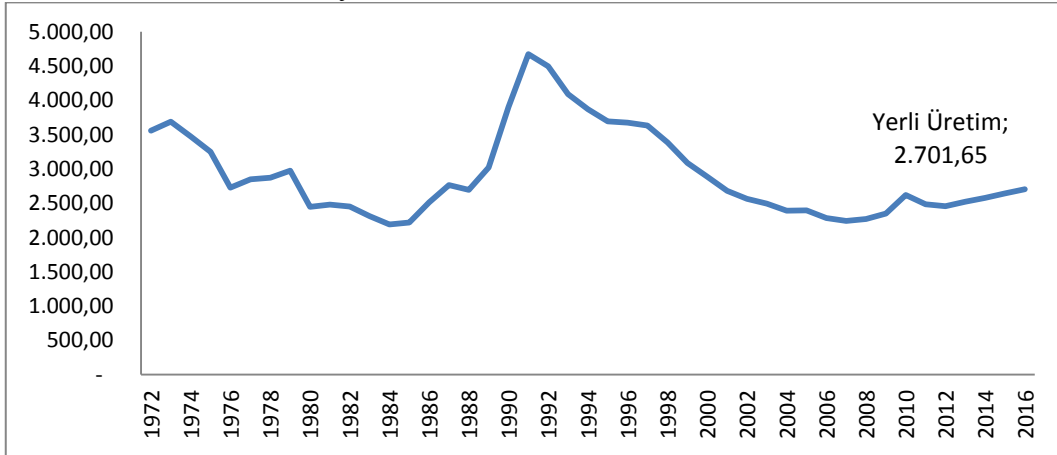
gelişmişlik eksikliklerinden dolayı, bu ülkelerde petrole dayalı sanayinin gelişmemesi, petrol talebini artıramamış ve tüketim yönlerinin zayıf kalmasına neden olmuştur (Akbulut, 2008, s. 122).

Ülkeler bazında bakıldığında ise, petrol talebi en fazla olan ülke 863,1 milyon ton (%19,5) ile Amerika Birleşik Devletleri (ABD) olurken, ABD'yi 578,7 milyon ton (%13,1) ile Çin takip etmektedir. Yapılan petrol tahminlerine göre 2030 yılına gelindiğinde Çin ve Avrupa'nın; dünyanın en büyük petrol ithalatçısı olacağı öngörülmekte ve Amerika'nın hala en büyük petrol ithalatçısı olduğu günümüzde, liderliği yakın bir gelecekte Çin'e bırakacağı belirtilmektedir (ETKB, 2017a).

#### **1.3.2.1.2. Türkiye'de Petrol Görünümü**

Türkiye birincil enerji yoğunluğu açısından değerlendirildiğinde 'enerji yoğun' ülke grupları arasında yer almaktadır (Tiftikçigil & Yesevi, 2015, s. 44). Ancak rezerv bakımından zengin bir ülke değildir. Buna rağmen rezerv açısından zengin Hazar, Orta Asya ve Orta Doğu ülkeleri ile talep yoğunluğu fazla olan Avrupa ülkeleri arasında önemli bir noktada yer almaktadır. (ETKB, 2017a).

**Şekil 1.19:** Türkiye'nin Yıllar itibari ile Petrol Üretimi (Bin Ton)



Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

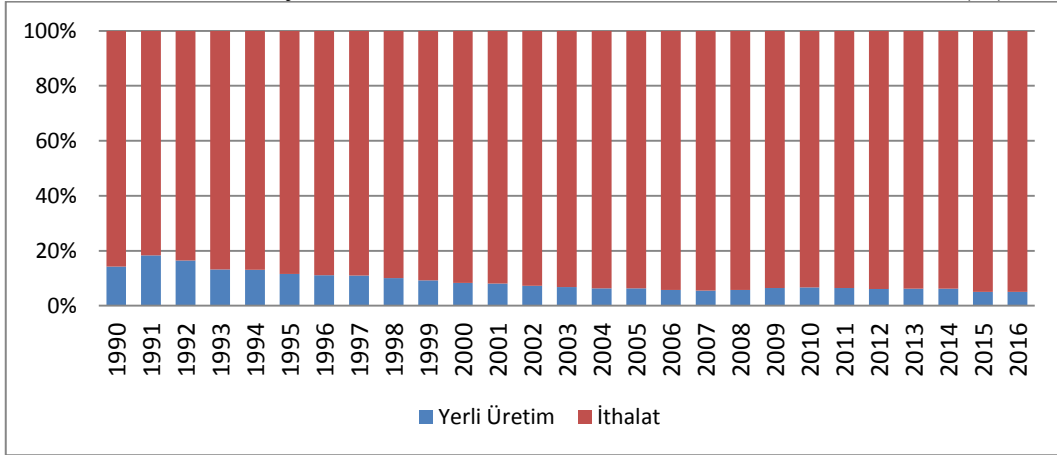
Ham petrol rezervleri bakımından oldukça yetersiz ve dışa bağımlı olan Türkiye'de; ETKB'nin yayınladığı rapora göre, 2017 yılının ilk yarısı itibari ile bugüne kadar üretilen toplam petrol, 150 milyon ton olarak verilmiştir. Bundan sonrası için sahip olduğu petrol rezervinin ise 48 milyon ton olduğu ve yeni

keşiflerin yapılamaması durumunda rezervlerin 18 yıllık ömrünün kaldığı belirtilmektedir (ETKB, 2017a).

Şekil 1.19’da Türkiye’nin yıllar itibari ile petrol üretim grafiği verilmektedir. Üretim, 1963 yılından itibaren iktisadi büyümenin kalkınma programlarına dahil edilmesi ile birlikte 1973 yılına kadar artarak devam etmiştir. 1973 yılında üretim yaklaşık 3,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Yaşanan kriz ile birlikte 1984 yılına kadar hızlı bir şekilde düşmüş ve 1984 yılında yaklaşık 2,2 milyon ton yerli üretime kadar gerilemiştir. Gelişen dünya düzeni ile birlikte 1991 yılına kadar hızlı bir artışa geçen petrol üretimi, 1991 yılında yaklaşık 4,7 milyon tona ulaşarak tepe yapmıştır. İlerleyen süreç itibari alternatif enerji kaynaklarının (özellikle doğalgazın) kullanılmaya başlanması ile birlikte üretim azalmaya başlamış ve günümüze gelene kadar ortalama 2,5 milyon ton<sup>1</sup> civarında seyretmiştir.

2016 yılı itibari ile toplam nihai tüketimin yaklaşık %6,6’lık kısmı yerli üretimle karşılanmakta olup, mevcut durum itibari ile tüketimi karşılama oranından çok uzakta yer almaktadır.

**Şekil 1.20: Türkiye’nin Petrol Tüketiminde, Üretim ve İthalatın Rolü (%)**



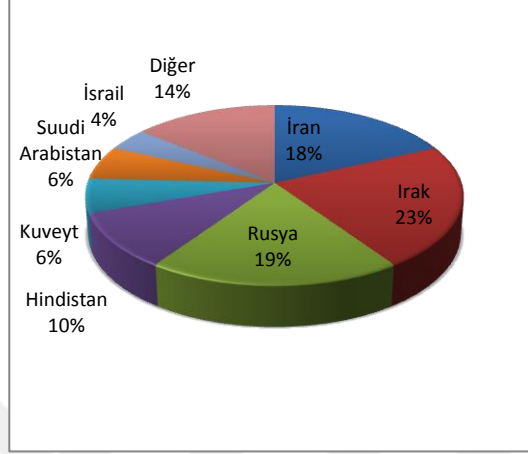
Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1990-2016

1990 yılında, yaklaşık 20 milyon ton olan ham petrol talebinin %19,6’lık kısmını yerli kaynaklardan karşılarken, yıllar itibari ile bu oran giderek azaldığı görülmektedir. Türkiye’nin ham petrol konusundaki dışa bağımlılığı, diğer enerji

<sup>1</sup> Bu değer son on beş yıllık verilerin aritmetik ortalaması olarak elde edilmiştir.

kaynaklarında da kendini göstermekte yeni rezervler alternatif yerli kaynaklar ve politikalar geliştirilmediği müddetçe gelecekte de artması beklenmektedir.

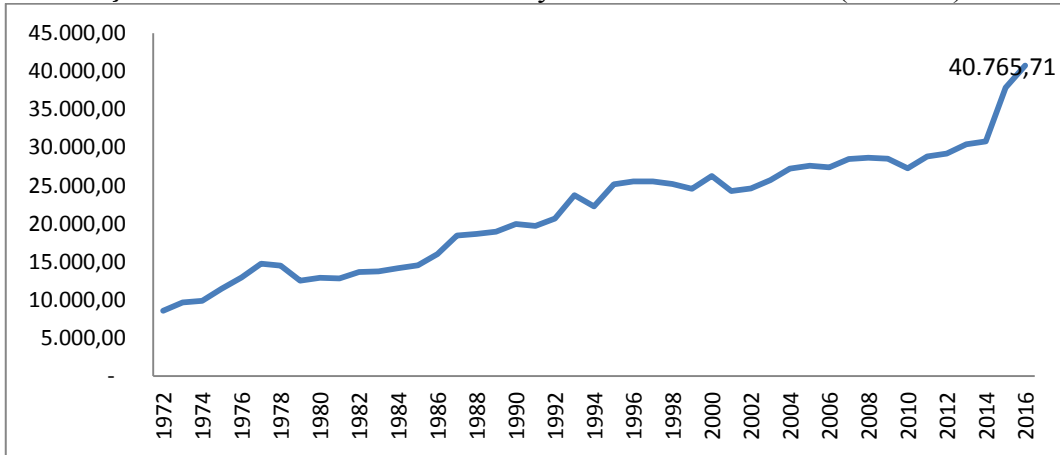
**Şekil 1.21:** 2016 Yılı Türkiye Ham Petrol İthalatında Ülkelerin Payı (%)



Kaynak:(Türkiye Petrolleri, 2016), Sektör Raporu

2016 yılı itibari ile ithal edilen petrolün ülkelere göre dağılımı şekil 1.21’de verilmiştir. Buna göre Irak %23 ile petrol ithal edilen ülkeler arasında birinci olurken, Rusya %19 ile ikinci, İran %18 ile üçüncü sırada yer almaktadır. İthal edilen ham petrolün %86’sı yedi ülke tarafından karşılanırken, bir önceki yıllara kıyaslandığında diğer altı ülke benzer hacimler gösterirken, %6’lık pay sahibi olan Kuveyt, ham petrol ithal edilen önemli ülkelere 2016 yılında dahil olmuştur (Türkiye Petrolleri, 2016, s. 33).

**Şekil 1.22:** Yıllar İtibari ile Türkiye’nin Petrol Tüketimi (Bin Ton)



Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

Görüldüğü gibi Türkiye'nin Petrol talebi, kriz dönemleri hariç yıllar itibari ile artan bir seyir izlemektedir. 1972 yılında 8,6 bin ton olan petrol tüketimi 2016 yılında 40,8 bin ton olarak gerçekleşmiştir.

2010 yılından bu yana OECD ülkeleri arasında en yüksek enerji talep artış oranına sahip olan Türkiye, enerji talebinin büyük bir kısmını dışa bağımlı olarak gerçekleştirmektedir. Bu durum ülkenin enerji güvenliği açısından önem arz etmekte ve bir tehlike oluşturmaması açısından enerji arzının kesilmemesi gerekmektedir (Türkiye Petrolleri, 2016, s. 24).

Türkiye her geçen gün artan talebini mümkün olduğunca yerli kaynaklarla karşılamak amacıyla; alternatif enerji kaynaklarına yönelerek arama tarama faaliyetlerine hız kazandırmaktadır. Bu bağlamda ülkenin yeterince aranmamış tabanlarında ve özellikle deniz sondaj teknolojisinin gelişmesiyle birlikte Karadeniz ve Akdeniz de arama tarama faaliyetleri hız kazanmıştır. Aynı zamanda son yıllarda başta ABD olmak üzere tüm dünyada önemi artan kaya gazının aranma çalışmaları da hız kazanmış ve bu amaçla Güneydoğu ve Trakya bölgelerinde kuyular açılarak, rezerv tespit çalışmaları yapılmaya başlanmıştır (ETKB, 2017a).

### **1.3.2.2. Kömür**

Kömür; milyonlarca yıl boyunca bataklık ormanlarındaki bitkilerin depoladığı enerjiyi içeren, yüksek miktarda karbon ve hidrokarbon içeren yanıcı, kimyasal ve fiziksel olarak farklı yapıya sahip, tortul bir kayadır. Taş kömürü ve kahverengi kömürler olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (EIA, 2017a).

Uluslararası istatistikler kömürü yaydığı ısı değerine göre iki ana çeşide ayırmaktadır. 6000 kcal/kg düzeyini aşan ısı değerindeki kömürlere taşkömürü (hard coal), bu değer altında kalan kömürlere ise linyit (brown coal) denmektedir. Uygulamada, antrasit ve bitümlü kömürler taşkömürü sınıfına girerken, alt bitümlü kömür ve turb ise linyit sınıfına girmektedir (Yücel B. , 1994, s. 677).

Bilinen enerji kaynakları içerisinde en eski kaynaklardan bir tanesi olan kömür, ilk olarak M.Ö. 2000 yıllarında Çin'de bakır eritme işlemlerinde kullanılmıştır. Ayrıca Amerika'nın keşfinden önce, yerli halkın da kömür kullandığı bilinmektedir.

1600'lü yıllarda kömürü keşfeden Avrupalılar, ilk başlarda odun ve su çarklarından elde ettikleri enerjiden dolayı kömürü çok az kullandılar. 18. yy.'a gelindiğinde ise kömür bir güç belirtisi olarak görülmeye ve hakim enerji kaynağı olmaya başlamıştır (NEED, 2017, s. 15).

Sanayi devrimi ile birlikte kömüre olan talep artmış ve sanayide; özellikle demir-çelik fabrikalarında, ulaşımda; demiryolu taşımacılığında ve buharlı gemilerde yakıt olarak kullanılmıştır (Balat H. , 2007, s. 151), (Günay, 2002, s. 13). Aynı zamanda kömürden elde edilen gazdan şehir aydınlatmasında da faydalanılmıştır. 19. yy.'da elektrik alanında yaşanan gelişmeler ile birlikte kömür elektrik üretiminde de kullanılmaya başlanmıştır (Yapraklı, 2013, s. 29).

1960 yılına kadar enerji üretiminin temel hammaddesi olarak kullanılan kömür, 1961 yılına gelindiğinde ise petrol talebinin artmaya başlaması, dönüşüm ve uygulama teknolojilerinin ilerlemesi, benzin ve dizel motorlarla çalışan otomobillerin yaygınlaşması, buhar gücüyle çalışan trenlerin dizel yakıt teknolojisine geçmesi ile birlikte en düşük seviyeye gerilemiştir. Bu tarihten itibaren kömür üretimi; teknoloji ve taşıma sektöründe yaşanan ilerlemeler, petrol maliyetlerinin ve fiyatlarının azalması ve 1970'li yıllarla birlikte doğalgaz ve nükleer enerjinin piyasaya girmesinden dolayı önemini kaybetse de üretim %160 artarak 2008 yılında rekor seviyelere ulaşmıştır (Baris, 2011, s. 1754), (NEED, 2017, s. 16).

Günümüzde hala temel enerji kaynaklarından bir tanesi olan kömür, rezerv kaynaklarının fazla olması ve coğrafi olarak geniş bir alana yayılmasından dolayı, petrol bakımından zengin olmayan ülkelerde, elektrik üretiminde, sanayide ısı ve enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra taşıma ve depolamanın kolay olması, petrole göre daha güvenilir bir kaynak olması, istikrarlı tedarik koşulları ve fiyatlarının rekabetçi piyasalarda belirlenmesinden dolayı maliyetlerin düşük olması gibi nedenlerle sürdürülebilir kalkınma ve enerji arzı güvenliği açısından da önemli bir enerji kaynağı olmasını sürdürmektedir (DEKTMK, 2007, s. 3,67-69).

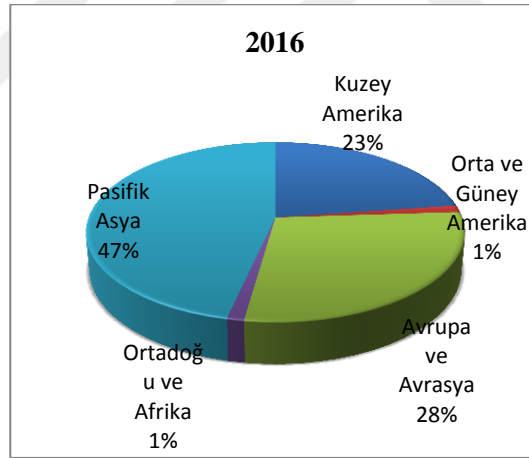
Nitekim dünya elektrik üretiminin yaklaşık olarak %40'ı kömür kaynaklıdır. Birçok ülkenin ise elektrik ihtiyacının büyük bir bölümü bu sebeplerden dolayı kömürden sağlanmaktadır. Örneğin ulusal elektrik üretiminin; Polonya'da %95'i, G.

Afrika'da %93'ü, Avustralya'da %83'ü, Danimarka'da %77'si, Çin'de %75'i, Yunanistan'da %69'u, ABD'de ve Almanya'da % 53'ü kömürden sağlanmaktadır. Türkiye'de ise elektrik enerjisinin %32'si kömürden elde edilmektedir (TKİ, 2017).

#### 1.3.2.2.1. Dünya'da Kömür Görünümü

Dünya kömür rezervleri coğrafi olarak yüzden fazla ülkede bulunmakta ve elliden fazla ülkede ise üretilmektedir (TTK, 2017, s. 3). 2016 yılı itibari ile dünya kömür rezervleri 1139 milyar tondur. Bu rezervin 816 milyar tonu taş kömürü, 323 milyar tonu ise linyit rezervlerine aittir. Dünya taş kömürü üretiminin yaklaşık %85'i, 6 ülke tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu ülkeler; Çin, ABD, Hindistan, Güney Afrika, Rusya, Avusturya'dır. En önemli linyit üreticisi ise dünya üretiminin yaklaşık %22'sini gerçekleştiren Almanya'dır (Tamzok, 2005, s. 2-3), (BP Statistical Review, 2017), (TTK, 2017, s. 16).

Şekil 1.23: Dünya Kömür Rezervlerinin Coğrafi Dağılımı



Kaynak: BP Statistical Review 2017

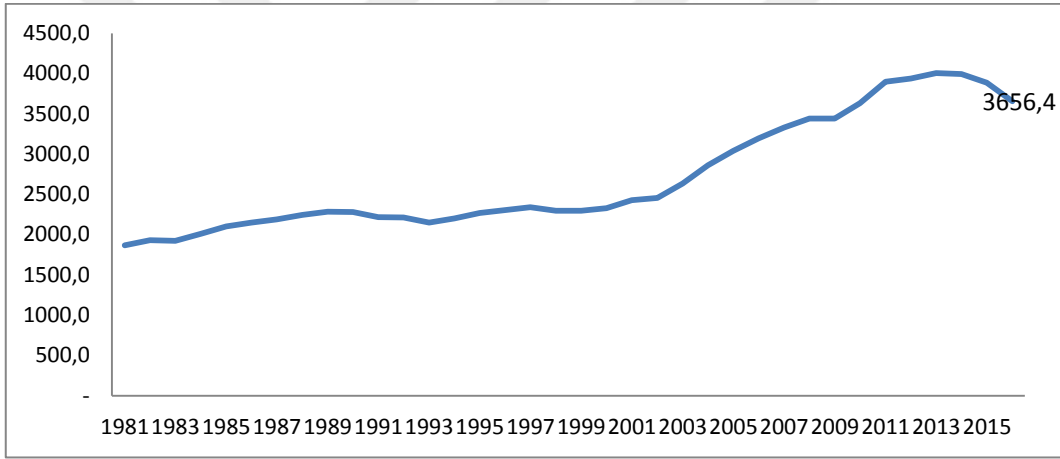
Rezervlerin coğrafi dağılımına bakıldığında, diğer fosil kaynaklara nazaran, kömürün dünya genelinde daha yaygın olarak bulunduğu ve nispeten eşit olarak dağıldığı görülmektedir (Yılmaz & Uslu,2007, s. 1118). 2016 yılı itibari ile Pasifik-Asya'nın kömür rezervi, 529 milyar ton olup, dünya kömür rezervinin %47 ile en büyük payına sahiptir. Bu bölgeyi %28'lik pay ve 322 milyar tonluk rezerv ile Avrupa-Avrasya takip etmektedir. Kuzey Amerika Bölgesi, 259 milyar ton ile



rezervlerin %23'üne sahip iken, Ortadoğu, Afrika, Orta ve Güney Amerika Bölgeleri ise toplam Kömür rezervinin sadece %2'sine sahiptir.

BP 2017 raporlarına göre, dünya kömür rezervleri çok fazla ülkede olmasına rağmen rezervlerin yaklaşık %80'i, beş ülkede bulunmaktadır. ABD toplam rezervin, %22,1'lik kısmına sahip olarak birinci sırada yer alırken, %21,4 paya sahip olan Çin ikinci sırada yer almaktadır. Görüldüğü gibi ABD ve Çin yaklaşık 496 milyar ton rezerv ile dünya toplam rezervinin neredeyse yarısına sahiptir. Bu ülkeleri, %14,1 pay ile Rusya, %12,7 ile Avustralya ve %8,3 pay ile Hindistan takip etmektedir (BP Statistical Review, 2017).

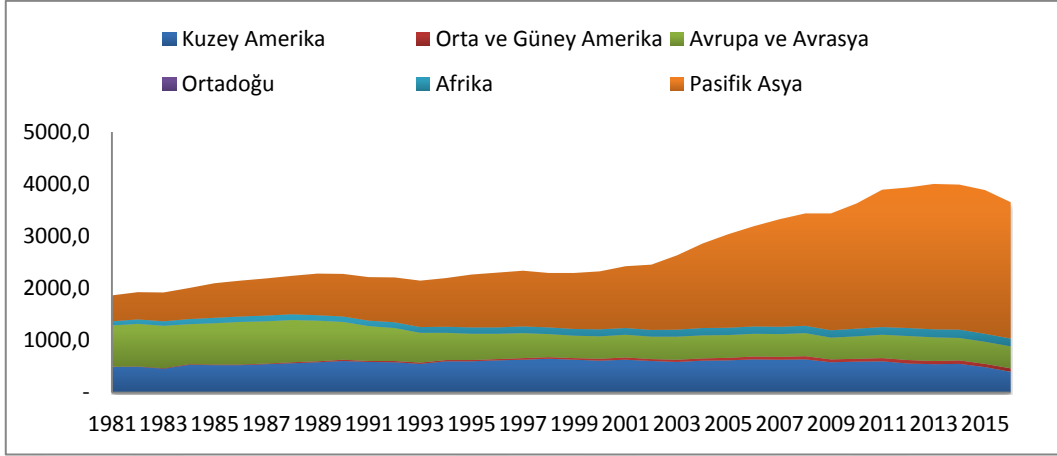
**Şekil 1.24:1970-2016 Yılları Dünya Kömür Üretimi (MTEP)**



Kaynak: BP Statistical Review 2017

Dünya kömür üretimi geçilen 30 yılda iki kat artmıştır (TKİ, 2015). 1981 yılında 1866 Mtep olan dünya kömür üretimi, 2003 yılına kadar ortalama bir artış seyri ile ilerlemiştir. 2003 yılı itibari ile hızlı bir artış trendine giren üretim, 2013 yılına kadar yaklaşık %50 oranında artarak, 4006 Mtep ile en yüksek yıllık üretim değerine ulaşmıştır. Bu artışın büyük bir çoğunluğuna; kömür talebini artıran uzak doğu ülkelerinin, özellikle 2013 yılında toplam üretimin %46,6'sını tek başına gerçekleştiren Çin'in sebep olduğu söylenebilir. 2013 yılından sonra azalan yıllık kömür üretimi, 2016 yılında 3654 Mtep olarak gerçekleşmiş ve üretim yaklaşık %8,5 azalmıştır.

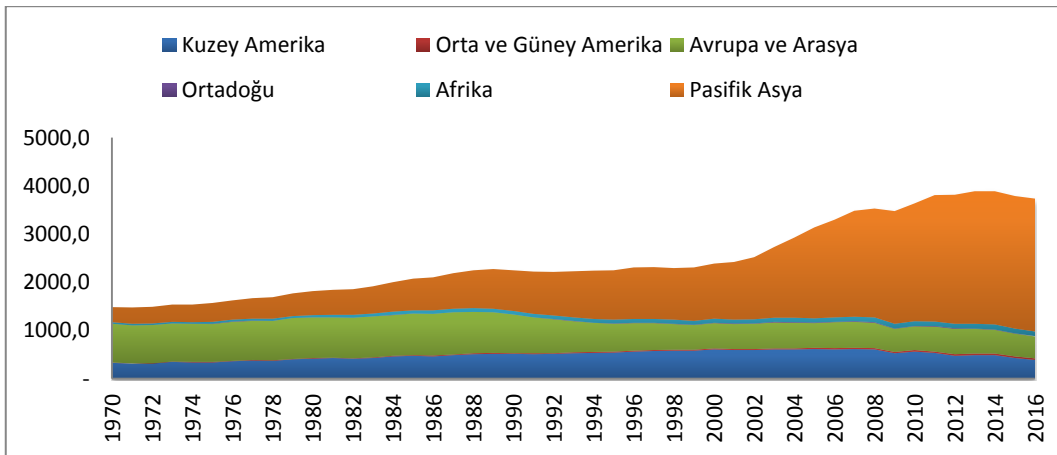
**Şekil 1.25: Dünya Kömür Üretiminin Coğrafi Dağılımı (1981-2016, MTEP)**



Kaynak: BP Statistical Review 2017

Bölgelere göre bakıldığında ise, en fazla üretimin Pasifik Asya bölgesinde (%71,6) gerçekleştiği ve toplam üretimin neredeyse üçte ikisini karşıladığı görülmektedir. İkinci sırada yer alan Avrupa ve Avrasya'nın küresel kömür üretimindeki payı %11,5, üçüncü sırada yer alan Kuzey Amerika Bölgesinin payı ise %11 olarak gerçekleşmiştir. Görüldüğü gibi en yüksek artış Pasifik Asya Bölgesinde gerçekleştirmekte ancak buna karşılık petrol zengini olan Ortadoğu ülkelerinde, üretim neredeyse yok denecek kadar az gerçekleştirmektedir. 2015 yılında ikinci sırada yer alan Kuzey Amerika ise üretimdeki %18,1'lik bir azalma ile ikinciliği; talepteki daralmaya bağlı olarak üretimini azaltmasına rağmen Avrupa ve Avrasya Bölgesine bırakmıştır.

**Şekil 1.26: Dünya Kömür Tüketiminin Coğrafi Dağılımı (1970-2016, MTEP)**



Kaynak: BP Statistical Review 2017

Şekil 1.26'da, dünya kömür tüketiminin 1970 yılı itibari ile coğrafi dağılımı gösterilmektedir. Buna göre geçen süre içerisinde kömür tüketimi iki kattan fazla artış göstermiştir. Tüketim artışı büyük oranda Çin'in talebindeki artıştan kaynaklanmıştır. Çin'in artış talebi 2000 yılından itibaren %171 artarak 706,1 Mtep'den 1913,6 Mtep'e yükselmiştir.

Yıllar itibari ile tüketim verileri bölgesel olarak incelendiğinde; Kuzey Amerika tüketimini 327,1 Mtep'den 386,9 Mtep'e, Orta ve Güney Amerika 7,1 Mtep'den 34,7 Mtep'e, Afrika 31,6 Mtep'den 95,9 Mtep'e, Pasifik Asya Bölgesi 312,2 Mtep'den 2753,6 Mtep'e çıkardığı görülmektedir. Veriler incelendiğinde Pasifik Asya Bölgesi tüketimini yaklaşık dokuz katına çıkararak dünya kömür tüketiminde ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Bu bölge içinde yer alan Çin ve Hindistan, dünya toplam kömür tüketiminin %61,6'sını gerçekleştirerek tüketimin en önemli belirleyicileri olmuşlardır. Petrol rezervleri açısından dünyanın en büyük rezervlerine sahip olan Ortadoğu ise kömüre fazla talep göstermemiş ve dünya tüketiminin sadece %0,2'si gibi küçük bir payına sahip olmuştur. Son olarak dünya kömür üretiminde ikinci sırada yer alan Avrupa ve Avrasya Bölgesinin tüketim seyri incelendiğinde ise diğer bölgelerin aksine yarı yarıya bir azalma gerçekleştiği ve 1970 yılında 804,4 Mtep olan tüketimin, 2016 yılında 451,6 Mtep'e gerilediği gözlenmektedir. Burada bahsi geçen talep azalmasına; Avrupa'da çevresel kaygı ve önlemlerin artması ve doğalgaz kullanımının yaygınlaşması sebep olarak gösterilebilir.

Sonuç olarak dünyadaki iklim değişikliği politikaları ve buna bağlı olarak ele alınan önlemler neticesinde sera gazları salınımına getirilen kısıtlamalar, fosil yakıtların, (özellikle kömür tüketiminin) azalacağına dair söylemler olsa da; kömürün sürdürülebilir kalkınma ve enerji arzı güvenliği alanındaki avantajları da ülkelerin dikkatle incelemesi gereken hususlar arasındadır. Bu bağlamda kömür yakma ve madenciliği alanında ortaya çıkan temiz kömür teknolojisinde yaşanan gelişmeler kömür talebinin uzun yıllar devam edeceğini ortaya koymaktadır (Aktaş, 2011, s. 14-16).

### **1.3.2.2.2. Türkiye’de Kömür Görünümü**

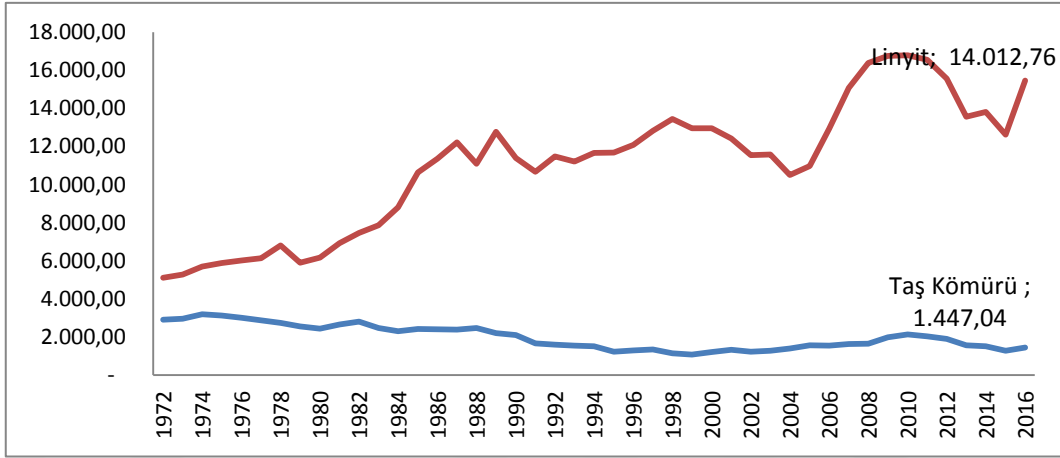
Türkiye’nin kalkınma planlarında enerjinin; ekonomik ve sürdürülebilir kalkınma alanında önemli bir faktör olduğu ve bu nedenle sürekli, emniyetli ve asgari maliyetle karşılanması hususunun, planlamaların temel amaçlarından bir tanesi olduğu belirtilmektedir. Net enerji ithalatçısı olan Türkiye’nin, iç enerji kaynaklarının kullanımını artırması, bu açıdan büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda, rezerv bakımından makul seviyelerde olan kömür, yerli kaynaklar açısından büyük bir öneme sahiptir (Baris, 2011, s. 1755-1758).

Türkiye kömür rezervi bakımından linyitte, dünya ölçeğine göre orta düzeyde, taş kömüründe ise düşük düzeyde değerlendirilen ülkeler arasında yer almaktadır. 2016 yılı verilerine göre dünya rezervinin yaklaşık 1,30 milyar ton taş kömürü ve 15 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır (ETKB, 2017b).

Dünya toplam linyit rezervlerinin %3,2’si Türkiye’de bulunmaktadır. Isıl değeri düşük olan linyit kömürlerinin büyük bir kısmı, termik santrallerde kullanılmaktadır. Ülkenin hemen hemen her yerinde bulunan rezervin %46’sı, Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Afşin-Elbistan Havzasında yer almaktadır (ETKB, 2017b), (Mutluer, 1990, s. 190).

Linyite göre daha az rezerve sahip olunan taşkömürü rezervi ise Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan, Zonguldak Havzasında yer almaktadır. Daha yüksek ısı değerine sahip olan taş kömürü, elektrik üretiminde, sanayide, ulaşımda kullanılmasına rağmen, en yaygın kullanım alanı demir-çelik fabrikalarıdır (Akkoyunlu, 2006, s. 134), (Baris, 2011, s. 1758), (Mutluer, 1990, s. 188-190).

**Şekil 1.27:**Yıllar İtibari ile Türkiye Kömür Üretimi (BTEP)



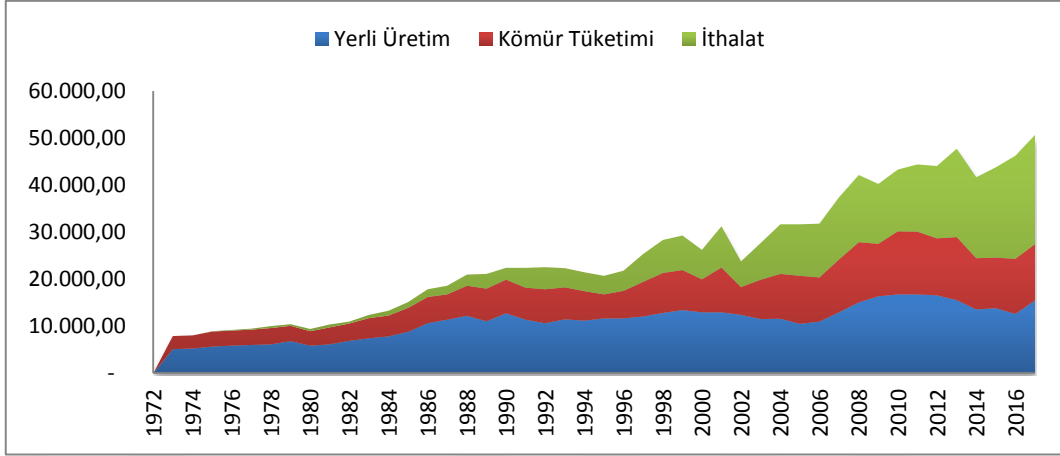
Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

Türkiye, cumhuriyetin ilk yıllarından 1960'lı yıllara kadar, elektrik üretim ihtiyacını büyük bir oranda linyit ve taş kömüründen karşılamaktaydı. Bu yıllardan sonra, petrol fiyatlarında meydana gelen iyileşmemeler, kömürün önemini kaybetmesine ve petrolün enerji üretiminde ilk sıraya yükselmesine neden olmuştur (Yılmaz & Uslu, 2007, s. 1117-1118). Krizle birlikte Türkiye, yerli kaynaklara yönelmiş ve kömür üretimi, kriz yıllarından 1998'li yıllara kadar büyük bir artış göstermiştir. Nitekim 1972 yılında 5.1Mtep olan kömür üretimi, 1998 yılına gelindiğinde 13,4 Mtep olarak gerçekleşmiştir (Baris, 2011, s. 1759).

1998 yılına kadar linyite dayalı artan enerji üretimi bu yıldan sonra; kömürün çevreye verdiği zarar ve ülkenin doğalgaz gibi alternatif enerji kaynaklarına olan eğilimi nedeni ile hızlı bir şekilde düşüşe geçmiştir<sup>2</sup> (Yılmaz, 2008). Türkiye'nin Linyit üretiminde yaşadığı en büyük artış 2004-2008 yılları arasında gerçekleşmiştir. 2004 yılında 9,12 Mtep olan linyit üretimi geçen 4 yılda yaklaşık %61,5 oranında artarak 14,7 Mtep'e ulaşmıştır. Bu artışın sebebi artan enerji talebine bağlı olarak, kömür santrallerinin kapasitelerine yakın üretim yapması ve son on yılda yeni rezerv arayışlarına verilen önem olarak gösterilebilir (ETKB, 2017b). 2016 yılında ise Türkiye'nin linyit üretimi 14,01 Mtep, taşkömürü üretimi ise 1,45 Mtep olarak gerçekleşmiştir.

<sup>2</sup> Bu yıllar aynı zamanda 1999 Marmara Depremi ve 2001 Küresel Krizinin yaşandığı döneme de denk gelmektedir.

**Şekil 1.28:** Yıllar itibari ile Türkiye Kömür Tüketimi (BTEP)



Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

Türkiye'nin kömür tüketimi incelendiğinde ise yıllar itibari ile artan enerji talebiyle birlikte, yerli kaynakların yetmediği ve ithalatın giderek arttığı şekil 1.28'de açıkça görülmektedir. 1979 petrol krizinin yaşandığı yıla kadar tüketiminin tamamını yerli kaynaklarla karşılayan Türkiye, bu yıldan sonra kömürün enerji tüketimi içindeki payını artırmış ve ithal etmeye başlamıştır. 1972 yılında 5,1 Mtep olan tüketimin tamamı yerli kaynaklarla karşılanırken, 2016 yılına gelindiğinde 37,93 Mtep olan kömür tüketiminin %61,1'i ithal edilerek karşılanmaktadır. İthal edilen kömürün büyük bir kısmı taşkömürüdür. Taş kömüründe ithalat oranı ise 2016 yılı verilerine göre toplam tüketimin % 96,3'ü olarak gerçekleşmiştir (TTK, 2017, s. 27-28).

Sonuç olarak Kömür uzun yıllara dayanan potansiyeli, enerji arzı ve tedarik güvenliği konusundaki avantajları ile mevcut yerini koruyacak durumdadır. Türkiye'nin 2020 projeksiyonları doğrultusunda, enerji alanında %76,5 dışa bağımlı olacağı, kömür fiyatlarının istikrarlı ve rekabetçi yapısı göz önünde bulundurulduğunda; madencilik sektörü desteklenerek yeni rezerv yerleri bulunmalı, üretim tesisleri modernize edilerek enerji verimliliği sağlanmalı, modern kömür işleme yöntemlerine önem verilmelidir (Yılmaz & Uslu, 2007, s. 1127-1128).

### **1.3.2.3. Doğalgaz**

Doğalgaz; milyonlarca yıl önce yer altında bulunan hayvan kalıntılarının, ısı ve basınç sonucu, değişikliğe uğraması ile oluşan yanıcı bir gazdır (EIA, 2017c). Hepsi farklı moleküler yapıya sahip gazların oluşturduğu; kolay işlenebilen, koku, duman, is bırakmayan verimli bir yakıt türüdür. Aynı zamanda yenilenemeyen diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında çevreci olması, yatırım maliyetlerinin düşük, santral kurulumunun hızlı-güvenli, gazın kolay saklanabilir olması gibi avantajlara da sahiptir (Destek, 2016, s. 1007), (Akpınar & Başbüyük, 2011, s. 122).

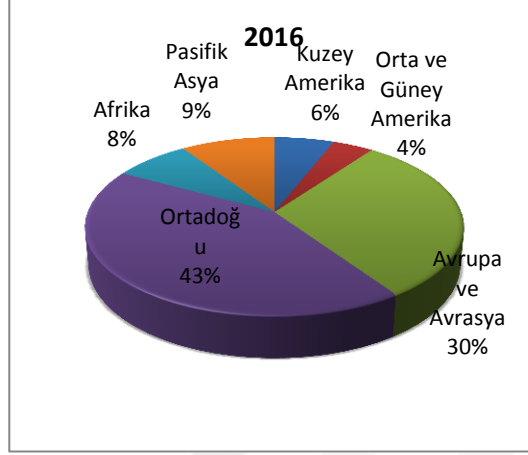
Önceleri yer altı çatlaklarından çıkan yararsız bir atık olarak görülüp, yakılan doğal gaz, Avrupa'da 17. yüzyılda aydınlatma ve ısıtma amacıyla kullanılmıştır. Amerika'da 1815 yılında gazın keşfi ile beraber 1820 yılında ilk doğalgaz kuyusu açılmıştır. Daha sonraları kullanım ve taşıma alanında yaşanan gelişmeler ile birlikte yerleşim merkezlerinde, endüstride ve elektrik üretiminde yakıt olarak kullanılmaya başlanmıştır. ABD'de on dokuzuncu yüzyılda bir enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlandığı bilinen doğal gaz, günümüzden 50 yıl öncesine kadar pek çok yerde gereksiz olarak görülmesine rağmen, 1973 petrol krizi ile birlikte önemini artırmış, birçok ülkede arama tarama faaliyetleri hız kazanmıştır. Günümüzde ise 70'den fazla ülkede doğalgaz üretimi yapılmaktadır (Mazak, 2015), (Gültekin & Örgün, 1993, s. 37).

Tüm bu sebeplerden dolayı, fosil yakıtlar içerisinde yer almasına rağmen, diğer fosil yakıtlara göre %50 daha az çevre kirliliğine neden olduğu için, yarının yenilenebilir kaynakları ile bugünün fosil yakıtları arasında bir köprü vazifesi görmektedir. Mevcut özelliklerinden dolayı gün geçtikçe önemi artan doğalgaz, elektrik üretiminde birincil kaynak haline gelmiştir (Solarin & Shahbaz, 2015, s. 835), (Lochner & Bothe, 2009, s. 1518-1519).

#### **1.3.2.3.1. Dünya'da Doğalgaz Görünümü**

Özellikle son 30 yılda önemi giderek artan doğalgazın, petrole nazaran dünyada daha geniş bir coğrafyaya dağıldığı görülmektedir. 2016 yılı verilerine göre dünya toplam ispat edilmiş doğalgaz rezervi 186,6 trilyon metreküptür ( $m^3$ ).

**Şekil 1.29:** Dünya Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervlerinin Coğrafi Dağılımı

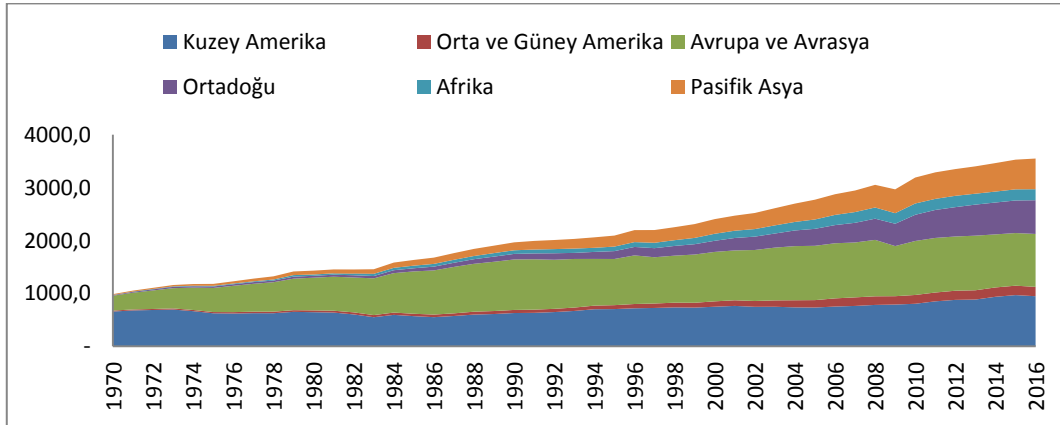


Kaynak: BP Statistical Review 2017

Rezervlerin dünya dağılımına bakıldığında ise petrolde olduğu gibi, Ortadoğu bölgesi 79,4 trilyon  $m^3$  ile dünya toplam rezervinin %43'üne sahip olarak ilk sırada yer almaktadır. Ortadoğu'yu %30 oran ve 56,7 trilyon  $m^3$ 'lük rezerv ile Avrupa ve Avrasya Bölgesi takip etmektedir. Bu bölgeleri sırasıyla, %9'luk pay ile Pasifik Asya, %8 ile Afrika, %6 ile Kuzey Amerika, %4 ile Orta ve Güney Amerika Bölgeleri takip etmektedir.

Ülkeler bazında incelendiğinde ise, doğalgazın dünya geneline yayılmış olmasına rağmen, yarısından fazlası (%57,7) dört ülkede bulunmaktadır. Bu ülkeler sırasıyla; İran (%18), Rusya (%17,3), Katar (%13) ve Türkmenistan (%9,4)'dır (BP Statistical Review, 2017).

**Şekil 1.30:**Dünya Doğalgaz Üretimi (1970-2016, milyar  $m^3$ )

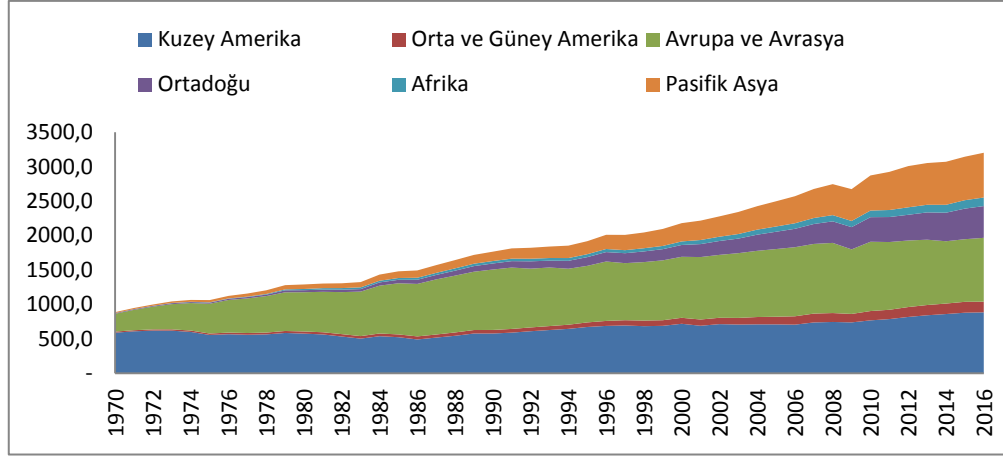


Kaynak: BP Statistical Review 2017



Şekil 1.30’da dünya doğalgaz üretiminin yıllar itibari ile seyrine bakıldığında, 1970 yılında 988 milyar  $m^3$  olan doğalgaz üretimi, 2016 yılına gelindiğinde, 3551,6 milyar  $m^3$ ’e ulaşmıştır. 2016 yılı rakamlarına göre Avrupa ve Avrasya Bölgesi 1000,1 milyar  $m^3$  ve %28,2 pay ile dünya doğalgaz üretiminde birinci sırada yer almaktadır. Kuzey Amerika 948,4 milyar  $m^3$  üretim ve %26,7 pay ile ikinci, Ortadoğu bölgesi ise 637,8 milyar  $m^3$  ve %18’lik pay ile üçüncü sırada yer almaktadır. Doğalgaz üretimindeki mevcut artışa en fazla katkıda bulunan ülkeler Rusya, Suudi Arabistan, ABD, Katar, Norveç ve İran’dır. Bu altı ülkenin toplam dünya üretimi içerisindeki payı %54,6’dır (BP Statistical Review, 2017).

**Şekil 1.31:** Dünya Doğalgaz Tüketimi (1970-2016, milyar MTEP)



Kaynak: BP Statistical Review 2017

Dünya doğalgaz tüketimi, 1970 yılında 890 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Yıllar itibari ile artış gösteren doğalgaz tüketimi, 2009 yılında yaşanan krizin etkisi ile %2,1 azalmış, 2010 yılında krizin etkisinin geçmesi ile birlikte %7,7 artışla 2874,2 Mtep’e ulaşmıştır. 2016 yılına gelindiğinde, toplam tüketim 3204,1 Mtep olarak gerçekleşmiştir.

Bölgesel olarak incelendiğinde ise; 1970 yılında toplam tüketimin; %66’lık kısmını Kuzey Amerika Bölgesi, %29’luk kısmını ise Avrupa ve Avrasya Bölgesi gerçekleştirirken, 2016 yılında tüketimin, %29’unu Avrupa ve Avrasya Bölgesi, %20’sini Pasifik Asya ve %14’ünü ise Ortadoğu Bölgeleri gerçekleştirmiştir. 1970 yılında toplam tüketimin %66’sını gerçekleştiren Kuzey Amerika’nın payı ise %28’e

düşmüştür. Şekil 1.31 incelendiğinde, yıllar itibari ile Afrika, Ortadoğu ve Pasifik Asya Bölgelerinin doğalgaz tüketiminde önemli artışlar olduğu da gözlenmektedir.

Görüldüğü gibi doğalgaz, dünyada talebi en fazla artan birincil enerji kaynağıdır. Petrol ve kömüre göre daha temiz ve nükleer enerji gibi tartışmalı olmayan doğalgazın, gelecekte de birçok ülke tarafından tercih edilen bir yakıt olması beklenmektedir. Ancak EIA'ya göre, dünyada 2015 yılı itibari ile kanıtlanmış doğalgaz rezervlerinin, yaklaşık 60 yıllık ömrü bulunmaktadır (EIA, 2017c). Bu nedenle doğalgazın daha sürdürülebilir bir enerji geleceği için, yenilenebilir kaynaklara geçişte bir köprü vazifesi göreceği tahmin edilmektedir (Demirbas, 2006, s. 420).

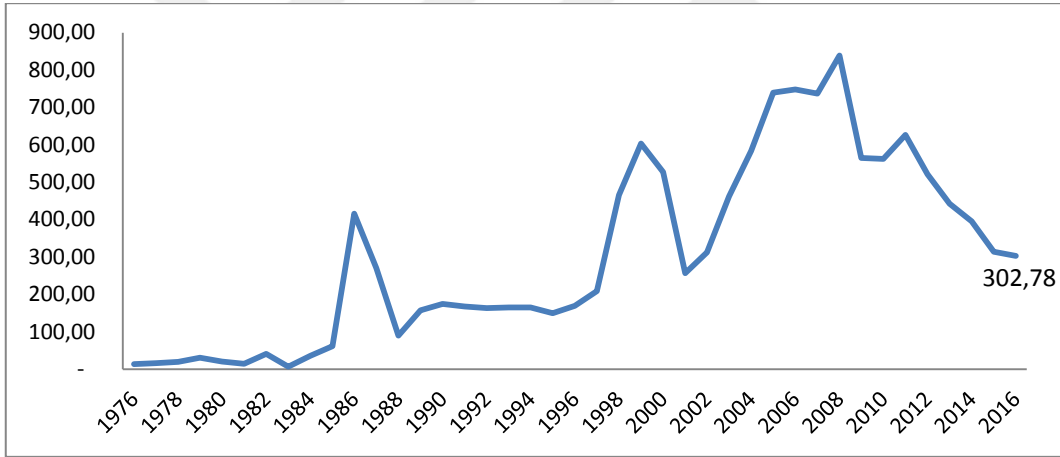
#### ***1.3.2.3.2. Türkiye'de Doğalgaz Görünümü***

Türkiye, dünyanın en büyük yirminci enerji tüketicisi ve 2014 yılı verilerine göre enerjide ithalat bağımlılığı en yüksek dokuzuncu ülkedir. Bu hususta birincil enerji talebinde hem petrol hem de doğalgazın payı fazla olmasına rağmen, ülkenin doğalgaz ithalat zafiyetinin değerlendirilmesi önemli bir husustur. Çünkü elektrik talebinin artmasıyla birlikte linyite göre daha verimli olan, doğalgaz talebi de artmakta, buna bağlı olarak yerli kaynakların yetersiz ve önemsiz olmasından dolayı ithalat bağımlılığının artması beklenmektedir (Berk & Ediger, 2018, s. 540-541), (Hacisalihoglu, 2008, s. 1867-1868), (Ener & Ahmedov, 2007, s. 122-124).

Günümüzde tamamına yakını ithal yollarla karşılanan doğalgazın, 1987'den 1993'e kadar tek tedarikçisi Rusya idi. 1994 yılında Cezayir, 1999 yılında Nijerya ile imzalanan sıvı doğalgaz anlaşmaları ile Rus gazının payı önemli ölçüde azalmıştır. 2001 ve 2007 yılında İran ve Azerbaycan gazları ithal edilmeye başlanmıştır. Şuanda Türkiye; Rusya, İran ve Azerbaycan'dan boru hatları ile Cezayir ve Nijerya'dan taşıma yolu ile doğalgaz ithal etmektedir. 2015 yılı verilerine göre ithal edilen doğalgazın önemli bir kısmı; Rusya (%56), İran (%16) ve Azerbaycan'dan (%13) sağlanmaktadır. Geriye kalan kısım ise spot piyasalardan elde edilmektedir (Melikoglu , 2013, s. 394), (Berk & Ediger, 2018, s. 542), (Engin, 2010, s. 235-236).

Türkiye'nin, Trakya Havzasındaki Hamit abat doğalgaz sahasının keşfinin ardından, 1970'lerin ortalarında doğalgaz tüketmeye başladığı görülmektedir. Bölgeden gelen gaz, yakın civardaki santraller ve çimento fabrikaları tarafından kullanılmaktaydı (Berk & Ediger, 2018, s. 542). 1980'lerden sonra yapılan alternatif politikalar neticesinde doğalgazın öneminin artmış ve bu tarihlerde, Trakya'ya bağlanan gaz, İstanbul'a getirilerek elektrik üretmek için kullanılmıştır. 1986 yılında Türkiye Sovyet gazını Ankara'ya getirmek için boru hattı inşasına başlamıştır. 1980'lerin sonunda tamamlanan hat, Ankara'da konut ve sanayide kullanılmaya başlanmıştır (Hacisalihoglu, 2008, s. 1868). Takip eden dönemde sırasıyla 1992'de İstanbul ve Bursa'da, 1996'da Eskişehir ve İzmit'te kullanıma girmiştir (Balat M. , 2008, s. 123).

**Şekil 1.32:** Türkiye Doğalgaz Üretimi (1976-2016, BTEP)



Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

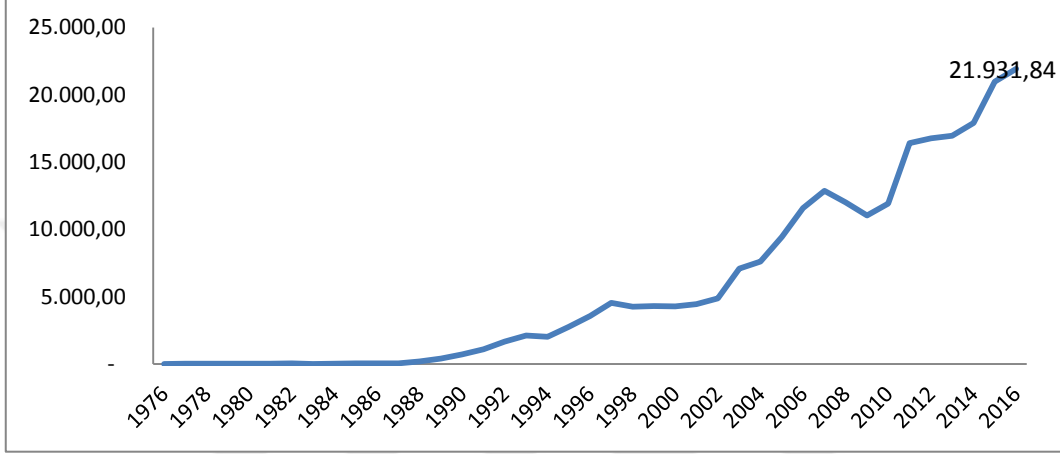
Türkiye'nin doğalgaz üretim ve tüketim durumu incelendiğinde aralarında büyük bir dengesizlik olduğu açıkça görülmektedir.

1976 yılında 13,65 Btep olan doğalgaz üretiminin, yaşanan petrol krizleri neticesinde önemi artmış ve 1982 yılına gelindiğinde bir önceki yıla oranla %181 artarak 40,95 Btep'e ulaşmıştır. Zaman içerisinde, özellikle Trakya Bölgesinde yeni rezerv alanlarının bulunmasıyla, (2002 ve 2009 kriz dönemleri hariç) üretim tüketime oranla çok zayıf kalsa da, artış göstermiştir<sup>3</sup>. 2008 yılında en yüksek doğalgaz üretim değerine ulaşılmış ve yerli üretim 838,65 Btep olarak gerçekleşmiştir. Ancak 1986

<sup>3</sup> Kriz dönemlerinde üretim azalışına artan fiyatların neden olduğu söylenebilir.

yılına kadar talebin tamamı yerli üretimle karşılanmasına rağmen, 2008 yılında doğalgaz arzının sadece %2'si yerli kaynaklardan elde edilmiş, %98 ithal edilmiştir. Bu tarihten sonra üretim azalma eğilimine girmiş ve 2016 yılında 302,78 Btep olarak gerçekleşmiştir.

**Şekil 1.33:**Türkiye'nin Doğalgaz Tüketimi (1976-2016, BTEP)



Kaynak: EİGM Denge Tabloları 1972-2016

Türkiye'nin doğalgaz tüketimine bakıldığında ise; 1980'lerden sonra, doğalgazın, temel enerji girdisi olarak tercih edildiği görülmektedir. 1985 yılında 45,5 Btep olan doğalgaz tüketimi, 1990 yılında 711,15 Btep olarak gerçekleşmiştir. Takip eden yıllarda artan oranlarda büyüyen doğalgaz tüketiminin tamamına yakını, ithal yollarla karşılanmakta ve 2016 yılında 21931,84 Btep olarak ikinci en fazla tercih edilen enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu hızlı artışta doğalgazın; düşük fiyatlı, daha temiz ve çevreci olması, gelişen boru hattı taşımacılığı ile kolay taşınması, linyite göre çok daha verimli olması etkili olmuştur.

Enerji ithalatı bağımlılığı, 1970'lerde yaşanan petrol krizleriyle beraber gelişmekte olan ülkelerin yanı sıra gelişmiş ülkeler içinde önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu durum; hızla artan enerji ihtiyacını karşılamak için yeterli ulusal kapasiteye sahip olmayan ve dolayısıyla yerli üretim kapasitesini artıramayan gelişmekte olan ülkeler için daha büyük bir sorun teşkil etmektedir. Tipik bir gelişen ekonomi olan Türkiye de neredeyse tamamen dışa bağımlı olduğu doğalgaza alternatif enerji kaynakları üretmeli yerli kaynak arayışına hız kazandırarak daha fazla önem vermelidir (Berk & Ediger, 2018, s. 540-541).

#### **1.3.2.4. Nükleer Enerji**

Nükleer enerji, atomun parçalanmasıyla veya birleştirilmesiyle oluşan tepkime sonucu elde edilen bir enerji çeşididir (Karataşlı, Özer, & Varinlioğlu, 2016, s. 105). Nükleer reaktörler ise atom çekirdeklerinin parçalanmasıyla elde edilen enerjiyi, elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir.

Nükleer enerjiyi elde etmek için en önemli hammaddeler; radyoaktivitesi yüksek elementler olan, uranyum ve toryumdur (Kaplan H. , 1978, s. 11). Uranyum, toryuma göre daha az teknoloji ve işlem gerektirdiğinden dolayı daha düşük yatırım maliyetine sahiptir. Toryum ise çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra kullanılabilir ve dolayısıyla uranyuma göre, çok daha güç ve maliyetli bir hammaddedir (Temurçin & Aliğaoğlu, 2003, s. 31).

Nükleer enerjinin kullanımı, 1930'lu yıllara dayanmasına karşın, deneysel anlamda ilk olarak, 1942 yılında Enrico Fermi tarafından, ABD'de ilk reaktör gerçekleştirilerek kullanılmıştır (Temurçin & Aliğaoğlu, 2003, s. 26), (Karataşlı, Özer, & Varinlioğlu, 2016, s. 107). II. Dünya savaşının etkisiyle nükleer bilim hızla gelişmiş ve 1951 yılında ABD'de ilk elektrik enerjisi elde edilmiştir. ABD'yi takiben sırasıyla; İngiltere (1953), Rusya (1954), Fransa (1956), Almanya (1961) bu enerjiyi elektrik enerjisinde kullanmaya başlamıştır. 1970'lerde yaşanan petrol krizine kadar yaklaşık 20 ülkenin daha nükleer enerjiye geçtiği bilinmektedir (TAEK, 2010, s. 1).

##### ***1.3.2.4.1. Dünya'da Nükleer Enerji Görünümü***

1970'lerde yaşanan petrol krizi ile birlikte nükleer enerjinin önemi daha fazla artmış ve santrallerin kurulmasına hız verilmiştir. Ancak takip eden yıllarda fosil yakıtların fiyatlarındaki düşüş ile birlikte, nükleer talepteki artış da yavaşlamıştır (TAEK, 2010, s. 1), (Kum, 2009, s. 209).

Günümüze gelindiğinde ise 2017 yılı itibari ile 31 ülkede, 451 adet çalışır durumda nükleer santral bulunmakta ve bu santrallerden yıllık, 391,521 megavat (MW) elektrik elde edilmektedir. Üretilen bu elektrik dünya elektrik üretiminin %11'ini karşılamaktadır. Aynı zamanda 16 ülkede, 60 adet santralin ise inşaatı

devam etmekte ve bu santrallerden 59,917 MW elektrik üretimi gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (Eroğlu & Şahiner, 2017, s. 8-9), (NEI, 2017).

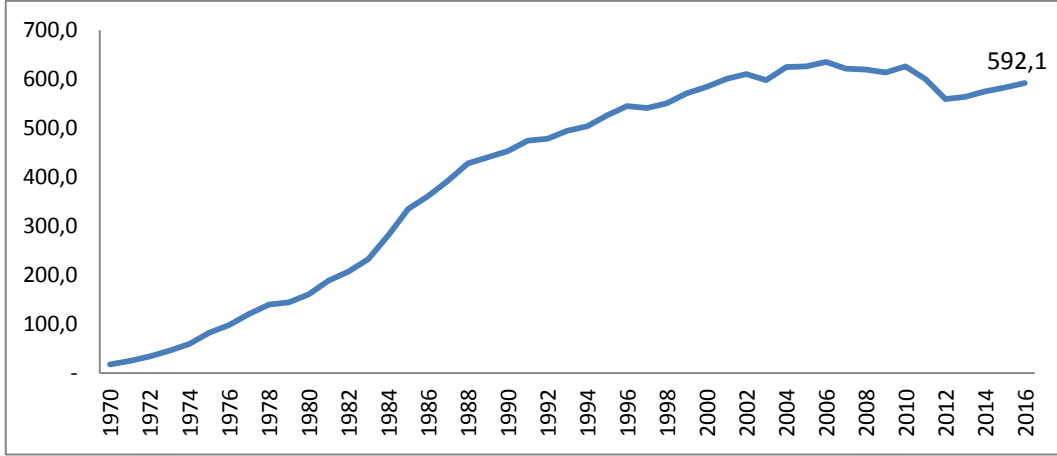
**Tablo 1.7:** Dünya Nükleer Enerji Santralleri ve Üretim

Ülkeler	Santral Sayısı	Nükleer Kapasite (MW)	Nükleer Üretim (GWH)	Nükleer Yakıtın Oranı (%)
ABD	99	99,32	805,33	19,7
Fransa	58	63,13	386,45	72,3
Japonya	43	40,29	17,54	2,2
Rusya	37	26,53	184,05	17,1
Çin	36	31,38	197,83	3,6
G. Kore	25	23,07	154,3	30,3
Hindistan	22	6,24	35,01	3,4
Kanada	19	13,55	95,65	15,6
İngiltere	15	8,91	65,15	20,4
Ukrayna	15	13,11	76,08	52,3
İsveç	10	9,74	60,65	40
Almanya	8	10,8	80,07	13,1
Dünya	451	391,52	2476,67	11

Kaynak: Nuclear Energy Institute (NEI), Nisan 2017

Ülkeler bazında bakıldığında ise ABD, 99 Nükleer santral ile en fazla nükleer santrale sahip ülkedir. ABD'yi sırasıyla; Fransa (58), Japonya (43), Rusya (37), Çin (36) G. Kore (25) ve Hindistan (22) takip etmektedir. Bu ülkelerin 2017 yılı itibari nükleer enerjiden elde ettiği elektrik enerjisinin, toplam elektrik enerjisi içerisindeki paylarına bakıldığında ise; Fransa üretiminin %72,3'ünü nükleer enerjiden karşılayarak birinci sırada yer almaktadır. Yıllık elektrik üretiminin; ABD %19,7, Japonya %2,2, %17,1, Çin %3,6, G. Kore %30,3 ve Hindistan %3,4'ünü nükleer enerjiden karşılamaktadır (NEI, 2017), (Eroğlu & Şahiner, 2017, s. 8-9).

**Şekil 1.34:** Dünya Nükleer Enerji Tüketimi (1970-2016, MTEP)



Kaynak: BP Statistical Review 2017

Nükleer enerji talebine bakıldığında ise 1970 yılında 17,7 Mtep olan tüketim, petrol krizlerinden sonra alternatif bir enerji kaynağı olarak görülmeye başlanmıştır ve 1981 yılında 189,2 Mtep'e ulaşmıştır. Yıllar itibari ile 2002 ve 2009 krizleri hariç sürekli artan bir yapıya sahip olarak günümüze gelmiş ve 2016 yılı nükleer enerji tüketimi 592,1 Mtep olarak gerçekleşmiştir (BP Statistical Review, 2017). Ülkeler bazında incelendiğinde ise ABD, 191,8 Mtep tüketim ile birinci sırada yer almaktadır. Onu 91,2 Mtep ile Fransa, 44,5 Mtep ile Rusya, 48,2 Mtep ile Çin takip etmektedir. G. Kore'nin nükleer enerji tüketimi; 36,7 Mtep, Kanada'nın 23,2 Mtep, Almanya'nın 19,1 Mtep, İsveç'in 14,2 Mtep, Ukrayna'nın 18,3 Mtep, İngiltere'nin 16,2 Mtep'dir (NEI, 2017).

#### **1.3.2.4.2. Türkiye'de Nükleer Enerji Görünümü**

Türkiye ilk olarak 1962 yılında deney amaçlı olarak Küçükçekmece'de 1MW'lık bir araştırma reaktörü kurmuştur. Zamanla kalkınma planları doğrultusunda nükleer santral yapımı hedeflenmiştir. Bu bağlamda ABD ve İspanya firmaları 400 MW kapasiteli proje teklif etse de proje gerçekleştirilememiştir. 1972 yılında Atom Enerji Kurumu tarafından Mersin-Akkuyu'da bir santral kurulmasına karar verilmiş ancak proje de hayata geçirilememiştir. Bu proje daha sonraları tekrar gündeme gelse de; ekonomik, sosyal ve siyasi nedenlerden dolayı 2000 yılında yeniden iptal edilmiştir (Yıldırım & Örnek, 2007, s. 35).

2002 yılında TAEK'in (Türkiye Atom Enerji Kurumu), ETKB'ye bağlanmasıyla birlikte çalışmalar hız kazanmış ve 2006 yılında santrallerin nereye yapılacağı konusunda sekiz yer belirlenerek ve aynı yıl Türkiye'nin ilk nükleer santral merkezinin Sinop olmasına karar verilmiştir. 12 Mayıs 2010'da Rusya ve Türkiye, Akkuyu Nükleer Santral Tesis yapımına ve işletimine dair işbirliği anlaşması imzalamıştır. 2013 yılında ise aynı anlaşma Japon hükümeti ile Sinop için imzalanmıştır. Bu anlaşmaya istinaden, kurulacak 4 reaktörden toplam 4480 MW enerji elde edilecektir. 19 Ekim 2017 tarihinde ilk inşasına başlanan Akkuyu Santralinin 2023 yılında ilk reaktörünün işletmeye alınması planlanmaktadır (www.nukleerakademi.org)<sup>4</sup>, (ETKB, 2017c).

### **1.3.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Tabiatın kendi düzeni içerisinde, bir sonraki gün veya çok kısa bir zamanda tekrar yerine gelebilen enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır (İncekara & Oğulata, 2011, s. 6).

Fosil kökenli yakıtlar, üretim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ve nispeten ucuz olmalarından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak 1973 yılında yaşanan petrol krizi ile beraber enerji güvenliği sorunu ve enerji çeşitlendirmesi kavramı, gündeme gelmiş ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin artmasına sebep olmuştur (Gürbüz, 2009, s. 2). Özellikle çevresel problemlerin artması, fosil kaynakların hızla tükenmesi ve bilinçsizce kullanımı, temiz enerji kaynaklarının önemini daha da artırmıştır (Surroop & Raghoo, 2018, s. 176), (Külekçi, 2009, s. 83). Aynı zamanda petrol ve doğalgazda yaşanan fiyat dalgalanmaları ve ülkelerin bu fiyat artışlarını bir koz olarak kullanmaları da yenilenebilir enerjiye olan talebin artmasına yol açmaktadır (Baranes, Jackmin, & Poudou, 2017, s. 58).

Bahgat'a göre, ulusal ve küresel düzeyde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için önemli olan yenilenebilir enerji kaynakları; fosil kaynaklı rezervlerin tükenmesinin önlenmesine, bu kaynaklara bağlı fiyat dalgalanmalarının önüne

<sup>4</sup> <http://nukleerakademi.org/nukleer-enerji/ulkemizde-nukleer-enerji/>, Erişim tarihi: 24.05.2018



geçilmesine ve enerji güvenliğinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile kaynak çeşitlendirmesine gidilerek, yeterli miktarda kaliteli ve çevre dostu enerji, daha uygun fiyatlarla ve kesintisiz olarak temin edilebilir (Bahgat, 2006, s. 962). Bu durum, enerji maliyetlerinin düşmesine, enerji ithalatının dolayısıyla dışa bağımlılığın azalmasına, döviz tasarrufunun sağlanmasına ve uluslararası rekabet gücünün artmasına sebep olabilir.

Dünyada yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji ve biyokütle enerjisidir (Koç & Şenel, 2013, s. 36).

- **Güneş Enerjisi:** Hidrojenin, helyuma dönüşmesi sonucu ortaya çıkan dünyanın en büyük enerji kaynağıdır. Güneş yeryüzündeki bütün enerji türlerinin doğrudan veya dolaylı olarak temelini oluşturmaktadır. Aynı zamanda bilinen en eski ve en temel enerji kaynağıdır. Dünyanın her tarafında faydalanma imkânı olan bu kaynak son yıllarda üzerinde en fazla çalışma yapılan kaynaklardan bir tanesi olmuştur (Akova, 2008, s. 33).
- **Rüzgar Enerjisi:** Tarihin ilk çağlarından itibaren çeşitli alanlarda yararlanılan rüzgar enerjisi, 1970 petrol krizi sonrasında petrol fiyatlarının artması ve uygulanan ambargolar neticesinde, önemli hale gelmiş ve elektrik enerjisi üretmek için yapılan çalışmalar, verim artırımı için hız kazanmıştır. 1980'li yıllarda petrol fiyatlarındaki azalma ile beraber önemini yitirse de özellikle 1990'larda çevre bilincinin artmasıyla birlikte, yeniden gündeme gelmiş ve geliştirilen teknoloji ile birlikte tüm dünyada yaygınlaşmaya başlamıştır (TÇV, 2006, s. 68-69).
- **Jeotermal Enerji:** Yer kabuğu çatlaklarında meydana gelmiş olan ve çeşitli kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazların oluşturduğu enerjidir (Erdener, Erkan, Eroğlu, Gür, Şengül, & Baç, 2007, s. 72).
- **Hidrolik Enerji:** Tarih boyunca insanoğlunun su gereksinimi, onu biriktirmesine sebep olmuştur. Su enerjisi olarak da bilinen bu enerji, suyun potansiyel enerjisinin, kinetik enerjiye dönüştürülmesi sonucu enerji üretilen

yöntemdir. Günümüzde bu enerji yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisidir (Erdener, Erkan, Eroğlu, Gür, Şengül, & Baç, 2007, s. 87).

- **Biyokütle Enerjisi:** Kaynağı tarım ve orman ürünleri, bitkisel atıklar, deniz bitkileri, endüstriyel ve evsel atıklar olan biyokütle, çevreye zarar vermeyen son zamanların en hızlı gelişen alternatif enerji kaynağıdır (TÇV, 2006, s. 129). Güneş enerjisinin bitkiler tarafından dönüştürülmüş şekli olarak da tanımlanabilir. Sürecin temelinde, bitkilerde bulunan enerjinin ihtiyaç duyulduğunda kullanılması yatmaktadır. Zengin bitki örtüsü, iklim şartları ve güneşlenme süresi ile yakından ilişkilidir (Akova, 2008, s. 155).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının olumlu ve olumsuz yönleri tablo 1.8’de verilmiştir: (Öztürk, 2008, s. 23)

**Tablo 1.8:** Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajları

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Avantajları	Dezavantajları
Güneş Enerjisi	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En büyük, tükenmeyen enerji kaynağıdır.</li> <li>✓ Ekonomiktir.</li> <li>✓ Dışa bağımlılığı azalır.</li> <li>✓ Temiz, ucuz, bozulmayan enerji kaynağıdır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Düşük verimlidir.</li> <li>✓ Mevsimsel ve günlük kesinti gösterir</li> <li>✓ Kurulum maliyeti yüksektir.</li> <li>✓ Tüketim maliyeti yüksektir.</li> <li>✓ Depolanması gerekebilir.</li> <li>✓ Gölge alan kısımlarda kapasite düşer</li> </ul>
Rüzgar Enerjisi	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kararlı, güvenilir ve sürekli bir kaynaktır.</li> <li>✓ Dışa bağımlılığı azalır.</li> <li>✓ Gelişen teknoloji ile beraber üretilen enerjinin birim maliyeti düşmektedir.</li> <li>✓ Temiz enerji kaynağıdır.</li> <li>✓ Dünyanın yaklaşık %95’inde rüzgar enerjisi elde edilir.</li> <li>✓ Bu alanlar aynı zamanda diğer faaliyetleri de sürdürülebilir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Türbinler için geniş alanlar gereklidir.</li> <li>✓ Türbinler estetik kaybına neden olabilir, gürültülüdür.</li> <li>✓ Kuş ölümlerine neden olabilir.</li> <li>✓ Radyo/TV alıcılarında parazitlenme yapabilir.</li> <li>✓ Bölgesel olarak değişmekle birlikte verim genel olarak düşüktür(%30)</li> <li>✓ Devrilme ve parçalanmalarına ilişkin güvenlik problemi oluşabilir.</li> </ul>
Jeotermal Enerji	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Güneş ve rüzgar enerjisi gibi tükenmez bir enerji kaynağıdır.</li> <li>✓ Çevre dostudur ve ekolojik dengeye zarar vermez.</li> <li>✓ Üretim maliyeti diğer enerji kaynaklarına oranla düşüktür.</li> <li>✓ Elektrik üretimi için fosil enerjiye gereksinim duymaz.</li> <li>✓ Doğal bir kaynaktır ve dışa bağımlı değildir.</li> <li>✓ Doğrudan elde edildiği için verimi çok yüksektir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Yapısında bulunan zararlı kimyasal nedeni ile re-enjeksiyon gereklidir.</li> <li>✓ Tüketilen kısmın, aynı oranda ve kısa sürede tekrar oluşması zordur.</li> <li>✓ Bu kaynaklardan çıkan akışkan, genellikle aşındırıcı ve kirliliğe sebep olur.</li> <li>✓ Ön araştırma ve hazırlık maliyeti yüksektir.</li> <li>✓ Sondaj ve makineler için büyük boş alanlara ihtiyaç vardır.</li> <li>✓ Enerji iletimi verimli olmayabilir.</li> <li>✓ Sistem yerleşim bölgelerine yakın olmalıdır.</li> </ul>

Kaynak: Öztürk, 2008

**Tablo 1.8: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajları(Devamı)**

Hidrolik Enerji	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Termik santraller gibi yanma işlemi yoktur dolayısıyla çevre kirliliği oluşturmaz.</li><li>✓ Aşırı enerji ihtiyacında ivedi bir şekilde devreye girer.</li><li>✓ Acil durumlarda hızla devreden çıkar.</li><li>✓ Doğal bir kaynaktır. Dışa bağımlılığı azaltır.</li><li>✓ Yapılan yatırım enerji ihtiyacının yanında sulama ve taşkın kontrolü amacıyla da kullanılabilir.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Yatırım maliyeti yüksektir.</li><li>✓ Toplam inşaat süresi uzundur ve zordur.</li><li>✓ Yağış miktarıyla doğrudan ilgilidir.</li><li>✓ Barajlar buldukları bölgenin ekolojik sistemini değiştirir.</li><li>✓ Yerleşim bölgeleri, tarım alanları ve antik bölgelerin su altında kalma olasılığı vardır.</li><li>✓ Kuraklık döneminde baraj seviyesine bağlı olarak üretim düşer.</li></ul>
Biyokütle Enerjisi	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Hemen her yerde yetiştirilebilir.</li><li>✓ Kesikli değil süreklidir.</li><li>✓ Enerji verimliliği yüksektir.</li><li>✓ Depolanabilir.</li><li>✓ Sosyo- ekonomik önemi vardır.</li><li>✓ Yerel üretimi - istihdamı artırır</li><li>✓ Kullanımı sera etkisi doğurmaz ve çevre açısından az zararlıdır.</li><li>✓ Yem ve hayvancılık sektöründe önemli bir girdidir.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Çevrim verimleri düşüktür.</li><li>✓ Tarım alanları için rekabet oluşturur.</li><li>✓ Su içeriği fazladır.</li><li>✓ Sadece geniş yerleşim bölgelerinde uygulanabilir.</li></ul>

Kaynak: Öztürk, 2008

### 1.3.3.1. Dünya’da Yenilenebilir Enerji Görünümü

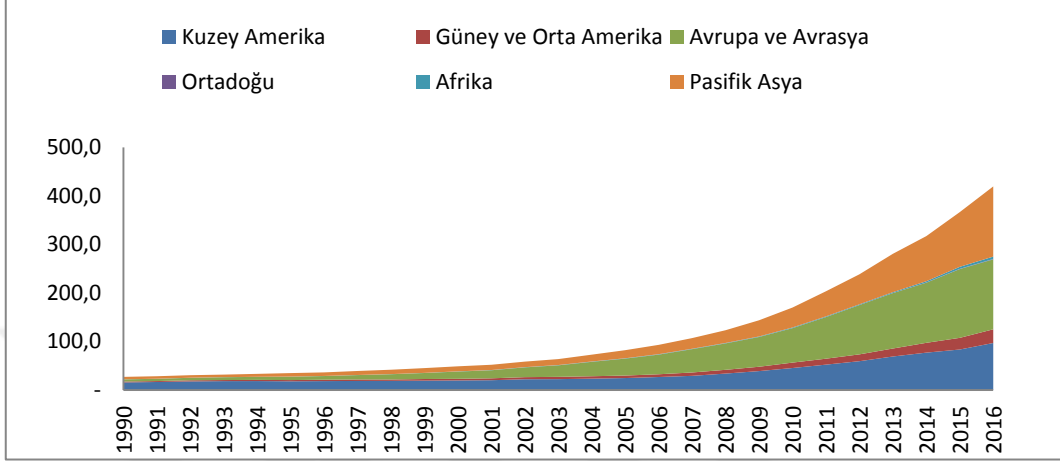
Artan enerji talebi ve küresel ısınmanın önlenmesine yönelik uluslararası çalışmalar, temiz olarak adlandırılan yenilenebilir enerji kaynak kullanımını artırmaya yönelik politikalara hız kazandırmıştır. Son yıllarda elektrik üretimine yönelik bu kaynakların arttığı ve gelecek dönemde de artmaya devam edeceği gözlenmektedir (Çınar & Yılmaz, 2015, s. 56).

Uluslararası Enerji Ajansı’nın raporuna göre, dünya toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin oranı; 2006 yılında %19 iken, 2015 yılında %23’e yükseldiği, bu oranın 2021 yılında ise %28’e çıkacağı belirtilmektedir. Aynı zamanda elektrik üretmek için kurulu güç kapasitesinin, kömürü geçtiği de raporda belirtilmektedir (IEA, 2016a, s. 25-26). Yakıt türlerine göre dünya elektrik üretiminin %40,6’sı kömürden elde edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları %22,9 ile ikinci sırada yer alırken, %21,6 ile doğalgaz üçüncü sırada yer almaktadır. ABD, Çin, Hindistan ve Almanya’da kömür, Rusya’da doğalgaz, Fransa’da nükleer, Kanada’da ise yenilenebilir enerji, elektrik üretiminde en fazla paya sahip olan kaynaklardır (ETKB, 2017, s. 8).

Yenilenebilir kaynak potansiyelindeki artışın, bu denli olmasına rağmen, dünya toplam enerji tüketimindeki payı %9,5 olarak gerçekleştiği ve hala fosil kaynaklara

nazaran çok düşük bir oranda seyrettiği de bilinmektedir (Karagöl & Kavaz, 2017, s. 8).

**Şekil 1.35: Dünya Yenilenebilir Enerji Tüketimi (MTEP)**



Kaynak:BP Statistical Review 2017

Şekil 1.35’de de görüldüğü gibi dünya yenilenebilir enerji tüketimi 1990 yılında 27,3 Mtep olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılına gelindiğinde ise yaklaşık 14,3 kat artarak, 419,6 Mtep’e yükselmiştir. 2016 yılı itibari ile yenilenebilir enerji tüketiminin %34,4’ü, Pasifik Asya Bölgesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Asya Pasifik Bölgesini, %34,3 ile Avrupa ve Avrasya, %23,1 ile Kuzey Amerika, %6,7 ile Orta ve Güney Amerika takip etmektedir. Afrika’nın toplam yenilenebilir enerji tüketimi %1,2 olurken, petrol zengini Ortadoğu ülkeleri, yenilenebilir kaynak bakımından büyük bir potansiyele sahip olmasına rağmen, %0,2 ile yenilenebilir enerjiden neredeyse hiç faydalanmamıştır.

IEA’nın verileri doğrultusunda, 2021 yılında yenilenebilir enerjinin toplam enerji tüketimi içerisindeki payı %28 olarak öngörülmektedir (hidroelektrik dahil). Bu durum 2021 yılına gelindiğinde, dünya toplam enerji tüketiminin yaklaşık dörtte birinin yenilenebilir kaynaklarla karşılanacağı anlamına gelmektedir. Bu nedenle başta ABD, Çin, Japonya ve Hindistan gibi enerji talebi yüksek, ancak fosil kaynaklardan yoksun birçok ülkenin yenilenebilir enerjiye dönük önemli yatırımlar gerçekleştirdiği anlaşılmaktadır. Dünya genelinde bu enerji kaynağına yapılan yatırımlar incelendiğinde Çin’in birinci sırada olduğu görülmektedir. Çin’i sırasıyla ABD, Japonya, İngiltere, Hindistan takip etmektedir (Karagöl & Kavaz, 2017, s. 12).

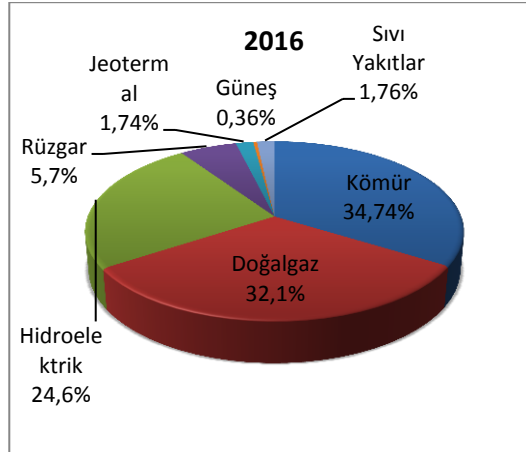
#### 1.4.1.1. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Görünümü

Türkiye gelişen ekonomisine paralel olarak, son yıllarda enerji talebinde önemli bir artış yaşamıştır. Kullandığı enerji kaynaklarının neredeyse tamamını ithal etmek zorunda kalan Türkiye için, enerji güvenliği kilit öneme sahiptir. Bu bağlamda ülke, yenilenebilir enerji alanında AB’nin toplam potansiyelinin %13’üne sahiptir ve Almanya, Fransa, İspanya ve İngiltere’den sonra beşinci sırada yer almaktadır (Ozcan, 2018, s. 2629-2630).

Ülkede yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, biyomas, rüzgar, jeotermal ve güneş enerjisidir. Hidrolik ve biyomas enerjisi, yenilenebilir kaynaklar içerisinde baskın bir rol üstlenmiştir (Akpınar, Kömürcü, Kankal, Özölçer, & Kaygusuz, 2008, s. 2017). Diğer yenilenebilir enerji kaynakları açısından da oldukça yüksek potansiyele sahip olmasına rağmen, hidrolik enerjisi kadar faydalanılamamaktadır. Son yıllarda rüzgar gücünden elde edilen enerji oranı artsa da, özellikle güneş ve jeotermal, potansiyelden çok uzakta yer almaktadır (Melikoglu, 2013, s. 485-487).

Mevcut potansiyel ve bu potansiyeli kullanma arasındaki fark oldukça açık olmasının altında; maliyetlerin yüksek olması ve yasal düzenlemelerin eksik olması gibi birçok neden vardır. Yenilenebilir enerji alanında dışa bağımlılıktan kurtulmak için uzun dönemde kaynakların kullanıma kazandırılması, ülkenin enerji güvenliği açısından oldukça önem arz etmektedir (Karagöl & Kavaz, 2017, s. 18).

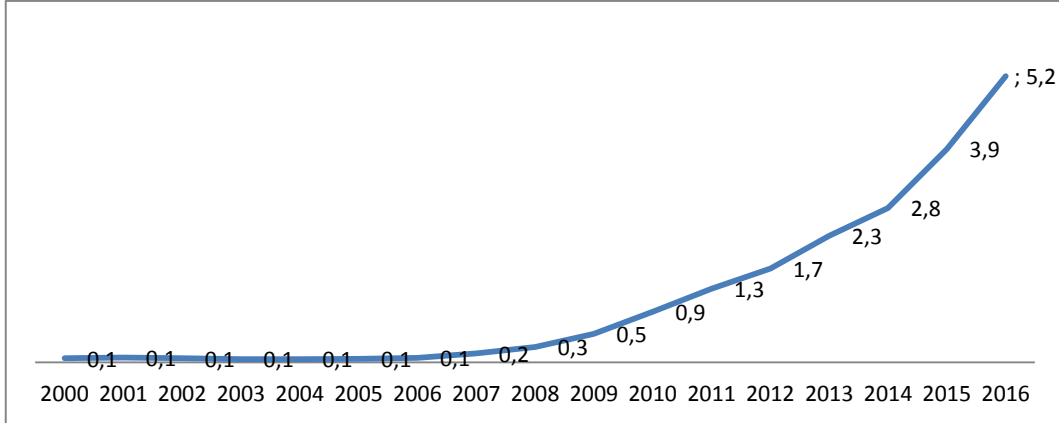
**Şekil1.36:** Kaynak Bazında Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim Oranları (%)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, ETKB 2017

2016 yılı sonu itibari ile Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarından elde edilen elektrik üretimi 273,387 GWh'dır. Kömür, doğalgaz ve sıvı yakıtlardan oluşan termik santrallerde, yıllık enerji üretiminin %67,6'sı (184,80 GWh) üretilmektedir. Linyit kömüründen sonra, en fazla potansiyele sahip olan yenilenebilir enerji kaynakları ise, ülkenin yıllık üretiminin %32,4'lük kısmını karşılamaktadır. Bu miktarın %24,6'sı (67,25 GWh) hidroelektrik santrallerinden, %5,67'si (15,58 GWh) rüzgar santrallerinden, %1,74'ü (4,76 GWh) jeotermal enerjiden ve %0,36'sı (0,98 GWh) ise güneş enerjisinden elde edilmektedir. 2002-2016 yılları arasında termik ve hidroelektrik kaynaklı üretim çok fazla değişiklik göstermezken, rüzgar ve jeotermal kaynaklı üretim oranları %0,1'lerden 2016 yılı itibari ile %8'e kadar yükselmiştir. Bu artışın büyük bir kısmı rüzgar enerjisinden elde edilmektedir (ETKB, 2017, s. 13-16).

**Şekil1.37:**Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Tüketimi (2000-2016, MTEP)



Kaynak:BP Statistical Review 2017

Şekil 1.37'de Türkiye'nin yenilenebilir enerji tüketim değerlerinin, yıllar itibari ile arttığı görülmektedir. 2000 yılında 0,1 Mtep olan yenilenebilir enerji tüketimi 2016 yılında 5,2 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Yıllar itibari ile artan bir seyir izleyen yenilenebilir enerji tüketimi, 2016 yılı itibari ile bir önceki yıla oranla %33,8 olarak gerçekleşmekte olup, son on yıllık büyüme trendi ise, %51'dir. Tüm bu artışlara rağmen dünya ortalamasının çok altında olan Türkiye'nin, dünya yenilenebilir enerji tüketimindeki payı ise %1,2 olarak belirtilmektedir.

## 2. BÖLÜM

### ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ

#### 2.1. ENERJİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİNİN KAPSAM VE ÖNEMİ

İktisadi büyüme kavramı, en genel tanımı ile bir ekonomide veri dönemde üretilen mal ve hizmet miktarlarında meydana gelen artış olarak ifade edilmektedir. Söz konusu üretim artışları iki şekilde meydana gelebilir. Bunlardan birincisi, ekonominin eksik istihdamda olması durumunda talep artışı ile beraber, kapasite kullanım oranlarında sağlanan, kısa dönemli üretim artışları şeklinde yaşanmasıdır ki, bu tür üretim artışları, üretim kapasitesinden bağımsız oldukları için iktisadi büyüme teorilerinin değil, iktisadi dalgalanmalar teorisinin ilgi alanına girmektedir. İkincisi ise, ekonomi tam istihdam şartlarında iken, ekonomiye yeni üretim faktörlerinin ilave edilmesi veya üretim yönteminde yaşanan gelişmeler neticesinde, mevcut üretim kapasitesinin genişlemesine dayanan uzun dönemli artışlardır. İktisadi büyüme teorilerinde arzu edilen ve incelemeye konu olan durum budur (Berber, 2011, s. 2-3).

Büyüme, ekonomiye iş gücü miktarı, sermaye, doğal kaynaklar, girişimciler ve teknoloji gibi yeni üretim faktörleri ilave edilmesi olarak gören iktisatçılar başlangıçta enerjiyi ihmal etmişlerdir. Enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ve enerjinin bir üretim girdisi olarak görülmesi 1970'li yıllardaki petrol krizine kadar ihmal edilmiştir. 1970'li yıllardan sonra enerji, üretimin bir unsuru olarak üretim faktörü içinde yer almaya başlamış ve iktisadi büyüme içerisinde oldukça önemli bir konuma gelmiştir (Çağıl, Türkmen, & Çakır, 2013, s. 162), (Yanar & Kerimoğlu, 2011, s. 192).

Enerji özellikle, 1970'li yılların sonu itibari ile politika yapıcılarının ve akademisyenlerin de ilgisini çekmiş ve enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi, büyüme ve kalkınma literatüründe önemli bir yer edinmeye başlamıştır. Birçok çalışma, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, finansal gelişme, istihdam ve nüfus arasındaki ilişkiyi incelemiştir (Saidi & Hammami, 2015, s. 62).

Eski çağlardan itibaren, insan yaşamının ve refahının ayrılmaz bir parçası olan enerji, fosil yakıtların yaygınlaşması ve elektrik enerjisinin keşfi ile beraber; sanayi devrimine yol açan, bilim ve teknolojinin ilerlemesini yönlendiren, daha yüksek sosyo-ekonomik refah düzeyi, daha iyi yaşam ve sağlık koşullarını sağlayan önemli bir faktör olmuştur (Mumtaz, et al., 2014, s. 353-354).

Enerjinin öneminin artmasında; yaşanan petrol krizleri, gelişen sanayinin akabinde üretim ölçeğinin artması ve buna bağlı olarak enerji talebinin artması, kaynakların kıt ve tükenme ihtimalinin gündeme gelmesi ve teorik gelişmeler gibi birçok sebep etkili olmuştur. Bu durum özellikle gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümesinde, enerjiyi stratejik bir faktör haline getirmiş ve enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki olduğuna dair teorilerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Yapraklı, 2013, s. 75).

Enerji tüketimi ve iktisadi büyüme arasındaki ilişki hakkında farklı görüşler olmakla birlikte genellikle iki görüş öne çıkmaktadır. Birinci bakış açısı, enerjinin büyümenin temel değer kaynağı olduğu, çünkü emek ve sermaye gibi üretim faktörlerinin enerjisiz olarak işlevinin olmayacağı yönündedir. Bu görüşe göre enerji kullanımı, ekonomik büyüme ve istihdamın en önemli faktörüdür. Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinde ikinci görüş ise, enerjinin iktisadi büyüme karşısında etkisiz olduğudur. Literatürde bu duruma etkisizlik hipotezi denmektedir. Enerjinin büyüme üzerindeki nötr etkisinin temel nedeni, enerji maliyetlerinin GSYH içindeki payının önemsiz derecede az olmasıdır. Ayrıca enerji kullanımının büyüme üzerinde olası etkisinin, ekonominin mevcut yapısı ve ülkelerin içinde bulunduğu sosyo-ekonomik seviyeye bağlı olduğu bu görüşe göre öne sürülmektedir. Çünkü ekonomi büyüdükçe üretim yapısının, enerji yoğun olmayan hizmetler sektörüne doğru kayması muhtemeldir (Ghalı& El-Sakka, 2004, s. 225-226).

Enerji tüketimi ve iktisadi büyüme ilişkisine yönelik bir başka görüş ise, enerji ithalat oranı ile ülke ekonomisinin nasıl bir dış ticaret yapısıyla ilgili olduğudur. Bu bakış açısına göre enerji, yurt içi kaynaklardan elde edilerek üretiliyorsa, ülke içerisinde katma değer oluşturacak ve zaman içerisinde ekonomik büyümeye katkı sağlayacaktır. Ancak enerji girdileri, büyük oranda ithalat yolu ile karşılanıyorsa,



enerjiyi ithal eden ülke enerji fiyatlarından olumsuz etkileneceğinden, bu durum ülke ekonomisi için kötü sonuçlar doğuracaktır. Böyle bir durumda olan ülke, artan enerji talebini daha fazla ithalat yaparak karşılamak zorunda kalacaktır. Buna bağlı olarak çıktı düzeyinde ihracatını aynı doğrultuda artıramaz ise artan döviz talebi ile birlikte dış borçlanma yoluna gitmek zorunluluğu doğacaktır. Öte yandan aşırı borçlanma ve dışa bağımlılık neticesinde, açığın kapanmaması durumunda ülkeler, enerji talebini azaltma yoluna gidecek, buda ekonomide durgunluğa, işsizlik ve enflasyona neden olabilecektir (Dumrul, 2011, s. 40-41).

Söz konusu bu durumun, enerji kaynak bakımından kıt olan GOÜ'lerde görülmesi daha olasıdır. Bu ülkelerin büyük bir kısmı özellikle 1980'li yıllar itibari ile köklü ve yapısal değişikliğe giderek dış ticaretlerini serbestleştirmişlerdir. Serbestleşmenin etkisi ile artan enerji talebi, yetersiz kaynaklara sahip ülkeleri, enerji ithalatı yoluna itmiş ve bu durum enerji yoğun üretim sürecinin de etkisiyle ülkelerin ithalat bağımlılığını artırmıştır. Enerji arz ve fiyatlarında meydana gelen değişiklikler, ülkelerin mevcut üretim süreçlerini etkilemiş ve büyüme oranlarına olumsuz şekilde yansımaya neden olmuştur (Yapraklı, 2013, s. 78).

Çalışmanın bu bölümünde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörler incelenmekte ve enerji-büyüme ilişkisine yönelik teorik yaklaşımlar ele alınmaktadır. Son olarak bu ilişkiyi sınavan teorik ve uygulamalı çalışmaların yer aldığı literatür özetine yer verilmektedir.

## **2.2. ENERJİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Ekonomik büyüme, genellikle ülkelerin toplam nihai hasıla seviyeleri ile belirlenmektedir. Bu bağlamda enerjiye olan ihtiyaç, çıktı miktarında meydana gelen artış ile birlikte artmaktadır. Çünkü enerji, iktisadi büyüme için tek girdi konumunda olmasa da hemen hemen her sektörde kullanılan önemli bir girdi konumunda yer almaktadır (Ersoy, 2010, s. 10).

1970'li yıllarda yaşanan kriz yıllarına kadar ihmal edilen bu durum, bu yıllardan sonra emek ve sermayeden ayrı bir üretim girdisi olarak kabul görmeye

başlamış ve hasılayı açıklayan emek ve sermayenin yanında enerji de bir üretim faktörü olarak yer almaya başlamıştır. Neoklasik üretim fonksiyonundan hareketle, zaman içerisinde enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki bağı azaltan veya güçlendiren faktörleri incelemek ve bu mekanizmaların her biri üzerindeki ampirik kanıtları açıklamak için, üretim fonksiyonu, denklem (2.1)'deki gibi ifade edilebilir (Stern & Cleveland, 2004, s. 18), (Stern, 2003, s. 21-22).

$$(Q_1, \dots, Q_m)' = f(A, X_1, \dots, X_n, E_1, \dots, E_p) \quad (2.1)$$

Burada  $Q_i$ , üretilen mallar ve hizmetler gibi çeşitli çıktıları,  $X_i$ , sermaye ve işgücü gibi çeşitli girdileri,  $E_i$ , kömür ve petrol gibi farklı enerji girdilerini ve  $A$  ise toplam faktör verimliliğinin bir göstergesi olan teknolojiyi ifade etmektedir. Bu fonksiyondan hareketle enerji ile GSYH gibi bir üretim toplamı arasındaki ilişki; enerji ile diğer girdiler arasındaki ikame, teknolojik bir değişim ile enerji girdi bileşimindeki kaymalar ve toplam üretim çıktısı olan GSYH bileşimindeki kaymalardan etkilenmektedir. Ayrıca diğer girdi bileşimlerindeki değişimler, (örneğin daha fazla emek yoğun bir ekonomiden, daha fazla sermaye yoğun bir ekonomiye) enerji ile GSYH arasındaki ilişkiyi etkileyebilir. Ancak bu konu literatürde kapsamlı bir şekilde ele alınmamıştır (Stern & Cleveland, 2004, s. 18).

### **2.2.1. Enerji Sermaye Arasında İkame ve Tamamlayıcılık İlişkisi**

Üretimde kullanılan faktörler sıklıkla birbirlerinin ikamesi ve tamamlayıcısı olarak tanımlanmaktadır. Faktörlerin birbirlerinin yerine ikame edilebildiği durumlarda, üretim düzeylerinin sabit tutulduğu varsayımı ile girdilerin kullanım oranları değişebilmektedir. Üretim faktörlerinin birbirlerinin ikamesi ve tamamlayıcısı olması farklı durumlarda değişiklik gösterebilir (Broadstock, Hunt, & Sorrell, 2007, s. 7). Girdilerin birbirlerinin ikamesi olduğu durumlarda; enerji ve sermaye faktörlerinden birinin kullanımı arttığında diğerinin kullanımının, azalması veya girdi fiyatlarındaki artışın, diğer faktörün kullanımını artırması beklenmektedir. Girdilerin tamamlayıcı olduğu durumlarda ise; girdi kullanımının birlikte artması veya girdi fiyatlarındaki artışın diğer faktörün kullanımını azaltması beklenmektedir.

Örneğin, enerji kullanımındaki bir düşüş sermaye kullanımındaki bir artış ile ilişkili ise; üretim düzeyi sabit tutulduğunda enerji ve sermaye arasında ikame ilişkisinin varlığından, sermaye kullanımında da bir azalma olması durumunda tamamlayıcılık ilişkisinin varlığından bahsedilebilir. Aynı şekilde enerji fiyatlarında meydana gelen bir düşüş, üretim miktarının sabit kalması koşulu ile sermayeye olan talebi azaltıyorsa faktörlerin birbirinin ikamesi olduğunu, sermayenin talebini artırıyorsa faktörlerin birbirinin tamamlayıcısı olduğunu göstermektedir (Broadstock, Hunt, & Sorrell, 2007, s. 7).

Enerji ve sermaye arasında tamamlayıcılık ilişkisi olması durumunda, enerji kullanımının en azından mevcut sermaye birikimi kadar hızlı büyümesi söz konusu olacaktır. Ancak tersi durumda ikame ilişkisinin olması, daha çok sermaye kullanımı daha fazla enerji kullanımını gerektirmeyecektir (Desai, 1986, s. 113).

Sermaye ve enerji ilişkisinin tamamlayıcı mı, yoksa ikame mi olduğu konusunda yapılan ekonometrik çalışmalarda fikir birliği sağlanamamış, birbirinden farklı çok sayıda sonuç elde edilmiştir. Zaman serisi ve kesitler arasındaki farklılığa dayanan Apostolakis (1990)'de, sermaye ve enerjinin uzun vadede ikame, kısa vadede tamamlayıcı olarak hareket ettiği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte eş bütünleşme literatürü ışığında, zaman serisi regresyonunun kısa dönem sonuçları açıkladığı şeklindeki ifade kuşkulu bulunmuş ve daha sonraki çalışmalarda, tamamlayıcılık ilişkisinin sadece enerji maliyetlerinin düşük olduğu durumlar için geçerli olacağı savı ileri sürülmüştür. Frondel ve Schimit (2002)'de bu durumu açıklamış ve tamamlayıcılık ilişkisinin, sadece enerji maliyetlerinin düşük olduğu durumlarda gerçekleşeceği sonucunu bulmuşlardır. Çünkü materyaller dahil olduğunda, sermaye ve enerjinin maliyet payları daha küçüktür ve tamamlayıcılık bulgusu daha olasıdır (Stern & Cleveland, 2004, s. 19).

Hudson ve Jorgenson (1974)'de enerji ve sermaye arasındaki ilişkinin birbirinin tamamlayıcısı olduğu sonucuna ulaşılırken, Griffin (1979) çalışmasında, enerji ve sermayenin birbirinin ikamesi olduğu sonucuna ulaşmıştır (Ebohon, 1996, s. 448).

Çalışmaların büyük bir kısmı, ekonominin genelinden çok, genellikle imalat sanayindeki esneklikleri tahmin etmektedir. Stern (1993), ABD makroekonomisi için VAR analizini kullanarak yaptığı çalışmada, enerji ve sermayenin ikame ve tamamlayıcı olduğuna dair bir sonuca ulaşamamıştır. Kaufmann ve Azary-Lee (1991) çalışmalarında ABD orman ürünleri sektöründe, yakıt yerine ikame edilen sermayeyi üretmek ve ekonominin bir başka yerinde kullanılan dolaylı enerjiyi açıklamak için, standart bir üretim fonksiyonu kullanmışlardır. 1958-1984 dönemini inceledikleri çalışmada; sermayenin, dolaylı enerji maliyetlerinin doğrudan yakıt tasarrufunu önemli bir kısmını dengelediğini gördüler. Bazı yıllarda, sermayenin dolaylı enerji maliyetlerinin, doğrudan yakıt tasarrufundan büyük olduğu sonucuna da çalışmada ulaşılmıştır. Kaufmann ve Azary-Lee'nin çalışmalarının ikame olasılıkları makro ve mikro seviyelerde farklılık göstermektedir (Stern, 2003, s. 22-23), (Stern & Cleveland, 2004, s. 19-20).

Yapılan çalışmalarda, sermaye ve enerjinin, en zayıf ihtimalde birbirlerinin ikamesi ve muhtemelen tamamlayıcısı olduğu görülmektedir. Tamamlayıcılık derecesi, endüstriler ve dikkate alınan kümelenme seviyesi arasında değişmektedir. Ancak, enerjinin maliyet payı sermayeninkine göre küçükse, enerji kullanımında büyük oranda düşüşler için yalnızca küçük oranlı sermaye artışları gerekecektir (Stern & Cleveland, 2004, s. 20).

Sonuç olarak, Enerji ve sermaye ilişkisine yönelik yapılan uygulamalı literatürde, tüm ekonomi veya sektörler üzerine zaman serisi ve yatay kesit analizleri yapıldığı görülmektedir. Ekonominin tamamını ele alan çalışmaların, yalnızca belirli sektörlerin ele alındığı çalışmalardan daha güçlü ilişkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak yapılan çalışmaların birbirleriyle uyumlu olmadığı ve ortaya çıkan değişik sonuçların; kullanılan veri setleri, yapılan analizler, incelemeye konu olan dönem ve örnek grubu farklılıklarından kaynaklandığını söylemek mümkündür (Yapraklı, 2013, s. 104-105).

## 2.2.2. Teknolojik Yenilikler ve Enerji Etkinliği

Enerji kaynakları bakımından zengin olmayan ülkelerin, üretim süreçlerinde enerjiye olan bağımlılıkları, enerji tasarruflarına yönelik teknolojik gelişmelerin gerçekleşmesine sebep olmuştur. Bu durum, ikinci dünya savaşı sonrası ve birinci petrol krizinin akabinde hız kazanmaya başlamıştır (Çermikli & Tokatlıoğlu, 2015, s. 2). Özellikle 1970’li yıllardan sonra artan enerji fiyatları ve enerjinin karbondioksit salınımı nedeni ile enerji etkinliği (verimliliği), ülkelerin enerji stratejilerinin önemli bir parçası olmuştur. Enerji kullanımı ve hasıla arasındaki ilişkiyi inceleyen literatürde, genellikle enerji etkinliği ve yoğunluğu kullanılmaktadır. Enerji etkinliği, teknoloji ve üretim yöntemlerine bağlı olan bir değişken olup, GSYH başına düşen enerji miktarını gösteren, enerji yoğunluğunu da etkilemektedir (Şimşek, 2011, s. 379).

Enerji verimliliği, kısaca üretimde kullanılan girdi başına düşen çıktı miktarı olarak ölçülür ancak üretimde birden çok faktör (emek, sermaye, enerji vs.) kullanıldığı durumlarda, her bir girdinin üretime olan katkısının belirlenmesi gerekmektedir ki, her girdinin üretime olan katkısının belirlendiği verimlilik türüne ‘kısmi verimlilik’ denmektedir (Akgül, 2012, s. 37). Toplam Faktör verimliliği (TFV) ise, belirli bir üretim miktarının (çıktının), üretim süreci esnasında kullanılan faktörlere (girdilere) oranı şeklinde hesaplanan verimlilik türüdür ve üretimde kullanılan tüm girdilerin verimliliklerini ölçmektedir (Üzeyme, 1987, s. 357). TFV, ekonomik büyümenin bir diğer kaynağı olarak görülmekte ve son yıllarda önemi artmaktadır (Akgül, 2012, s. 37).

Teknolojik gelişme, hem tüketim malları hem de ara malların üretimi için kullanılan enerji miktarını azaltmak amacıyla yapılmaktadır. Yeni tekniklerin ortaya çıkması enerji tüketiminin azalmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda ekonomik büyümeyi tetikleyerek talep artışından dolayı enerji tüketiminin artmasına da yol açmaktadır. Bunun yanı sıra daha gelişmiş teknolojilerin kullanımı sonrası, enerji tüketiminin de daha düşük olması beklenmektedir. Dolayısı ile enerji tüketimi ve teknolojik yenilikler arasındaki ilişki oldukça karmaşıktır (Çermikli & Tokatlıoğlu, 2015, s. 2). Enerji diğer üretim faktörlerinin, niteliğini ve verimliliğini etkilemekte ve

TFV'yi belirleyen en önemli faktörlerden biri haline gelmektedir. Enerji girdisi ile ilgili olarak TFV'nin enerji etkinliği ve teknolojik iyileşme şeklinde iki temel unsuru bulunmaktadır.

Teknolojik gelişme tanım olarak, enerji fiyatlarında meydana gelen bir değişim karşısında enerji tasarrufu sağlayan, aynı miktarda girdi kullanımı ile daha kaliteli ve/veya daha fazla çıktı üretilmesine sebep olan her türlü bilgi, beceri ve süreçlerdir. Enerji etkinliği ise, kullanılan enerji miktarının sabit kalması koşulu ile daha çok hasıla elde edilmesi ve/veya mevcut hasıla düzeyini elde etmek için daha az enerji kullanılması anlamına gelmektedir (Newell, Jaffe, & Stavins, 1998, s. 944).

Enerji verimliliği aynı zamanda, enerjinin GSYH'ya oranlaması olarak da tanımlanmaktadır ve enerji kullanımı ile ekonomik büyüme ilişkisi değerinin önemli bir ölçüsüdür (Aslan & Yamak , 2006, s. 56).

Enerji etkinliği hesaplamalarında, kullanılan göstergelerden biride, enerji yoğunluğu ve enerji etkinlik endeksidir. Enerji etkinlik endeksi, enerji fiyatlarından bağımsız olarak var olan enerjinin verimliliğini artıran, mevcut enerji ile daha fazla çıktı elde edilmesini sağlayan teknik gelişmelerin hesaplanması sonucu elde edilmektedir. Bu durum sadece girdi ve çıktı arasındaki ilişkinin belirleyicilerinden değil, teknolojik değişimlerden de kaynaklanmaktadır (Stern & Cleveland, 2004, s. 20). Buna göre bir ekonomide enerji endeksinin yüksek olması, o ülkede enerji verimliliğinin yüksek olduğu ve kaynakların daha etkin kullanıldığını anlamına gelmektedir (Yapraklı, 2013, s. 109).

Daha spesifik bir gösterge olarak, teknik değişmeyi artıran gelişmelerin gösterildiği bir enerji endeksi kullanılabilir. Bu durum, üretim fonksiyonunun yeniden yapılandırılmasını içerir: (Stern & Cleveland, 2004, s. 20-21)

$$Q=f(A_1X_1,\dots,A_NX_N,A_EE) \quad (2.2)$$

Böylece üretim fonksiyonundaki her girdi, girdinin ham birimlerini, etkin birimlere dönüştüren kendi teknoloji faktörü olan  $A_1$  ile çarpılır. Fonksiyondaki  $A_E$  ise diğer tüm girdilerin ve artırım indekslerinin sabit kalmasını sağlayan teknik

değişmelerin ilave edildiği, enerji artırıcı teknik değişim indeksidir (Aslan & Yamak, 2006, s. 57), (Stern & Cleveland, 2004, s. 21).

Eşitlik (2.2), teknolojinin üretim fonksiyonuna dahil edilmesi ile eşitlik (2.1)'den farklılaşmaktadır. Ancak burada teknoloji, sermaye ve emek gibi tek bir faktör şeklinde değil de, tüm faktörlerle etkileşim içerisinde olan ve onların verimliliğini etkileyen bir faktöre dönüşmüştür. Teknolojide meydana gelen iyileşmeler neticesinde teknoloji faktörleri de değişecek ve enerji girdisinin teknoloji faktörü olan  $A_E$ 'nin de değişmesine neden olacaktır.  $A_E$ 'de meydana gelecek bir değişiklik enerji verimliliğini artıracak, söz konusu bu sarmal enerjinin büyüme ile olan ilişkisini de etkileyecektir.

Enerji etkinlik endeksinin tahmin sonuçları farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılık değişikliklerin yönünün sabit olmamasından ve ekonomideki farklı sektörlerin farklı sonuçlar vermesinden kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmalarda teknik yeniliklerin, hane halkının enerji tüketiminin artırdığını, sanayi sektörünün ise enerji tasarruf teknikleri ile enerji tüketiminin azaldığını göstermektedir (Stern & Cleveland, 2004, s. 21).

Literatürdeki uygulamalı çalışmalarda enerji verimlilikleri ve üretim yapısındaki değişikliklerin, enerji tüketiminde her zaman tutarlı bir azalmaya yol açmayacağı belirtilmektedir. Khazzoom-Brookes kuralı veya geri tepme etkisi (reboundeffect) olarak bilinen bu durumu, Khazzoom (1980) ve Brookes (1990) çalışmalarında açıklamışlardır. Bu kurala göre; bir teknolojide meydana gelen teknolojik yenilikler, enerji tasarrufu sağlıyorsa bundan dolayı tasarruf edilen paranın, farklı mal ve hizmetlere harcanması, talep edilen bu mal ve hizmetlerin üretimi için daha fazla enerji talebine yol açacağı ve bu durumda enerji tüketiminin artmasına sebep olacağı belirtilmektedir. Aynı zamanda teknolojik yenilikler sayesinde kullanılan enerji fiyatlarında da bir azalma meydana gelecektir. Bu durum ise ekonominin genelindeki mal talebini artırarak gelir etkisine ve dolayısı ile de bu malların üretimi için enerji talebinin artmasına sebep olacaktır (Costantini & Martini, 2010, s. 592), (Stern & Cleveland, 2004, s. 21), (Sorrell & Dimitropoulos, 2007, s. 13), (Sorrell S. , 2010, s. 1785-1786). Bu nedenle politika yapıcılar, enerji

alanındaki maliyetlerin değişmeden kalmasını ve teknolojik yeniliklerin, enerji fiyatlarının düşmesini sağlayan, düzenlemeleri (vergi, tavan fiyatı vb.) dikkate almalıdırlar (Costantini & Martini, 2010, s. 592).

İçsel teknolojik değişimler kabul edildiğinde fiyatlarda meydana gelen bir değişim, teknolojik iyileşmelere de sebep olabilmektedir. Enerji fiyatlarındaki artış, enerji tasarrufuna neden olacak teknolojik iyileşmeleri hızlandıracak, tam tersi durum ise enerji kullanan teknolojilere yol açacaktır. Bu durum ise TFV üzerinde etkili olabilir. Jorgensen'e göre teknik değişim nötr değil yanlıdır ve enerji kullanımını artırır. Bu ifadenin doğru olması akabinde enerji fiyatları, TFV'nin büyümesini hızlandıracaktır. Ancak yapılan çalışmalar bu sonucu doğrular nitelikte değildir (Aslan & Yamak , 2006, s. 57).

Uygulamalı çalışmalardan farklı olarak Stern (2004); enerji verim endeksini; ileriye dönük eğilimi tanımlayan, teorik bir modele dayanan ve gelişmiş bir zaman serisi tekniği olan Kalman Filtresi'ni kullanarak göstermektedir. Bu tahminleme yöntemi, endeksin basit bir doğrusal veya ikinci dereceden zaman yolunu izlediğini varsayan, daha önceki çalışmalardan daha karmaşık bir yaklaşımdır. Genel bir yükseliş eğilimine bağlı olarak, endeks büyük dalgalanmalar göstermektedir. 1945-1990 yılları arasında, ABD'nin enerji verimlilik endeksinin gösterildiği çalışmada; 1960'ların ortasına kadar enerji verimliliği artarken, daha sonrasında keskin bir düşüş gerçekteştiği görülmektedir. Ancak 1973'teki ilk petrol şokunun, enerji verimliliğindeki genel düşüş eğilimini bozmadığı, sadece ikinci petrol şokundan sonra trendin tersine dönerek enerji verimliliğinin arttığı gözlenmektedir (Stern, 2004).

### **2.2.3. Enerjinin Girdi Bileşimindeki Kaymalar ve Enerjinin Kalitesi**

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, hanelerde ve sanayi sektöründe enerji talebi artmış ve kullanılan materyaller her geçen gün daha fazla elektronik donanım içermeye başlamıştır. Enerji kalitesi fen bilimlerinde; enerji şebekesinin belirli bir noktadaki gerilimin anma değerlerinin korunması olarak tanımlanmaktadır (Şahin, Oğuz, & Tuğcu, 2014, s. 200), (Tabak & Yalçın, 2004, s. 52). Enerjinin kullanılşılığının bir göstergesi olan, enerji kalitesinin en genel tanımı ise; farklı yakıt



tiplerinin ve elektriğin, ısı eşdeğeri birimi başına göreceli ekonomik faydası olarak ifade edilmektedir (Stern, 2004, s. 46).

Bir girdi olarak kullanılan enerjinin kalitesindeki ve bilişimindeki değişiklikler, mal veya hizmet üretim sürecinde, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve bu doğrultuda kaynakların etkin kullanımı açısından önemlidir (Yapraklı, 2013, s. 105).

Enerji kalitesinin ölçülebilmesi için, herhangi bir üretim sürecine katkısının belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu katkıyı belirleyebilmenin bir yolu, söz konusu enerjinin marjinal ürününü tespit etmektir (Stern & Cleveland, 2004, s. 23). Marjinal ürün, üretimde kullanılan değişken girdi miktarında meydana gelecek bir birimlik artışın, toplam üründe meydana getirdiği değişikliği ölçmektedir. Yani enerjinin marjinal ürünü; kullanılan enerji kaynağından, yakıt birimi başına ilave bir ısı kullanılması sonucu üretilen mal ve hizmet miktarındaki artışı ifade etmektedir. İktisat teorisine göre enerji etkinliğinin sağlanabilmesi için, enerji girdisinin fiyatının, enerjinin marjinal ürününe eşit olması gerekmektedir (Dinler, 2013, s. 161).

Yakıt türleri, birçok faaliyette kullanılmalarına ve ekonomik faaliyetler için hayati öneme sahip olmalarına rağmen, tüm ekonomik faaliyetlerde kullanılamamaktadır. Bazı yakıt türleri ise daha çok sayıda ve/veya daha önemli aktiviteler için kullanılabilir. Örneğin kömür ve doğalgaz elektrik üretiminde doğrudan kullanılan enerji kaynakları olmalarına rağmen, günlük yaşamın vazgeçilmez bir parçası olan cep telefonunu çalıştırmada kullanılamamaktadır. Bir yakıtın marjinal ürünü, her bir yakıtta özgü olarak karmaşık değişkenler dizisi tarafından belirlenir. Bu değişkenler; fiziksel kıtlık, yararlı iş yapma kapasitesi, enerji yoğunluğu, temizlik, depolama imkanı, güvenliği, kullanım esnekliği, dönüşüm maliyeti vb.'dir. Marjinal ürünü etkileyen değişkenler sadece burada belirtilen unsurlardan ibaret değildir. Çünkü enerji kaynakları yukarıdaki örnekte de belirtildiği gibi birbirinin tam ikamesi olmadığından ve her ekonomik faaliyette kullanılmadıklarından, enerjinin kullanıldığı üretim sürecinin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Dolayısı ile marjinal ürün aynı zamanda söz konusu yakıtın; hangi faaliyetlerde kullanıldığına, ne kadar sermaye, emek ve enerji dışı materyallerle birlikte kullanıldığına ve hangi oranda kullanıldığına bağlı olarak

değişmektedir. Bu yüzden enerjinin kalitesi sabit değildir. Ancak ikincil bir yakıt türü olan, elektriğin diğer enerji türlerine göre en yüksek kaliteye sahip olduğu konusunda fikir birliğine varılmıştır. Elektriği sırasıyla; doğalgaz, kömür, odun ve biyoyakıt izlemektedir. Her ne kadar iktisat yazınına göre etkinlikten bahsedilmek için, bir enerji türüne ödenen son liranın onun marjinal ürününe eşit olması gerekse de, kaynakların enerji kalitesi sıralamasını, enerji birimi başına düşen yakıt fiyatları da destekler niteliktedir (Stern, 2010, s. 1472),(Stern & Cleveland, 2004, s. 23).

Enerji kalitesini etkileyen başka etkenlerde bulunmaktadır ki, bu etkenlerden bir tanesi de zamandır. Herhangi bir mal veya hizmetin üretim sürecinde meydana gelen teknolojik değişimler, uzmanlaşma ve/veya ölçek ekonomilerine bağlı olarak o mal veya hizmetin üretiminde kullanılan girdilerin bileşimi değişebilmektedir. Bu nedenle üretim süreci içerisinde bulunan; emek, sermaye ve enerjinin nasıl ve hangi oranda birleştirilerek kullanıldığı zaman içerisinde değişmekte ve bu durumda enerjinin kalitesini zaman içerisinde değiştirebilmektedir.

Enerji kalitesi kavramını ilk kullanan ve bu kavramın öneminden bahseden ilk çalışmalardan biri, Schurr ve Netschert (1960) tarafından yapılmıştır. Enerji kullanım demetinin zaman içerisinde önemli ölçüde değiştiğini belirten araştırmacılar, daha yüksek kaliteli yakıtlara geçişin; belirli bir hasıla için gerekli olan enerji miktarını azaltacağını savunmuşlardır. Schurr ve Netscher'in enerji kalitesi ile ilgili savları, ölçme zorluğundan dolayı uygulamalı literatürde çok fazla ilgi görmemiştir. Berndt(1990), çalışmasında enerji kullanım bileşimlerinin zaman içinde değişime uğradığını ve bu değişimin düşük kaliteli enerji kaynaklarından yüksek kaliteli enerji kaynaklarına doğru olduğuna dikkat çekmiştir. Bu durum göz ardı edilirse, TFV'nin görünen etkisi, gerçekte olacak etkisinden çok daha az olacaktır (Stern & Cleveland, 2004, s. 23).

Cleveland, Costanza, Hall, ve Kaufman'a göre ise, yüksek kaliteli yakıtlara geçiş eğiliminin ve ekonomideki yapısal değişimlerin, GSYH birimi başına tüketilen enerji miktarını azaltacağını savunmuşlardır (Cleveland, Costanza, Hall, & Kaufmann, 1984, s. 890). Kaufmann ise, ABD için yaptığı bir çalışmada, kömür

kullanımının azaltılarak petrol kullanımına doğru bir yönelmenin enerji yoğunluğunu azaltacağı ve enerji kalitesini artıracığı sonucuna ulaşmıştır (Kaufmann, 2004, s. 63).

Yüksek kaliteli enerjiye geçiş, ekonomik büyümeye olumlu etki oluştursa da bu enerji kaynakları azalan verimler yasasına tabidir. Bu durum enerjinin yoğun olarak kullanıldığı sektörlerdeki talep artışına paralel olarak, enerjinin hasılaya olan katkısını da azaltacaktır (Fleay, 2005, s. 6-7). Buna göre yüksek kaliteli kaynakların azalma ve tükenme ihtimali göz önüne alındığında; ülkelerin düşük kaliteli enerjiye geri dönerek enerji yoğunluğunu ve maliyetleri artırmamak için, politika yapıcılar ve hükümetler alternatif ve yenilenebilir, kaliteli enerji kaynaklarının artmasına yönelik çalışmalar yapmalıdır.

#### **2.2.4. Enerjinin Çıktı Bileşimindeki Kaymalar**

Ülkelerin ekonomik kalkınma evrelerinin farklı dönemlerinde çıktının (gayri safi milli hasıla) bileşimi değişebilir. C.Clark'ın "üç sektör kanunu"nda bu durum açıkça ifade edilmiştir. Clark, kalkınma süreci devam ettiğinde, üretim faaliyet yapısının da değişeceğini iddia etmiştir. Buna göre gelişmişlik aşamalarına bağlı olarak tarım sektöründen sanayi sektörüne, sanayi sektöründen de hizmetler sektörüne bir geçiş söz konusu olacaktır. Bununla birlikte ülkelerin dış ticaret yapısı da zamanla evrim geçirmekte ve böylece emek yoğun olan geleneksel hizmet ticaretinden, sermaye/teknoloji yoğun modern hizmet sektörüne bir geçiş olacaktır (Yurttaçıkırmaz, Azgün, Gencer, & Emsen, 2017, s. 189), (Armağan, 2015, s. 1).

Farklı sektörler, farklı enerji yoğunluklarına sahiptir. Buradan hareketle kalkınma süreci boyunca, kalkınmanın ilk aşamalarında, birim hasıla başına kullanılan enerji miktarı; başlangıçta düşükken artacağı, daha sonraki aşamalarda ise kullanılan enerjide bir azalma yaşanacağı tahmin edilmektedir (Stern, 2004, s. 47).

Hizmetler sektörü hala büyük ölçekte enerji ve kaynak girdilerine ihtiyaç duymaktadır. Hizmetin satımı aşamasında enerjiye ihtiyaç duyulmasa da; sektörün faaliyet gösterdiği ofis kuleleri, alışveriş merkezleri, depolar, kiralık ofisler ve kompleksler, gibi sektörün somut alanlarında ve işyerlerinin yapım, bakım ve onarımında enerji kullanılmaktadır. Aynı zamanda bazı hizmet sektörlerinde enerji

daha yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Örneğin ulaşım sektöründe enerji ve kaynak kullanımı oldukça yükündür. Ayrıca tüketiciler; çalışırken ve alışverişlerinde daha fazla enerji kullanmaktadırlar. Bu nedenle hizmet sektörüne geçişin bir sonucu olarak enerji ve büyümenin tam bir şekilde ayrıştırılması pek olası görünmemektedir. Üretilen mal ve hizmetlerde kullanılan dolaylı enerji kullanımı göz önüne alındığında, çıktı bileşiminde meydana gelen kaymanın, önemli derecede enerji yoğunluk oranını düşürdüğüne dair bir kanıt ve çalışma bulunmamaktadır. Aksine konut, ulaşım gibi hizmetler sektöründe yaşanan gelişmeler, tüketicilerin daha fazla enerji kullanmalarına sebep olmaktadır. Küresel ölçekte, gelişmekte olan ülkelerin, gelişmiş ekonomilerde meydana gelen yapısal değişimi ne ölçüde çoğaltabileceği ve gelişmiş dünyanın süresiz olarak bu yönde kaymaya devam etmeyeceği de belli değildir (Stern, 2004, s. 47).

## **2.3. ENERJİ BÜYÜME İLİŞKİSİNE YÖNELİK TEORİK YAKLAŞIMLAR**

### **2.3.1. Ekonomik Büyüme Kavramı ve Gelişimi**

Bulunduğu gelişmişlik düzeyi ve belirlenen ekonomik sistem ne olursa olsun iktisadi büyüme olgusu, ülkelerin ekonomik anlamda gerçekleştirmeye çalıştıkları en temel kavramların başında gelmektedir.

Bir ekonomide meydana gelen üretim kapasitesinin artması neticesinde, üretimin ve dolayısıyla milli gelirin artması olarak tanımlanan ekonomik büyümenin en basit ifade şekli zenginleşmedir. Zenginlik ise daha yüksek yaşam standardı ve yaşamın kolaylaşması anlamına gelmektedir. Bu açıdan bakıldığında insanoğlu sürekli bir büyüme çabası içerisinde (Özsağır, 2008, s. 333).

İktisadi büyümenin temel ilgi alanı, bir ülkenin üretim kapasitesinde meydana gelen artışlar ve bu artışların ekonomi üzerinde doğurduğu sonuçların analiz edilmesidir (Berber, 2011, s. 3). Üretim kapasitesi, bir ekonomideki faktörlerin miktarına, niteliğine ve ulaştığı teknolojik düzeye bağlı olduğundan dolayı, iktisadi büyüme, bu unsurların iyileştirilmesi ve artırılması sürecini içermektedir. Bir ülkenin sahip olduğu; emek, sermaye, doğal kaynaklar, teknoloji ve bilgi birikimindeki

artışlar iktisadi büyümenin temel belirleyici olarak ortaya çıkmaktadır (Yardımcı, 2006, s. 98).

İktisadi büyüme kapsamında ülkeleri etkileyen tek bir faktörden bahsetmek olanaksızdır. Çünkü her ülkenin kendine özgü iktisadi, sosyal, siyasi ve kültürel yapıları bulunmaktadır. Bu farklılıklara rağmen ekonomistler, iktisadi büyümenin belirleyicileri olarak; sermaye, emek, teknoloji ve doğal kaynaklar üzerinde fikir birliğine varmışlardır (Tomanbay & Gümüş, 2004).

Büyüme teorisi iktisat bilimi kadar eskidir. İlk olarak Adam Smith ekonomik refahın; yıllık emek ürününe ve emeğin ürettiği ürünü tüketenlerin sayısına bağlı olduğunu belirterek, iş bölümünün büyüme üzerindeki etkilerini vurgulamıştır. Ona göre emeğin üretkenliğini, iş bölümü süreci artırmaktadır. İş bölümü arttıkça emek birimi başına üretimde artmaktadır (Doğan, 2014, s. 366).

Adam Smith'i Robert Malthus ve David Ricardo'nun çalışmaları takip etmiştir. Malthus'un analizi nüfusun büyüme üzerindeki etkilerini incelerken, Ricardo büyüme modelini, azalan verimler ve bölüşüm unsurları üzerine inşa etmiştir (Ünsal, 2007, s. 26).

Daha sonraları Schumpeter, kendinden öncekilerden farklı olarak, teknolojik ilerlemenin ve eksik rekabetin büyüme üzerindeki etkilerini incelerken; Feldman, yatırım önceliklerinin iktisadi büyüme üzerindeki etkilerini incelemiş ve bir model geliştirmiştir. Bu çalışmaları, Roy Harrod ve Evsey Domar'ın birbirlerinden bağımsız olarak geliştirdikleri Neokeynsyan büyüme modeli takip etmektedir (Ünsal, 2007, s. 27). Harrod- Domar modeli, büyüme hızının, sermaye birikimi tarafından belirlendiği fikrini savunmaktadır. Devletin politika araçları ile ekonomiye müdahale etmesi, amaçlanan büyüme hızının gerçekleştirilmesini veya uzun dönemde büyüme hızında oluşabilecek sapmaları ortadan kaldırabilecektir. Bu bağlamda, ekonomik kalkınmayı olumsuz etkileyecek yapısal dengesizliklere karşı koymak olası olabilecektir. Harrod- Domar modeli, modern büyüme teorisinin gelişim sürecindeki ilk dalga olarak kabul edilmektedir (Demircan, 2003, s. 98-99).

Modern büyüme teorisinin gelişim sürecindeki ikinci dalga, Robert M. Solow ve Tresor Swan tarafından geliştirilen neoklasik büyüme modelidir. Solow modeli tek sektörlü bir modeldir. Bu ekseninde model; ölçüğe göre sabit getiri, sermaye ve işgücünün ikame edilebilirliği ve sermayenin azalan marjinal verimliliği varsayımlarına dayanmaktadır. Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonu ile açıklanan modelde, durağan durum dengesinde büyüme oranının sıfır olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca teknoloji ve sermayenin dışsal olarak ele alındığı model, emek ve sermayenin belirleyici gücü üzerinde durmuştur. Bu bağlamda modelin; iktisadi olmayan unsurları dikkate almadığı, işlem ve bilgi maliyeti gibi etkenlerin dahil edilmediği bir model olduğu söylenebilir (Biber, 2010, s. 2).

Büyüme teorisinde önemli bir yeri olan Solow modelinde, büyümenin nedeni olarak açıklanan teknolojik gelişmeler, dışsal bir değişken olarak görülmekte, dolayısı ile teknolojinin büyümeyi nasıl etkilediği açıklanmamaktadır. Paul Romer, Robert Lucas, ve Rebelo öncülüğünde, büyüme teorisinin üçüncü dalgası olarak kabul edilen içsel büyüme teorileri, alternatif analizlerin gelişmesine yol açmıştır (Ünsal, 2007, s. 28). Neoklasik büyüme teorilerine bir tepki olarak ortaya çıkan içsel büyüme teorileri; klasik iktisatta dışsal olarak ele alınan teknolojik yeniliklerin, dışsal değil içsel olduğunu savunmuştur (Özer & Çiftçi, 2009, s. 39). Buradan hareketle içsel büyüme teorileri, neoklasik teorisinin eksikliklerini gidermeye çalışarak; ekonomide gerçekleşen artan getiri durumlarını, aksak rekabet ve tekelleşmelerini, teknolojik gelişmeler ile beşeri sermaye unsurunu modellerine dahil etmişlerdir (Doğan, 2014, s. 372).

İçsel büyüme teorilerinin getirdiği en önemli farklardan bir tanesi; neoklasik teorisinin kabul ettiği sermayenin azalan getirisine karşın, beşeri sermayeyi de kapsamaması ve sermayenin artan getirisinin de söz konusu olacağını varsaymalarıdır (Afşar, 2009, s. 87). Bu bağlamda, bilginin öneminden bahsedilerek, sermayenin azalan getirisine karşın, bilginin artan marjinal getirisinden bahsetmektedirler. Çünkü insanlardaki beceri ve bilgi birikimi, olarak tanımlanan beşeri sermayenin yüksek olması, klasik ekonomideki yalın artışlardan ziyade, teknolojik ilerlemeler ve

bunlarla birlikte meydana gelen taşma etkileri, büyümenin önemli bir kaynağını oluşturduğunu savunmaktadırlar (Özsağır, 2008, s. 340).

Geleneksel büyüme teorileri emek ve sermayeyi üretim süreci içerisinde iki önemli girdi olarak kabul ederken, enerjiyi bir üretim faktörü olarak değil, emek ve sermayenin bir ara ürünü olarak kabul ederler. Özellikle neoklasik perspektiften bakıldığında; enerji fiyatlarındaki bir artış, GSYH'yı ihmal edilebilir bir şekilde azaltacağını öngördüklerinden, iktisatçılar enerji üzerine yoğunlaşmamış, teknolojik yenilikler ve daha sonraları beşeri sermaye üzerinde durmuşlardır (Mallick, 2007, s. 7).

Buraya kadar yapılan açıklamalarda ekonomik büyüme kavramının, tanımı ve tarihsel gelişimi üzerinde durulmuştur. Teorik yaklaşımların, enerji ve büyüme ilişkisine yönelik açıklamaları aşağıda verilecektir.

### **2.3.2. Klasik Ekonomide Enerji ve Büyüme**

Doğrudan enerji ile ilgisi olmasa dahi, doğal kaynakların, ekonomi içerisindeki önemini vurgulayan çalışmalar incelendiğinde, bunun fizyokratlara kadar devam ettiği açıkça görülmektedir. Toprağın önemini vurgulayan ve zenginliğin kaynağını tarımsal üretim olarak gören fizyokratlar, bu bağlamda doğal kaynakları (toprağı) bir üretim faktörü olarak görmüş ve aynı zamanda toprağı, rüzgar ve güneş gibi enerji kaynakları ile birlikte ele almışlardır (Ayres R. U., Bergh, Lindenberger, & Warr, 2013, s. 81), (Aldemir & Kaypak, 2008, s. 2).

Fizyokratlardan sonra, hakim iktisat anlayışı olan; klasik iktisat ekolünde, büyümeyi etkileyen unsurlar arasında direkt olarak enerjiye yer verilmemiş, enerji serbest bir mal olarak görülmüştür. Ancak buna rağmen azalan verimler yasası nedeni ile doğal kaynakların (toprağın), ekonomik faaliyetleri sınırladığını kabul etmektedirler.

Klasik iktisatçılar tarımda, emek ve sermayenin maliyetinin yanı sıra, bir fazlalığın varlığını açıklamak için toprağın ekonomiye olan katkısını araştırdılar. Klasik iktisatçılar doğanın doğurganlığından (Adam Smith) bahsettiklerinde; toprağın üretken ve yıkılmaz gücü (D. Ricardo), toprağın doğal ve içerilmiş gücü

(John McCulloch), dünyadaki birçok maddeyi içinde barındıran harika bir kimya atölyesi (Jean-Baptiste Say) olarak adlandırmakta ve enerjiyi net bir şekilde ifade etmektedirler (Alam, 2006, s. 5).

Klasik iktisatçılar, doğanın gücü hakkındaki anlayışlarını üç aşamada birleştirmektedirler. İlk olarak ekonomiyi, tarım ve sanayi olmak üzere iki sektöre ayırarak, iktisadi artığın bu iki sektör tarafından üretildiğini kabul ettiler. İkinci olarak, sanayide toprağın rolünün olmadığını; tarımda ise, sermaye ve emekle birlikte çalışan üçüncü bir unsur olduğunu kabul ederek, toprağı bir üretim faktörü olarak tanımladılar. Üçüncü olarak klasikler, toprağın arzının sabit ve kalitesinin değişken olduğunu varsaymakta ve sabit toprak arzının tarımda, sermayenin ve emeğin azalan verimlere tabi olmasına neden olduğunu belirtmektedirler (Alam, 2006, s. 6).

### **2.3.3. Neoklasik Ekonomide Enerji ve Büyüme**

On dokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkan neoklasik teoride, üretim fonksiyonunda hasıla; emek ve sermaye ile, büyüme; faktörlerin miktarında, kalitesinde ve teknoloji seviyesindeki artış ile ifade edilmektedir. Neoklasik teori, ekonomiyi ise malların; sermaye ve emek girdileri tarafından üretildiği ve tüketiciler ile firmalar arasında el değiştirdiği kapalı bir sistem olarak tanımlamaktadır (Ockwell, 2008, s. 4600). Ayrıca neoklasik iktisadın, kapalı bir sistem olması ve kendini yenileyen dairesel bir süreç içermesi, modelin eksik olmasına sebep olmaktadır.

Stern, geleneksel büyüme teorilerinde üretim faktörlerinin, temel girdiler ve ara girdiler olarak ayrıldığını belirtmektedir. Üretimin temel girdileri, üretim sürecinin başlangıcından itibaren var olan ve üretimde doğrudan kullanılmayan girdilerdir. Ara girdiler ise üretim dönemi içerisinde oluşturulan ve üretim süreci içerisinde tümüyle kullanılan girdileri ifade etmektedir (Stern, 1999, s. 382).

Neoklasik iktisat, ekonomi üzerinde enerjinin nispeten küçük bir rol oynadığını ve bunun ihmal edilebileceğini savunmaktadır. Enerji, temel üretim faktörleri olarak kabul edilen; sermaye, emek ve toprağın üretiminde kullanılan bir ara girdi olarak ele



alınmıştır. Bu bağlamda, Denison (1979) ve Berndt (1980), yüksek enerji fiyatlarının verimlilik artışı üzerinde çok küçük bir etkiye sahip olabileceğini savunmaktadırlar (Cheng & Andrews, 1998, s. 35).

W.S. Jevons, İngiltere’de sanayileşmenin hız kazandığı bir dönemde yaşamış ve günümüzde dahi önemli bir enerji kaynağı olan kömürle ilgilenmiştir. Jevons kömürü; İngiltere’nin ekonomik büyümesindeki en önemli sınırlayıcı gücü olarak tanımlamıştır. Çünkü hızla büyüyen sanayileşme, kolay erişilebilir kaynakları beraberinde tüketiyor ve mevcut stoklardan kolay bir şekilde madenlerin çıkarılmasını engelliyordu. Ona göre kömür, İngiltere’nin ekonomik büyümesinde hayati bir öneme sahiptir. Bu nedenle Jevons yaşadığı dönemi, kömür çağı olarak adlandırmıştır<sup>5</sup> (Usta, 2015, s. 23-24).

1970’li yıllara kadar, W.S. Jevons ve Hotelling gibi iktisatçılar dışında enerjinin neoklasik büyüme teorilerinde çok fazla önemsenmemesinin nedeni; ekonomideki tüm problemlerin büyüme ile ortadan kalkacağı görüşünden hareketle, toprağın tek üretim faktörü olma özelliğinden vazgeçmeleri ve sermaye faktörü kapsamında ele almalarıdır. Bu görüşe göre, toprak sadece emek ve sermaye tarafından işlendiği zaman üretken olmakta aksi takdirde üretken olmamaktadır. Bunu sağlayan temel güç ise sermayedir (Yapraklı, 2013, s. 80).

Bir başka ifade ile neoklasiklerin, enerjiyi bir üretim faktörü olarak görmemeleri; ekonomik büyüme ve teknolojik gelişmelerin, doğal kaynakların (enerji de dahil) tükenme ihtimalinin önüne geçeceğini, doğal kaynak maliyetlerinin fiyatlandırılması yolu ile piyasa başarısızlıklarının ortadan kaldırılacağını ve insan yapımı sermayenin, doğal sermayeyi sınırsız bir şekilde ikame edeceği görüşünden kaynaklanmaktadır (Yapraklı & Yurttançıkılmaz, 2012, s. 197).

Enerjiyi bir ara girdi olarak gören neoklasikler, sürdürülebilir kalkınma üzerine yoğunlaşmışlardır. 1970’li yıllarda sürdürülebilir büyüme ve ekolojik iktisat tartışmaları doğrultusunda, doğal kaynaklar ekonomik modellere dahil edilmiştir. Bu bağlamda, neoklasik literatür; hangi şartlar altında sürdürülebilir büyümenin

---

<sup>5</sup>Jevons’un yaşadığı dönemi kömür çağı olarak nitelendirmesi, kömürün demir ve buharın elde edilmesinde son derece önemli rol oynamasından dolayıdır (Usta, 2015, s. 24).

gerçekleşeceği üzerine odaklanmaya başlamıştır. Buna göre, teknik ve kurumsal koşulların, büyümenin sürdürülebilir olup olmadığı konusunda belirleyici olduğunu ifade etmişlerdir. Teknik şartlar; yenilenebilir ve yenilenemez kaynakların karışımını, girdiler arasındaki ikamenin kolaylığını, sermayenin ve doğal kaynakların başlangıçtaki durumunu, kurumsal şartlar ise piyasa yapısını (rekabetçi veya merkezi planlamalı), mülkiyet haklarını (özel veya kamu mülkiyeti) ve gelecek nesillerin refahına ilişkin değerler sistemini kapsamaktadır. Neoklasikler sürdürülebilir bir büyümenin teknik olarak mümkün olduğunu kabul ederek, hangi kurumsal düzenlemelerin sürdürülebilirliğe öncülük edeceği konusunu araştırmaya yönelmişlerdir (Stern & Cleveland, 2004, s. 10).

Genel Solow modelinde, beşeri sermayenin yanında doğal kaynaklar yer almamaktadır. Solow, sermaye ile doğal kaynakların ikame edilebileceğini, doğal kaynaklar olmadan da büyümenin sürdürülebileceğini belirtmiştir. Bu yüzden model, üretim faktörü olarak emek ve sermayeyi ele almakta ve doğal kaynaklara yer vermemektedir (Daly, 1997, s. 261). Solow (1974), modelin bu eksikliğini gidermek için, Cobb Douglas üretim fonksiyonuna doğal kaynakları ilave etmiştir. Ona göre, hasılanın sermaye esnekliği, doğal kaynak esnekliğinden daha yüksektir. Yani, yeniden üretilebilir sermayeye yapılan bir yatırımın ekonomik değerinin, yenilenemeyen doğal kaynakların kullanılması sonucundaki maliyeti karşılayacak düzeyde veya bu düzeyin üzerinde olması durumunda, toplam sermayenin zaman içerisinde sabit tutulabileceği ve bununla büyümenin sürdürülebilirliği açısından yeterli bir sonuç olacağını savunmuştur (Yapraklı, 2013, s. 83).

Solow'un geleneksel modeli, önce miktarı sabit olan toprağı ve daha sonrada petrol, doğal gaz, kömür gibi yenilenemeyen doğal kaynakları kapsayacak şekilde genişletilebilir. Toprağın ilave edildiği genel Solow modelinin üretim fonksiyonu, beşeri sermaye ilave edilerek, eşitlik (2.3)'teki gibi yazılabilir (Ünsal, 2007, s. 223).

$$Y=K^a(AL)^\beta X^\emptyset \quad (2.3)$$

Cobb Douglas tipi üretim fonksiyonundaki eşitlikte, K fiziksel sermaye girdisini, AL etkin emek girdisini, X ise miktarı sabit olan arazi girdisini ifade etmektedir.  $a$ ,  $\beta$  ve  $\emptyset$  terimleri ise hasılanın fiziksel sermayeye, etkin emeğe ve

araziye olan esnekliğini (sermaye, emek ve toprak %1 arttığında hasılanın % kaç artacağını) gösteren terimlerdir. Burada genel Solow modelinde olduğu gibi üretim ölçeğe göre sabit getiriye tabidir. Dolayısı ile toprağın dahil edildiği Solow modelinde, üretim her girdi ve her ikili girdi bileşimi itibari ile azalan verimler yasasına tabidir. Bu durum, toprağın miktarının sabit olduğu varsayımı hesaba katılarak ifade edilirse; toprağın dahil edildiği Solow modelinde sermaye ve emek girdilerindeki artış oranı, hasıladaki artış oranından yüksek olacaktır. Bu yönüyle toprağın dahil edildiği Solow modeli, geleneksel Solow modelinden ayrılmaktadır (Ünsal, 2007, s. 224).

Geleneksel Solow modeli; petrol, doğal gaz, kömür gibi yenilenemeyen doğal kaynakları kapsayacak şekilde yazıldığında, üretim fonksiyonu eşitlik (2.4)'teki gibi olmaktadır (Ünsal, 2007, s. 227).

$$Y = K^{\alpha}(AL)^{\beta}E^{\phi} \quad (2.4)$$

Bu fonksiyonda diğer terimler aynı olmak kaydı ile E terimi, miktarı zaman içerisinde azalan ham petrol gibi yenilenemeyen doğal kaynakları ifade etmektedir. Bu fonksiyon genel Solow modeline benzer bir şekilde, ölçeğe göre sabit getiriye tabidir. Yani girdi bileşenleri ile hasıla aynı yönde ve aynı oranda artmaktadır. Dolayısı ile yenilenemeyen kaynakların dahil olduğu Solow modelinde eşitlik (2.3)'te olduğu gibi üretim azalan verimlere tabidir (Ünsal, 2007, s. 227).

#### **2.3.4. İçsel Büyüme Teorilerinde Enerji ve Büyüme**

1980'li yıllarda ortaya atılan içsel büyüme kavramı, ekonomik büyümenin; ekonomik sistemin içsel bir çıktısı olduğunu vurgulamaktadır. İçsel büyüme modelleri, neoklasik modelin sonuç ve eksikliklerini gidermek amacıyla ortaya çıkmıştır. Onlara göre neoklasik teorinin üç önemli eksikliği bulunmaktadır. Bunların ilki, teknolojinin dışsal olması ve tümüyle açıklanamamasıdır. İkinci eksiklik, teknolojik gelişmelerin nasıl meydana geldiğinin açıklanamaması ve onu meydana getiren unsurların modele dahil edilmemesidir. İki üretim faktörlü neoklasik model, çıktılarının marjinal verimliliklerine göre sadece sermaye ve emek faktörüne gelir ödenmesi gerektiğini açıklamaktadır. Teknolojik yenilikleri ortaya koyacak etkenler

için bir gelir açıklamamıştır. Üçüncü eksiklik ise yakınsamadır (Turker, 2009, s. 87-88).

Neoklasik büyüme teorisinde azalan verimler yasası geçerli olduğundan, uzun dönemde ekonomik büyümeyi teknolojiadaki gelişmeler ve nüfus artış hızı belirlemektedir. Uzun dönemde büyüme hızını dışsal teknolojik gelişmelerin belirlemesi, ülkelerin sermaye ve gelir seviyelerinin birbirine yakınsayacağı anlamını taşımaktadır. İşte gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin arasındaki farkın, uzun dönemde ortadan kalkacağını ifade eden bu görüşe teoride, ‘yakınsama hipotezi’ denmektedir (Kar & Taban, 2003, s. 148). Ancak neoklasiklerin savunduğu, pür yakınsama hipotezinin temel öngörülleri, ekonomik büyümeyi etkileyen temel faktörlerin belirlenmesi ve analiz edilmesi konusunda yeterince başarılı olamamıştır (Kibritçioğlu, 1998, s. 215).

1980’li yılların sonlarına doğru büyüme teorisi ve uygulamalarındaki yaşanan bazı önemi gelişmeler ve ülke ekonomilerinde yaşanan dönüşümlerle birlikte, Paul M. Romer (1986) ve Robert E. Lucas (1988) gibi iktisatçıların bilgiyi içeren büyüme modelleri üzerine yaptığı çalışmalar, içsel büyüme teorilerinin temellerini oluşturmaktadır (Erdoğan & Canbay, 2016, s. 36).

Ar-Ge tabanlı büyüme modelinin kurucusu olarak kabul edilen Romer, 1986 yılındaki içsel büyüme modellerinin başlangıcı olarak görülen çalışmasında; teknolojik gelişmeyi ekonomik büyümenin merkezi olarak nitelemiştir. Ona göre sürdürülebilir bir büyüme, Ar-Ge faaliyetlerindeki beşeri sermaye birikimi ile mümkün olacaktır. Bilgi birikimi, teknolojik yenilikler ve girişimcilik faktörünün meydana getirdiği Ar-Ge sektörü, ekonomik büyümenin motorudur. Ayrıca Lucas’ın 1988 yılında yayınlanan çalışması, beşeri sermaye ve ekonomik büyüme ilişkisini açıklayan ilk içsel büyüme modelidir. Modele rasyonel beklentiler dahil edilmiş ve fiziksel sermaye, beşeri sermaye ve teknolojik gelişmeler üzerine yoğunlaşmıştır. Büyüme sürecinde içsel teknolojinin, beşeri sermaye ile birlikte veriminin artacağı ve ekonomik büyümeye katkı sağlanacağı savunulmuştur. Ekonomik büyümenin belirleyicileri; bilgi, fiziki ve beşeri sermaye, içsel teknoloji, kamu yatırımları vb. olduğu kabul edilmiştir (Erdoğan & Canbay, 2016, s. 36-38).

Neoklasik modellerde olduğu gibi, içsel büyüme modellerinde de enerji, bir üretim faktörü olarak değil bir ara girdi olarak kabul edilmiştir. 1990'lı yıllarda yapılan bazı çalışmalarda, enerji kaynaklarının dikkate alındığı modeller ortaya konulmuştur. Ancak bu modellerde, yenilenemeyen enerji kaynaklarının elde edilmesinin maliyeti ve yenilenebilir kaynakların üretim maliyeti dikkate alınmamıştır. Ayrıca enerji fiyatlarının sabit oranda arttığı ve doğal kaynaklarla beşeri sermaye arasında ikame ilişkisinin varlığı kabul edilmiştir (Ayres & Bergh, 2005, s. 98).

Zon ve Yetkiner 2003 yılında yaptıkları çalışmalarında, içsel bir büyüme modelinden hareketle, üretim faktörü olarak kabul ettikleri enerjiyi modele dahil etmişlerdir. Çalışmalarında büyüme oranının, reel enerji fiyatlarındaki artış oranına negatif bir şekilde bağlı olduğu, enerji fiyatlarında meydana gelebilecek bir artışın büyümeyi ve teknolojik ilerlemeleri olumsuz etkileyeceği kabul edilmiştir. Bu sonuca göre, enerji fiyatlarındaki bir artış maliyetleri artıracak ve karlılığı azaltacak, buda büyümeyi yavaşlatarak Ar-Ge faaliyetlerini azaltacaktır. Bu durumun önlenmesi için, enerji kullanımında etkinlik sağlanmalı ve enerji çıkarım maliyetlerinin önüne geçilmesi gerekmektedir. Buda bu alandaki teknolojik gelişmelerin artması ve enerji fiyatlarını düşürücü kamu müdahaleleri ile mümkün olacaktır (Zon & Yetkiner, 2005, s. 81).

İçsel büyüme teorileri, neoklasik teorilere tepki niteliğinde ortaya çıkmasına rağmen, tamamlayıcısı niteliğindedir. Başlangıçta doğal kaynak iktisatçılarıyla aynı olan görüşleri, daha sonra geliştirilerek farklılaşmıştır. Neoklasikler gibi enerjiyi bir ara girdi olarak gören içsel büyüme modelleri, farklı olarak ikame ilişkisinin sınırlı olduğu, enerjinin büyümenin sürdürülebilirliği açısından son derece önemli olduğu, kamu müdahalelerine ihtiyaç duyulduğu, teknolojik yenilik ve Ar-Ge faaliyetlerinin etkin enerji kullanımı ve enerji maliyetlerini düşürmeye yönelik olması gerektiğini savunmuşlardır (Yapraklı, 2013, s. 86).

### 2.3.5. Ekolojik- Biyofiziksel Teorilerde Enerji ve Büyüme

Neoklasiklerin üretim sürecini, sermaye ve emek faktörleri kullanılarak açıklamaya çalışmaları, büyümenin dinamiklerini açıklamakta yetersiz kalmış ve doğal kaynaklar olmadan büyümenin gerçekleştirilemeyeceği görüşü tartışılmaya başlanmıştır. Özellikle 1970'li yıllardan sonra tartışılmaya başlanılan, doğal kaynakların üretim sürecini kısıtlayıcı bir etkiye sahip olduğu fikrinden hareketle, üretim fonksiyonu içerisinde doğal kaynaklara da yer verilmesi gerektiği fikri savunulmuştur. Aynı zamanda büyümenin sınırları üzerindeki tartışmalara, doğal kaynak kullanımına enerjinin de dahil edilmesi ile birlikte ekonomik büyüme tartışmaları yeni bir boyut kazanmıştır (Şentürk, 2012, s. 6).

Neoklasik teorilere ve doğal kaynak iktisadına tepki olarak ortaya çıkan ekolojik iktisat, 1980'li yılların sonlarına doğru ortaya çıkmış, disiplinler arası çevresel araştırmalar yapan, doğal kaynak iktisadına alternatif bir teoridir (Bayraktutan & Uçak, 2011, s. 23). En geniş anlamıyla ekolojik iktisat, üretim ve tüketimle çevrelenen ekonomik davranışların, sosyal, ekolojik ve etik boyutlarını ve bunların piyasa sonuçlarını inceleyen bir iktisat teorisidir. Bu nedenle davranışsal iktisat, evrimsel ekonomi, kurumsal iktisat, postkeynesyen ekonomi, radikal ekonomi ve sosyal ekonomi gibi çağdaş neoklasik iktisat ve heterodoks düşünce okullarının çoğunu kapsayan bir araştırma alanıdır (Gowdy & Erickson, 2005, s. 208). Aslında ekolojik iktisat, birçok şekilde tanımlanmasına rağmen ana tema, ekonomik teori ve pratiğin, fiziksel gerçeklikte ve özellikle de termodinamik yasalarında, doğanın getirdiği kısıtlamalar ve doğal sermayenin katkısı ile insan refah ve zenginliği için uyumlu ekosistem hizmetleridir (Sorrell & Dimitropoulos, 2007, s. 100).

Ekolojik iktisatçılar, neoklasikleri iktisadi olguları açıklarken fiziksel gerçeklikleri dikkate almadığı için eleştirmektedir. Onlara göre ekonomi, küresel ekosistemin bir alt sisteminde yer almaktadır. Ekonomik ve ekolojik sistemlerin sürdürülebilir yönetimini ele alan bu yaklaşımda, insan yaşamı için gerekli olan, çevrenin korunması, ekonomik faaliyetlerde israfın önlenmesi gibi kısıtları açıklamaktadır (Ockwell, 2008, s. 4601).

Biyofiziksel sınırların varlığı konusunda, termodinamik yasalarının hesaba katılmasını savunan ekolojik iktisatçılar, doğal kaynakların aşırı tüketimi ve bununla birlikte oluşan çevre sorunları nedeni ile ekonomide sorunlar yaşanacağını ileri sürmektedirler. Bu bağlamda, kütle denge ilkesi olarak bilinen termodinamiğin ilk yasasına göre, enerji miktarı değiştirilemez, yok edilemez veya olmayan bir enerji kaynağı yoktan var edilemez. Ancak veri teknoloji ile çeşitli işlemlerden geçirilerek bir enerji türünden bir başka enerji türüne dönüştürülebilir. Bu yasaya göre dünyada tek enerji kaynağı güneştir ve bu kaynak, ya doğrudan ya da fosil kaynakların içine işlenmiş olarak dolaylı yünden kullanılabilir. Buna göre yarı kapalı ekosistemde kullanılan tek enerji kaynağı olan güneşin dolaylı yünden üretim sürecinde kullanılması, çevresel sorunlara neden olabilecektir. Veri teknoloji neticesinde tekrar kullanılmayan atıklar, maliyetlerin yükselmesine neden olarak; ekonominin olumsuz bir şekilde etkilenmesine ve insan yaşamının ilerlemesinin tehlikeye girmesine neden olabilir. Dolayısı ile böyle bir durumda doğal kaynaklar ve insan yapımı sermaye birbiri yerine ikame edilemez (Ockwell, 2008, s. 4601).

Rees, entropi yasası olarak bilinen termodinamiğin ikinci yasasını, kapalı ve izole edilebilen sistemlerde, kullanılabilir enerjinin, sürekli ve geri dönülemez bir biçimde kullanılamaz duruma dönüştüğünü ifade etmektedir (Yapraklı, 2013, s. 87). Aynı zamanda bir maddenin bir başka maddeye dönüştürülmesi için ilave bir enerjiye ihtiyaç duyulduğunu ve üretim süreci içerisinde enerjinin diğer faktörlerle ikame edilmesi konusunda kısıtların olduğunu ifade etmektedir. Buna göre insan yapımı sermaye ürününü artırmak için daha fazla enerji ve emeğe ihtiyaç duyulacaktır. Buda enerji tüketiminin artmasına neden olacaktır. Dolayısı ile neoklasiklerin ihmal edilebilir olarak ele aldıkları enerji, ekolojik iktisatçılar için ekonomik üretimi gerçekleştiren temel unsurdur (Ockwell, 2008, s. 4601).

Ekolojik ekonomi temel olarak üç mesele üzerine odaklanmaktadır. Bunlar, kaynakların bölüşümü, gelir dağılımı ve özellikle ekosisteme göre ekonominin ölçeğidir. Buna göre kaynaklar iyi bir şekilde tahsis edilmeli, iyi-adil gelir ve servet dağılımı olmalı ve üretim süreci ekolojik olarak sürdürülebilir olmalıdır (Daly, 2007, s. 85). Bu ifade doğrultusunda ekolojik iktisadın özü, şimdi ve gelecekte

sürdürülebilir kalkınma ile, ekonominin daha geniş olan küresel ekosistemin bir alt sistemi olduğu görüşüyle ve son olarak fiziksel göstergelerin (materyal, enerji vb.) kullanımına ve kapsamlı sistem analizine dayalı metodolojik bir yaklaşım ile iniltilidir (Bergh, 2000, s. 14).

Doğal kaynaklar ve çevre ile ekonomi arasındaki ilişkiler, ekolojik iktisat teorisinde; politik, ekonomik, sosyal, kültürel bir çok alanda incelenmiş ve incelendiği alana göre birçok farklı yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlardan bir tanesi N. Georgescu-Roegen'in termodinamik yasaları ile iktisadi büyümeyi ilişkilendiren, biyofiziksel üretim teorisidir. Roegen, ekonomi ve doğal ekosistemleri, madde ve enerjinin sürekli dönüşümüyle tanımlamaktadır. Enerji ve materyal akışının detaylı analizi ile enerjinin ekonomik sürece, fiziki sınırlar getirdiğini savunmuştur. Bu nedenle termodinamik yasaları, fiziksel yasaların en ekonomiyi olarak ifade etmektedir (Hussen, 2004, s. 251).

Biyofiziksel teoride, ekonomi sürecinin; kullanılabilir enerjiyi kullanılamaz enerjiye dönüştürdüğü ve bu süreç içerisinde sürekli olarak atık ürettiği ve bu nedenle ekonomik büyümenin fiziki olarak sınırlandırıldığı savunulmuştur. Biyofiziksel üretim teorisinde enerji, temel üretim faktörü olarak kabul edilmektedir. Enerjinin temel üretim faktörü olarak kabul edilmesi; enerjinin nihai malların üretiminde doğrudan kullanılması, emeğin yerine ikame edilebilmesi, ve sermaye ile emeğin enerji olmadan üretim sürecini gerçekleştirememeleri gibi etkiler gösterilebilir (Yapraklı, 2013, s. 89).

Biyofiziksel yaklaşımı savunanlar, ekonomik büyüme için sınırların varlığını, enerji kaynaklarının bitmesi ile olabileceğini, neoklasiklerin savunduğu daha kaliteli enerji kaynaklarına ulaşmak için teknolojinin yeterli olacağı savının, sanılanın aksine sınırlı olduğunu ileri sürdüler. Bu nedenle enerji etkin teknolojiler üretmek yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını korumaya ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaya yönelik çalışmalar yapılmasının, hem ekosistem hem de sürdürülebilir ekonomik büyüme açısından daha önemli olduğunu savunmaktadırlar (Ockwell, 2008, s. 4602).



Öte yandan biyofiziksel üretim teorisinin; enerjiye gerekenden fazla önem vererek bir mal veya hizmet üretiminde enerjiyi tek üretim unsuru olarak görmesi, enerjinin diğer üretim faktörleriyle, belirli durumlarda olan ikame ilişkisini tamamen yok sayması, neoklasiklerin aksine teknolojik gelişmeleri önemsememesi ve enerji kaynaklarını niteliklerine göre tasnif etmemesi gibi nedenlerle eleştirilmektedir (Yapraklı, 2013, s. 91).

Sonuç olarak 1970’li yıllardan itibaren enerji ve büyüme arasındaki ilişki üzerine yapılan çalışmalar, büyümeyi teknolojik gelişmeler üzerine odaklayan ve doğal kaynaklar olmasa da büyümenin sürdürülebileceğine inanan neoklasiklerle, iktisadi büyümeyi sağlayan temel faktörün, enerji olduğunu ileri süren ekolojik iktisatçıların görüşleri doğrultusunda devam etmektedir (Yapraklı, 2013, s. 92).

## **2.4. ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜMEYE İLİŞKİN LİTERATÜR TARAMASI**

1970’li yıllarda yaşanan iki büyük petrol krizi neticesinde, enerjinin büyüme üzerinde önemli bir faktör ve ekonomik kalkınma için kiilit rol üstlenen girdilerden bir tanesi olduğu anlaşılmıştır. Bu tarihlerden sonraki dönemlerde ise; bu iki değişken arasındaki ilişki bir çok çalışmaya konu olmuştur (Eren, Polat, & Aydın, 2016, s. 277). Farklı ülke ve ülke grupları için bir çok farklı analiz tekniği kullanılarak yapılan çalışmalar; ülkelerin siyasi, sosyal ve ekonomik politikalar üretmesi ve uygulanan enerji politikalarının ekonomik etkilerini görebilmesi açısından önemli hale gelmiştir. Bu durum değişkenler arasında yapılan analizlerin sayısını artırmıştır. Yapılan çalışmaların sayısının bir hayli fazla olmasına rağmen genellikle yapılan çalışmalar ilişkinin yönü üzerine yoğunlaşmış ancak bir fikir birliğine varılamamıştır. Çalışmalardaki bu farklılıklar kullanılan analiz yöntemi, incelenen ülke ve dönem farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Yapraklı, 2013, s. 139).

Oztürk, (2010) yılında yaptığı enerji ve büyüme üzerine literatür çalışmasında enerji ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin, dört test edilebilir hipoteze dayandığını belirtmiştir. Bunlar; büyüme hipotezi, saklama hipotezi,

tarafsızlık hipotezi ve geri besleme hipotezidir (Apergis & Payne, 2012, s. 734).

- Büyüme hipotezi; enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğu hipotezdir. Bu hipotezde enerji tüketimi doğrudan büyümeyi etkilemekte ve/veya emek ve sermaye üzerinden tamamlayıcı bir rol oynamaktadır.
- Saklama (korumacılık) hipotezi; ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru bir nedensellik ilişkisinin olduğu hipotezdir. Bu durumda enerji tasarrufu politikaları büyümeyi etkileyecektir.
- Tarafsızlık (yansızlık) hipotezi; değişkenler arasında bir nedensellik ilişkisinin olmadığı durumları ifade etmektedir. Bu durumda enerji tüketimindeki bir tasarruf veya artış büyümeyi etkilemeyecektir.
- Geri besleme hipotezi; enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü, birbirine bağlı bir ilişkinin varlığını ifade eden hipotezdir. Bu durumda enerji tüketimindeki bir değişim büyümeyi etkilerken, büyümedeki bir değişim ise enerji tüketimini etkilemektedir.

Burada açıklanmaya çalışılan dört hipotez, yapılan ampirik çalışmalar neticesinde geliştirilmiştir. İktisadi büyüme literatüründe bu dört hipotez türüne de uygun olarak sonuçlar mevcuttur. Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın konusuna uygun olarak geçmiş çalışmalar belirli bir sistem içerisinde incelenmeye çalışılmıştır. Öncelikle kronolojik sıraya uygun olarak ele alınarak, sonrasında ülke ve ülke gruplarına göre yapılan çalışmalar sınıflandırılmaktadır.

### 2.4.1. Tek Ülke İçin Yapılan Çalışmalarda Enerji ve Büyüme İlişkisi

Enerji tüketimi ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen ilk çalışma Kraft ve Kraft (1978) tarafından yapılan öncü çalışmadır. Kraft ve Kraft, 1978 yılında yaptıkları çalışmada, 1947-1974 dönemleri arası ABD'nin büyüme ve enerji ilişkisini Sims testi ile incelemiş ve GSYH'dan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulmuştur. Bu çalışmanın ardından bu iki değişken arasındaki ilişki büyüme yazınında incelenen popüler bir konu haline gelmiştir.

Enerji ve büyüme arasındaki ilişki, tek ülke için yapılan nedensellik analizleri; incelemeye konu olan ülkenin alacağı politikalar hususunda belirleyici olmaktadır. Tablo 2.1'de toplam enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişki için, bu çalışmadan önce yapılan tek ülkeli çalışmalara ait sonuçlar verilmektedir. Bu çalışmalarda en dikkat çekici husus ise; elde edilen bulguların sonuçlarında genel itibari ile bir ilişki olduğu, ancak ilişkinin yönü hakkında fikir birliğinin olmamasıdır. Bu durumu Oh ve Lee (2004) yaptıkları çalışmada, enerji ve büyüme ilişkisine yönelik yapılan çalışmaların, birbirine yakınsamasını beklerken ıraksadığını şeklinde açıklamaktadırlar.

**Tablo 2.1:** Enerji ve Büyüme İlişkisine Yönelik Tek Ülke İçin Yapılan Çalışmalar

Araştırmanın Yazarı/Yılı	İncelemeye Konu Ülke	İncelenen Dönem	Analiz Yöntemi	Analiz Sonucu
Kraft & Kraft, 1978	ABD	1947-1974	Sims NT	Saklama H.
Akarca & Long, 1980	ABD	1947-1972	Sims NT	Yansızlık H.
Hamilton, 1983	ABD	1948-1972	Granger NT	Büyüme H.
Yu & Hwang, 1984	ABD	1947-1979	Sims NT	Yansızlık H.
Erol & Yu, 1987	ABD	1973-1984	Sims NT	Yansızlık H.
Hwang & Gum, 1991	Tayvan	1961-1990	Granger NT	Geri B. H.
Stern, 1993	ABD	1947-1990	Granger NT	Büyüme H.
Cheng, 1998	Japonya	1952-1995	Granger NT	Saklama H.
Yang, 2000	Tayvan	1954-1997	Granger NT	Geri B. H.
Stern, 2000	ABD	1948-1994	VECM	Büyüme H.
Sari & vd., 2001)	Türkiye	1960-1995	VECM	Büyüme H.
Oh & Lee, 2004	Kore	1981-2000	VECM	Saklama H.
Ghali & El Sakka, 2004	Kanada	1961-1997	VECM	Geri B. H.
Altınay & Karagol, 2004	Türkiye	1950-2000	Granger NT	Yansızlık H.
Wolde-Rufael, 2005	Şangay	1952-1999	TY NT	Büyüme H.

**Tablo 2.1:** Tek Ülke İçin Yapılan Çalışmalar (Devamı)

Şengül & Tuncer, 2006	Türkiye	1960-2000	TY NT	Büyüme H.
Ang, 2007	Fransa	1960-2000	VECM	Büyüme H.
Omotor, 2008	Nijerya	1970-2005	Granger NT	Geri B. H.
Olesegun, 2008	Nijerya	1970-2005	TY NT	Büyüme H.
Hou, 2009	Çin	1953-2006	Granger NT	Geri B. H.
Payne, 2009	ABD	1949-2006	TY NT	Yansızlık H.
Zhang & Cheng, 2009	Çin	1960-2007	TY NT	Saklama H.
Bowden & Payne, 2010	ABD	1949-2006	TY NT	Büyüme H.
Özata, 2010	Türkiye	1970-2008	Granger NT	Saklama H.
Akan & vd., 2010	Türkiye	1970-2007	Granger NT	Geri B. H.
Tsani, 2010	Yunanistan	1960-2006	TY NT	Büyüme H.
Amirat & Bouri, 2010	Cezayir	1980-2007	Granger NT	Büyüme H.
Kaplan & vd., 2011)	Türkiye	1971-2006	Granger NT	Geri B. H.
Gross, 2012	ABD	1970-2007	VECM	Geri B. H.
Uzunöz & Akçay, 2012	Türkiye	1970-2010	Granger NT	Saklama H.
(Uzun, & vd., 2013)	Türkiye	1980-2010	VECM	Saklama H.
Akpolat & Altıntaş, 2013	Türkiye	1960-2009	Granger NT	Geri B. H.
Sancar & Polat, 2015	Türkiye	1984-2011	Granger NT	Büyüme H.
Savaş & Durğun, 2016	Türkiye	1984-2011	Granger NT	Büyüme H.
Korkmaz & Güngör, 2016	Türkiye	1970-2014	Granger NT	Büyüme H.

#### 2.4.2. Ülke Grupları İçin Yapılan Çalışmalarda Enerji ve Büyüme İlişkisi

Yapılan analizlerde, tek ülkeli modeller kurulabildiği gibi birden çok ülke veya ülke grupları içinde analiz yapılmaktadır. Bu durum küreselleşen dünya düzeninde enerji ile büyüme ilişkisinin yönünü tespit etmek açısından önemlidir. Tablo 2.2’de ülke grupları ile ilgili yapılan çalışmalar kronolojik sıraya uygun olarak verilmektedir.

**Tablo 2.2:** Enerji ve Büyüme İlişkisi Ülke Grupları İçin Yapılan Çalışmalar

<b>Araştırmanın Yazarı/Yılı</b>	<b>İncelemeye Konu Ülke Grubu</b>	<b>İncelenen Dönem</b>	<b>Analiz Yöntemi</b>	<b>Analiz Sonucu</b>
Yu & Choi, 1985	5 Ülke	1950-1976	Sims NT, Granger NT	Yansızlık H. (ABD, UK, Polonya), Büyüme H.(Flipinler), Saklama H. (Kore)
Erol & Yu, 1987a	6 Sanayileşmiş Ülke	1952-1982	Sims NT, Granger NT	Saklama H. (Japonya, İtalya, Almanya), Büyüme H. (Kanada), Yansızlık H. (Fransa, UK)
Ebohon, 1996	Tanzanya ve Nijerya	1960-1984 1960-1981	Granger NT	Gerilim H.
Masih & Masih, 1997	G. Kore ve Tayvan	1955-1991 1952-1992	VECM	Gerilim H. (Kore), Büyüme H. (Tayvan)
Masih & Masih, 1998	Sri Lanka ve Tayland	1955-1991	VECM	Büyüme H.
Soytas & Sari, 2003	G-7 Ülkeleri	1950-1992	VECM	Gerilim H. (Arjantin), Saklama H. (İtalya, Kore), Büyüme H. (Türkiye,Almanya, Japonya, Fransa)
Soytas & Sari, 2006	G-7 Ülkeleri	1960-2004	VECM	Gerilim H. (UK, İtalya, Kanada, Japonya), Büyüme H. (ABD, Fransa), Saklama H. Almanya)
Mehrara, 2007	İran, Kuveyt, Suudi Arabistan	1971-2002	TY NT	Büyüme H.
Sari & Soytaş, 2007	Tunus, Pakistan, Endonezya, Singapur, Malezya, İran	1971-2002 (ilk 5 ülke) 1974-2002 (İran)	Etki Tepki Analizi	Büyüme H.
Böhm, 2007	15 Büyük Enerji Tüketen Ülke	1978-2005	ECM Testi	Büyüme H. (Çin, AB), Gerilim H. (Brezilya, Meksika, ABD, eski SSCB)
Narayan & Smyth, 2008	G-7 Ülkeleri	1972-2002	Panel Granger NT	Büyüme H.

**Tablo2.2: Enerji ve Büyüme İlişkisi Ülke Grupları İçin Yapılan Çalışmalar(Devamı)**

Salim & vd., 2008	GO 6 Ülke (OECD üyesi olmayan)	1980-2005	VECM	Geri B. H. (Malezya), Saklama H. (Çin, Tayland), Büyüme H. (Hindistan, Pakistan), Yansızlık H. (Bangladeş)
Lee & vd., 2008	OECD Ülkeleri (22)	1960-2001	Panel VECM	Geri B. H.
Huang vd.-2008	82 Ülke	1972-2002	Doğrusal olmayan Eşik Regresyon Modeli	Saklama H. (Düşük Orta, Yüksek Orta, Yüksek Gelirli Ülkeler), Yansızlık H.(Düşük Gelirli Ülkeler
Nondo & Kahsai, 2009	19 Afrika Ülkesi	1980-2005	Panel ECM Testi	Büyüme H.
Apergis & Payne, 2009	O. Amerika	1980-2004	Panel ECM Testi	Büyüme H.
Belke & vd., 2010	OECD Ülkeleri (25)	1981-2007	Panel Granger NT	Geri B. H.
Ozturk & Acaravci, 2010	Arnavutluk, Bulgaristan, Romanya, Macaristan	1980-2006	VECM	Geri B. H. (Macaristan)
Ozturk & vd., 2010	Düşük, Orta, Yüksek Gelirli Ülkeler (51)	1971-2005	Panel NT, Panel FMOLS ve DOLS	Fmols ve Dols: Güçlü bir ilişki yok Panel NT: Saklama H. (Düşük Gelirli) Geri B. H. (Orta Gelirli)
Costantini & Martini, 2010	OECD Ülkeleri (26), OECD üyesi olmayan ülkeler (45)	1960-2005	Panel VECM	Sanayi ve Ulaşım Sektörleri: Büyüme H. (kısır dönem), Geri B. H. (uzun dönem), Konut Sektörü: Yansızlık H.
Apergis & Payne, 2010	G. Amerika	1980-2005	Panel NT	Büyüme H.

### 3. BÖLÜM

## BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki 1970’li yıllardan beri gerek zaman serileriyle tek ülkeli, gerekse panel veri analizleri ile çok ülkeli olarak incelenmektedir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi ele alan literatür değerlendirildiğinde, son dönemde yapılan çalışmalarda, geleneksel ekonometrik yöntemlerden ziyade, ileri düzeyde ekonometrik analizlerin tercih edildiği görülmektedir. Enerji tüketiminin büyüme üzerindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada ulusal ve uluslararası literatürden yola çıkılarak, yapısal kırılma modelleri ve değişkenler arasındaki dinamik ilişkinin incelendiği çalışmaların yok denecek kadar az yapıldığı görülüp, çalışmanın bu yönde literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda çalışmanın bu bölümünde, analize dâhil edilecek makroekonomik değişkenlerin belirlenmesi ve tanımlanması yapılmakta, daha sonra uygulamada kullanılan yöntemlerin metodolojisi açıklanarak, ardından bu yöntemlerin uygulanması sonucunda elde edilen ampirik bulgular ve bu bulguların yorumları verilmektedir.

### 3.1. VERİ SETİ YÖNTEM METODOLOJİ

Çalışmada kullanılan makroekonomik değişkenler için Türkiye ekonomisine ait 1970-2016 yılları arasındaki yıllık veriler kullanılmıştır. Uygulamada modele dâhil edilecek verilerin seçiminde ya da modelin doğru fonksiyonunun belirlenmesi hususunda arka planda iktisadi kuramların bulunması gerekmektedir. Ancak bu her zaman mümkün olmayabilir. Böyle bir durumda araştırmacı en uygun model için literatürdeki, istatistiki ve ekonometrik yöntemlerden veya gözlem yoluyla modeli belirlemek durumunda kalabilir (Gujarati & Porter, 2012, s. 67).

Çalışmada, teorik açıklamalardan yararlanılarak, 1970-2016 dönemi arası ekonomik büyümeyi açıklarken; yıllık birincil enerji kullanımı ve gayrisafî sabit sermaye oluşumu serileri kullanılmıştır. Modelleri oluşturabilmek için Gauss 9, Rats 8 ve Eviews 9 paket programlarından yararlanılmıştır.

Çalışma dönemi için kullanılan verilerde, ekonomik büyümeyi temsil eden GSYH ve GFI verileri Dünya Bankası'ndan (World Development Indicators) ABD doları cinsinden temin edilerek kullanılmıştır. Birincil enerji tüketimi değişkeni ise Enerji İşleri Genel Müdürlüğü veri tabanından bin ton petrol eşdeğeri olarak elde edilmiştir. Enerji tüketimini temsilen birincil enerji kaynaklarının kullanılma nedeni ise artan enerji talebinin, büyük ölçüde birincil enerji kaynaklarından karşılanmasındandır. Bununla birlikte, nominal serilerin reel seriler haline getirilmesi için GSYH deflatörü (2005 = 100) kullanılmıştır. Birincil enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analiz edildiği ekonometrik modelde kullanılacak seriler ve bu serilerin tanımlayıcı istatistikleri ile korelasyon ilişkisi tablo 3.1'de verilmektedir.

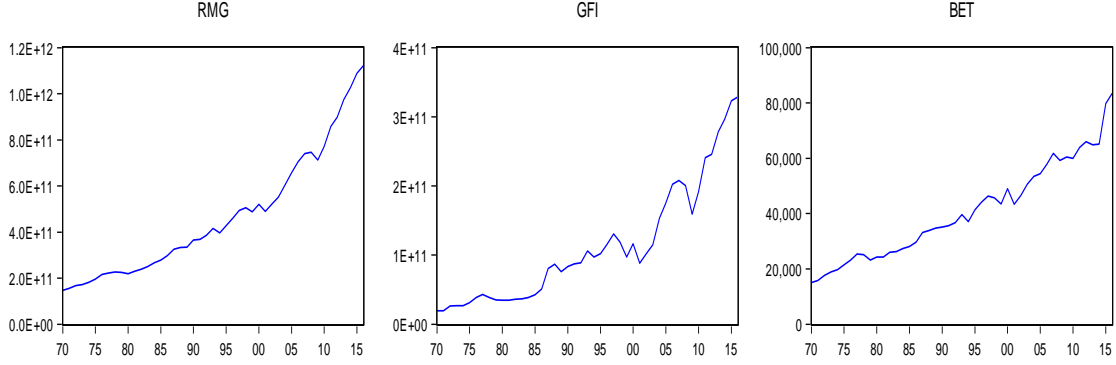
**Tablo 3.1:** Değişkenlerin Tanıtılması, Tanımlayıcı İstatistikleri ve Korelasyon İlişkisi

<b>Değişkenler</b>	<b>Tanımlamalar</b>		
<b>RMG</b>	Reel Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla (\$)		
<b>RGFI</b>	Reel Gayrisafi Sabit Sermaye Birikimi (\$)		
<b>BET</b>	Birincil Enerji Tüketimi (Bin tep)		
	<b>RMG</b>	<b>RGFI</b>	<b>BET</b>
<b>Ortalama</b>	4.68E+11	1.12E+11	40824.32
<b>Medyan</b>	3.97E+11	8.89E+10	37043.34
<b>Standart Sapma</b>	2.70E+11	8.57E+10	17462.49
<b>Çarpıklık</b>	0.865786	1.031528	0.503925
<b>Basıklık</b>	2.782816	3.142463	2.410346
<b>Gözlem</b>	47	47	47
<b>Jarque-Bera</b>	0.0506	0.0151	0.2631
<b>Korelasyon</b>	<b>RMG</b>	<b>RGFI</b>	<b>BET</b>
<b>RMG</b>	1.000.000		
<b>RGFI</b>	0.990415	1.000.000	
<b>BET</b>	0.98293	0.966547	1.000.000

Analiz edilen dönem aralığında, reel gayrisafi sabit sermaye birikimi serisi hariç diğer serilerin normal dağılıma sahip olduğu söylenebilir. Hem reel gayrisafi yurtiçi hâsıla hem de birincil enerji tüketimi serisinde ortalama ve medyan değerlerinin birbirine nispeten yakın olduğu göze çarpmaktadır. Çarpıklık ve basıklık değerleri incelendiğinde ise her üç serisinde dağılımının sola çarpık ve sivri yapıda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, serilerin asimetrik dağıldığını ve ortalama etrafında aşırı yoğunlaştığını ifade etmektedir. Bununla beraber, Jarque-Bera değerleri, RMG ve BET serilerinin normal dağılıma sahip olduğunu; RGFI serisinin ise normal dağılmadığını göstermektedir.



**Şekil 3.1:** Makroekonomik Değişkenlerinin Yıllar İtibariyle Seyri



Analiz dönemi olan 1970-2016 tarihleri arasında ele alınan makroekonomik değişkenlerin zaman serisi incelendiğinde ise serilerin, konjonktürel dalgalanma altında artış yönünde bir trende sahip olduğu göze çarpmaktadır. Bu açıdan, incelenen bütün serilerin hem kesişime hem de trende sahip olduğu kanısına varılmaktadır.

Korelasyon analizinde, iki ya da daha fazla örneklem arasındaki etkileşimin seviyesine bir katsayı yardımıyla bakılmakta ve bu katsayıya korelasyon katsayısı denilmektedir.

Regresyonla yakından ilişkili olan korelasyon analizinin yapılmasındaki amaç ise rassallık varsayımı altında iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü ya da derecesini ölçmektir (Gujarati & Porter, 2012, s. 21).

Korelasyon katsayısının değerleri, -1 ile +1 arasında değişmektedir. Korelasyon katsayısı -1 ise, örneklem içindeki değişkenlerin arasında ters yönlü (negatif) ve tam bir ilişki söz konusudur. Benzer durumda korelasyon katsayısı +1 ise; örneklem içindeki değişkenlerin arasında aynı yönlü (pozitif), tam ve kuvvetli bir ilişki söz konusu olduğu söylenebilir. Eğer korelasyon katsayısı 0 olursa bu durumda değişkenler arasında herhangi bir etkileşimin olmadığı durum söz konusu olmaktadır. Çalışmada, literatürde en çok kullanılan yöntemlerden biri olan Pearson korelasyon katsayısı tercih edilmiş, katsayı değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1’e göre gayrisafi sabit sermaye oluşumu ve birincil enerji kullanımının, RGSYH ile pozitif yönlü kuvvetli bir ilişkisi olduğu görülmektedir.

## 3.2. GECİKME SAYISININ BELİRLENMESİ

Gecikmenin belirlenmesi uygulamada kullanılacak testler için çok önemlidir. Bunun sebebi, çalışmada kullanılacak testlerin gücünün gecikme sayısına duyarlı olmasıdır. Maksimum gecikme uzunluğunu belirleyebilmek için literatürde farklı yöntemler tercih edilmekle birlikte, en çok kullanılan yöntemler " $\sqrt[3]{T}$ " formülizasyonu ve Schwert (1989) tarafından literatüre kazandırılan " $12 \times \left(\frac{T}{100}\right)^{1/4}$ " formülasyondur.

Çalışmada, Schwert tarafından öne sürülen formülasyon kullanılmakta olup; otokorelasyon ve değişen varyans sorununun olmadığı en uygun gecikme sayısı, tümünden gelim yoluyla, maksimum gecikme uzunluğunun birer birer azaltılmasıyla bulunacaktır<sup>6</sup>.

## 3.3. BİRİM KÖK TESTLERİ

Zaman serisi ile yapılan çalışmalarda sahte regresyon sorunu ortaya çıkabildiğinden, bu verilerle yapılan analizlerin, istatistikî sonuçlarının doğru yorumlanması ve uzun dönemli ilişkilerin analizinde serilerin durağanlığının araştırılması önemli bir husustur. Bu bağlamda bir serideki değişkenin, incelenen dönemi nasıl etkilediğini tespit edebilmek için onun bir önceki dönem değerine bakılması zorunluluk arz etmektedir. Diğer bir ifadeyle serinin her dönemde aldığı değer, kendinden bir önceki dönem değerleriyle regresyonunun bulunması gerekmektedir ki, bu da birim kök analizi veya literatürdeki bir diğer tanımlamasıyla, durağanlık sınamalarıyla araştırılır. Bir serinin birim köke sahip olması; serinin durağan olup olmadığı şeklinde ifade edilmektedir (Tarı, 2012, s. 393). Bu sınamada şöyle bir modelin olduğunu varsayılırsa:

$$Y_t = \beta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.1)$$

Fonksiyonda kullanılan t terimi şu anki dönemi ifade ederken, t-1, Y serisinin geçmiş dönemini ifade etmektedir. Klasik yaklaşımı takip eden stokastik hata terimini  $u_t$ , sıfır ortalama  $E(\varepsilon_t) = 0$ ; sabit varyans,  $\text{var}(\varepsilon_t) = \sigma^2$  ve ardışık bağımlı

<sup>6</sup> Maximum gecikme uzunluğu 10, tümünden gelim yöntemi ile optimal gecikme uzunluğu 6 olarak bulunmuştur.

olmama koşulları altında “beyaz gürültülü hata terimi” olarak adlandırılmaktadır. Yukarıdaki model birinci dereceden otoregresif ve AR(1) modeli olarak tanımlanmaktadır.  $Y_{t-1}$ 'in katsayısı 1'e eşit ise, birim kök problemi veya durağan olmayan bir durumun varlığından bahsedilebilir.

Eşitlik 3.1'de istatistiki olarak  $p=1$  denkliği bulunursa,  $Y_t$  değişkeninin birim kök içerdiği söylenir. Teorik çerçevede birim köke sahip olan zaman serileri “rassal yürüyüş” içeren zaman serileri olarak tanımlanmakta ve bu durum serinin durağan olmadığını ifade etmektedir (Gujarati & Porter, 2012, s. 718). Durağanlığı sağlamak için ise serinin farkı alınır.

$$\Delta Y_t = (1 - \beta)Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

Burada  $\delta=(p-1)$  ile  $\Delta$  simgesi birinci fark işlemcisidir ve  $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ 'dir. Bu kez boş hipotez  $\delta=0$  şeklindedir.  $\delta =0$  olduğunda yukarıdaki eşitliği aşağıdaki şekilde yazmak mümkündür:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = \varepsilon_t \quad (3.4)$$

Eşitlik 3.4'te  $\varepsilon_t$ 'nin tamamen tesadüfi olmasından dolayı tesadüfi (rassal) yürüyüş zaman serilerinin birinci farklarda durağan bir zaman serisi olduğunu göstermektedir. Dolayısı ile seviye değerlerinde durağanlık gerçekleşmiş ise serinin  $I(0)$ , farklarda durağanlık gerçekleşmişse, bu kez de serinin  $I(1)$  olduğu ifade edilir (Charemza & Deadman, 1993, s. 51-52). Birinci ya da daha yüksek derecede bütünleşik bir zaman serisinin olması, durağan olmayan bir zaman serisinin varlığını göstermektedir (Gujarati & Porter, 2012, s. 720).

İktisadi manada bir serinin durağan olması ise serinin geçmiş dönemdeki değerlerinden ne kadar etkilendiğinin belirlenmesi anlamına gelmektedir. Yani, seriye gelen herhangi bir şokun etkisinin durumu hakkında bilgi verir. Buna göre, şokun etkisinin gelecek dönemlerde de devam edip etmeyeceğini göstermektedir.

Makro iktisadi zaman serilerinin, stokastik bir trend ya da birim kök içerdiği düşünülmektedir. Şayet seriler durağan değil ise, yaşanan bir şokun etkisinin devam

ettiği ifade edilmektedir. Çünkü durağan olan zaman serileri, herhangi bir şoktan sonra ortalamasına geri dönmektedir. Buna karşın, aralarında eş-bütünleşme bulunan zaman serileri uzun dönemde dahi şok öncesi seviyelerine geri dönmeyebilmektedir (Yücel & Guo, 1994, s. 36).

Ayrıca serilerin yapısal durumları, birim kök testlerinin güvenilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. Örneğin, yapısal kırılmanın olması durumunda, kurulan modelden yararlanılarak tahmin edilen regresyon doğrusunun, gerçek regresyon doğrusundan farklı olmasına; durağanlık analizi yoluyla yapılan tahminlerin de zayıflamasına ve güvenilirliğini yitirmesine neden olmaktadır (Perron P. , 1989, s. 1361). Bu durumda, serinin sahip olduğu yapısal kırılmalar, geleneksel birim kök testleri ile yapılan durağanlık analizinde birim kökün olmadığını ifade eden; sıfır hipotezinin reddedilmemesine sebep olabilmektedir (Perron & Vogelsang, 1992, s. 303-305).

Bir zaman serisi durağan ise, regresyonların sonuçları sahte olmayacaktır. Bu açıdan serilerin durağanlıklarının analiz edilmesi uygulanacak yöntemler açısından çok önemlidir. Bu bağlamda analize konu olan serilerin durağan olup olmadıklarının belirlenmesinde öncelikle geleneksel birim kök testlerinden yararlanılmakta, ardından Türkiye ekonomisinin yapısal kırılma konusunda hassas olmasından dolayı yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testleri tercih edilmiştir.

**Tablo 3.2: Geleneksel Birim Kök Test Sonuçları**

<b>Philips-Perron (PP) Birim Kök Testi</b>						
	Sabitli		Sabitli ve Trendli		Hiçbiri	
	t-istatistik değeri	Olasılık değeri	t-istatistik değeri	Olasılık değeri	t-istatistik değeri	Olasılık değeri
<b>RMG</b>	6,939	1,000	1,438	1,000	10,054	1,0000
<b>RMG I(1)</b>	-4,629	0,0005	-5,779	0,0001	-3,077	0,0029
<b>RGFI</b>	3,090	1,0000	-0,905	0,946	5,885	1,0000
<b>RGFI I(1)</b>	-5,678	0,000	-6,388	0,000	-5,028	0,000
<b>BET</b>	3,012	1,0000	-1,085	0,92	6,735	1,000
<b>BET I(1)</b>	-7,204	0,000	-7,797	0,000	-5,773	0,000
<b>Augmented Dickey Fuller (ADF) Birim Kök Testi</b>						
	Sabitli		Sabitli ve Trendli		Hiçbiri	
	t-istatistik değeri	Olasılık değeri	t-istatistik değeri	Olasılık değeri	t-istatistik değeri	Olasılık değeri
<b>RMG</b>	3,9425	1,0000	0,7247	0,9995	7,6164	1,0000
<b>RMG I(1)</b>	-4,5562	0,0006	-5,7971	0,0001	-3,1312	0,0024
<b>RGFI</b>	1,4751	0,999	-0,8605	0,9515	3,1234	0,9993
<b>RGFI I(1)</b>	-5,6816	0,000	-6,1043	0,000	-5,0401	0,000
<b>BET</b>	1,2937	0,9983	-1,3271	0,8679	3,6631	0,9999
<b>BET I(1)</b>	-7,1436	0,000	-7,5324	0,000	-5,7269	0,000

Çalışmada, 1970-2016 yılları arasındaki analize konu olan serilerin durağanlık sınamaları, geleneksel birim kök testleri olan PP ve ADF testleri ile incelenmiştir. Her iki testinde sonucuna göre, reel gayrisafi yurtiçi hâsıla, reel gayrisafi sermaye birikimi ve birincil enerji tüketimi serilerinin düzey durumunda birim köke sahip olduğu; birinci farklarının ise durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yapısal kırılmaların dikkate alındığı birim kök testlerinde ise, tek kırılmaya izin veren Zivot-Andrews birim kök testi ile iki kırılmaya izin veren Lumsdaine-Papell ve Lee-Strazicich birim kök testleri kullanılmıştır. Türkiye ekonomisi iktisadi teoriler çerçevesinde düşünülecek olursa; iki kırılmalı birim kök testlerinin kullanılmasının durağanlık analizi açısından daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

### 3.3.1. Zivot- Andrews Birim Kök Testi

Zivot-Andrews (ZA) 1992 yılında, yapısal kırılmaların dışsal olarak ele alındığı Perron testinin aksine kırılmaların içsel olarak tahmin edilmesine olanak sağlayan ZA birim kök testini geliştirmiştir.

ZA birim kök testi, tek kırılmaya izin veren üç ayrı model çerçevesinde incelenmektedir. Birinci model (Model A) düzeyde tek kırılmaya, ikinci model (Model B) eğimde tek kırılmaya ve üçüncü model (Model C) ise hem eğimde hem de düzeyde tek kırılmaya izin veren modellerdir (Zivot & Andrews, 1992, s. 254).

$$Model A: Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \theta_1 D(\lambda) + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.5)$$

$$Model B: Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \theta_2 DT(\lambda) + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.6)$$

$$Model C: Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \theta_1 D(\lambda) + \theta_2 DT(\lambda) + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.7)$$

Modellerde yer alan kukla değişkenler, D ve DT olmak üzere, sırasıyla düzeyde ve eğimde kırılmayı ifade etmektedirler. Zivot-Andrews birim kök testinde D ve DT kukla değişkenlerinin anlamlılığına göre uygun model seçimi yapılmaktadır. Her iki kukla değişkenin parametresi anlamlı ise düzeyde ve eğimde

tek kırılmaya izin veren Model C; gölge değişkenlerden sadece DT anlamlı ise Model B ve son olarak sadece D kukla değişkeni istatistiksel olarak anlamlı ise Model A'nın uygun olduğu sonucuna varılmaktadır. ZA birim kök testinde kullanılan bu üç modelden hangisinin daha üstün olduğu konusunda bir anlaşma yoktur ancak literatürde genellikle Model A ve Model C kullanılmaktadır (Yavuz, 2006, s. 166-167).

**Tablo 3.3: Zivot-Andrews Birim Kök Testi Sonuçları**

Zivot-Andrews Birim Kök Testi (ZA)						
	Sabit (Model A)		Trend (Model B)		Sabit ve Trend (Model C)	
	t-istatistik	Kırılma Tarihleri	t-istatistik	Kırılma Tarihleri	t-istatistik	Kırılma Tarihleri
<b>RMG</b>	-2,1317	2009	-2,9111	2001	-3,0873	2000
<b>RGFI</b>	-3,1160	2010	-3,4720	2002	-3,7528	1998
<b>BET</b>	-2,2864	2010	-3,5000	2010	-3,5409	2010
ZA Birim Kök Testi Uygun Model Seçimi						
	t-istatistik	Olasılık	t-istatistik	Olasılık	t-istatistik	Olasılık
<b>D(RMG)</b>	4,0525	0,0002	-	-	-1,7072	0,0953
<b>DT(RMG)</b>	-	-	3,5992	0,0008	3,7090	0,0006
<b>D(RGFI)</b>	3,6238	0,0007	-	-	-2,4848	0,0171
<b>DT(RGFI)</b>	-	-	3,5933	0,0008	3,9774	0,0002
<b>D(BET)</b>	2,5716	0,0137	-	-	-0,7939	0,4317
<b>DT(BET)</b>	-	-	4,1508	0,0001	3,1179	0,0033

ZA testi Model A'ya göre, makroekonomik değişkenleri; 2009 (RMG) ve 2010 (RGFI, BET) tarihlerinde kırılmaya uğramışlardır. Model B' ye göre 2001(RMG), 2002(GFI) ve 2010(BET) tarihlerinde yapısal kırılmaya maruz kalmışlardır. Son olarak, Model C'ye göre ise; 2000 (RMG), 1998 (RGFI) ve 2010 (BET) tarihleri kırılmaya uğramış yıllardır.

Tablo 3.3'e göre reel milli gelir serisi ve birincil enerji tüketimi serileri için Model A, gayrisafi sabit sermaye birikimi serisi için Model C uygun model olarak bulunmuştur. Zivot-Andrews yapısal kırılmalı birim kök testine göre, söz konusu makroekonomik değişkenlerin kırılma yılları reel gayrisafi yurtiçi hâsıla için 2009, gayrisafi sabit sermaye birikimi için 1998 ve son olarak birincil enerji tüketimi için 2010 yılları yapısal kırılma tarihleridir.

Uluslararası sermaye hareketlerinin serbest olduğu küresel dünya ölçeğinde son yıllarda yaşanan kriz ve şokların sayısı, etkileri ve sıklığı giderek artmaktadır (Işık, Duman, & Korkmaz, 2004, s. 46). 24 Ocak 1980 kararları neticesinde liberal bir yapıya sahip olan Türkiye ekonomisinde; yabancı sermayenin ülke içerisindeki hareketlerinin serbestleşmesi ile beraber krizlerin de önünün açıldığını söylemek mümkündür (Polat, 2017, s. 306). Dolayısıyla Türkiye ekonomisi için, ZA birim kök testinde çıkan kırılmaların kriz yıllarına ve/veya hemen önceki ya da sonraki yıllara denk gelmesi; test sonuçlarının anlamlı sonuç verdiğini ve bahsedilen dönemlerin Türkiye ekonomisi ile bağdaştığını söylemek mümkündür.

### 3.3.2. Lumsdaine ve Papell Birim Kök Testi

Birden fazla yapısal kırılmaya uğramış ekonomilerde, makro iktisadi serilerin durağanlık analizi için tek kırılmaya izin veren birim kök testlerinden elde edilen sonuçlar hatalı olabilmekte ve bu birim kök testlerinin açıklama gücü azalabilmektedir. Lumsdaine ve Papell (1997), Zivot-Andrews birim kök testini genişleterek; seride iki kırılmaya izin veren bir birim kök testi geliştirdiler. Model AA, Model BB ve Model CC olarak adlandırılan modellerin, matematiksel denklem formları aşağıda verilmiştir. Model AA sadece düzeyde iki kırılmaya, Model BB sadece eğimde iki kırılmaya izin verirken, Model CC hem düzeyde hem de eğimde iki kırılmaya izin vermektedir.

$$\text{Model AA: } Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \theta_1 D_1(\lambda) + \Phi_1 D_2(\lambda) + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.8)$$

$$\text{Model BB: } Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \theta_2 DT_1(\lambda) + \Phi_2 DT_2(\lambda) + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.9)$$

$$\text{Model CC: } Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \theta_1 D_1(\lambda) + \Phi_1 D_2(\lambda) + \theta_2 DT_1(\lambda) + \Phi_2 DT_2(\lambda) + \sum_{i=1}^k \delta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.10)$$

Lumsdaine-Papell testinde, birim kökün varlığını ifade eden temel hipotezin en güçlü reddedildiği model uygun model olarak tercih edilmektedir (Lumsdaine & Papell, 1997, s. 217).

$H_0$ : Yapısal kırılma yok, birim kök var.

$H_1$ : İki yapısal kırılma var, birim kök yok.

**Tablo 3.4:** Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi Sonuçları

Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi (LP)						
	Sabit (Model AA)		Trendli (Model BB)		Sabit ve Trendli (Model CC)	
	t-istatistik	Kırılma Tarihleri	t-istatistik	Kırılma Tarihleri	t-istatistik	Kırılma Tarihleri
<b>RMG</b>	-2,8616	2001-2009	-3,2226	2001-2009	-3,6268	1988-2009
<b>RGFI</b>	-4,5374	2003-2010	-3,9928	2001-2009	-5,9857	2000-2008
<b>BET</b>	-2,8975	1978-2010	-4,0326	1984-2010	-4,4846	1978-2010

**Not:** Lumsdaine-Papell 'in (1997) yılında yayınladıkları makalelerindeki kritik değerler kullanılmıştır. %1 ve %5 olasılık değerleri için kritik değerler sırasıyla Model AA için (-6.7400-6.1600), Model BB için (-7.1900-6.6200) ve Model CC için (-7.1900-6.7500)'dür.

LP testi Model AA'ya göre; ilk kırılma tarihlerini, 1978(BET), 2001(RMG) ve 2003(GFİ) olarak tespit ederken; ikinci kırılma tarihlerinin 2009(RMG) ve 2010(RGFI ve BET) olduğunu göstermektedir. Model BB'ye göre ilk kırılmalar 1984(BET) ve 2001(RMG ve RGFI) tarihlerinde gerçekleşirken; ikinci kırılmalar 2009(RMG ve RGFI) ve 2010(BET) tarihlerinde yaşanmaktadır. Model CC'yi incelediğimizde ise ilk kırılmalar 1978(BET), 1988(RMG) ve 2000(RGFI) tarihlerinde ortaya çıkarken; ikinci kırılmalar 2008(RGFI), 2009(RMG) ve 2010(BET) tarihlerinde yaşanmıştır.

Tablo 3.4 incelendiğinde t istatistik değerlerinin kritik değerlerden büyük olduğu, bundan dolayı da  $H_0$  temel hipotezinin reddedilemediği; serilerin yapısal kırılma olmadan birim kök içerdiği görülmektedir. Bu sonucun ardından daha güvenilir bir test olan Lee Strazicich birim kök testinin yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

### 3.3.3. Lee ve Strazicich Birim Kök Testi

Yapısal kırılmanın birden fazla olması halinde eğer dikkate alınmayan bir yapısal kırılma bulunuyorsa yapılan analizler hatalı sonuçlar üretecek ve gücü düşük olacaktır. Lee ve Strazicich (2003) yılında; hem yapısal kırılmayı içsel olarak belirleyen hem de iki kırılmaya izin veren bir test geliştirdiler. Bu testin hesaplanması için yine tek kırılmalı birim kök testlerinden biri olan; Perron (1989)'daki Model (A) sabitte kırılmaya izin veren, Model (B) eğimde kırılmaya izin veren ve Model (C) sabitte ve trendin eğiminde kırılmaya izin veren, modeller dikkate alınmıştır. LS testi sadece Model (A) ve Model (C) ile çalışmaktadır. Çünkü



Model (B)'nin trendde bir kerelik kırılmaya izin vermesinden dolayı, çalıştırılması çok fazla anlamlı olmamaktadır.

$H_0$ : Yapısal kırılma ile seriler birim kök içerir.

$H_1$ : Yapısal kırılma ile serilerde birim kök yoktur.

Buna göre, Model (A) sabitte, Model (C) hem sabitte hem de eğimde iki kırılmaya izin vermektedir. Modellerin denklemleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\text{Model (A): } y_t = \delta' Z_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t = \beta \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (3.11)$$

$$Z_t = [1, t, D_{1t}, D_{2t}]' \quad 1, t \geq T_{Bj} + 1 \quad j = 1, 2 \text{ için } D_{jt} = 0$$

$$\text{Model (C): } y_t = \delta' Z_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t = \beta \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (3.12)$$

$$Z_t = [1, t, D_{1t}, D_{2t}, DT_{1t}, DT_{2t}]' \quad 1, t \geq T_{Bj} + 1$$

$$j = 1, 2 \text{ için } D_{jt} = 0$$

LS birim kök testinde, LM test istatistiği yardımıyla hesaplanan istatistiklerin minimum olduğu noktalar belirlenmektedir. Hesaplanan değerler Lee ve Strazicich'in (2003) çalışmalarındaki, ilgili tabloda yer alan kritik değerlerle karşılaştırılmaktadır. Buna göre, hesaplanan t istatistiği, tablodaki kritik değerden büyük ise hipotezi ret edilir ve yapısal kırılmalar altında, seride birim kök vardır kararına varılır.

**Tablo 3.5:** Lee-Strazicich Birim Kök Testi Sonuçları

Lee-Strazicich Birim Kök Testi (LS)						
	Sabit (Model A)			Sabit ve Trendli (Model C)		
	t-istatistik	Kritik Değerler	Kırılma Tarihleri	t-istatistik	Kritik Değerler	Kırılma Tarihleri
<b>RMG</b>	-1,6047	-3.56,-3.29 (2)	2004-2010	-4,2395	-6.15,-5.79 (4)	1986-2004
<b>GFI</b>	-2,3989	-3.56,-3.29 (0)	2005-2010	-5,3453	-6.18,-5.82 (2)	1985-1999
<b>BET</b>	-2,6025	-3.56,-3.29 (0)	1993-2010	-5,4133	-5.91,-5.54 (5)	1984-2010

**Not:** Tabloda parantez içinde verilen değerle AIC kriteri tarafından belirlenen gecikme sayılarını ifade etmektedir. Kritik değerler Lee-Strazicich (2003)' ten alınmıştır, sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde ki değerleri göstermektedir<sup>7</sup>

LS testi, sabitli model ile sabit ve trendli model olmak üzere iki model üzerine kurulmaktadır. Buna göre, sabit içeren Model (A)'da ilk kırılma tarihleri 1993(BET), 2004(RMG) ve 2005(RGFI) , ikinci kırılma ise ele alınan makro

<sup>7</sup> Zivot-Andrews ve Lee Strazicich Testlerinin analiz sonuçları Ek-2 ve Ek-3'te verilmiştir.

değişkenler için 2010 tarihini göstermektedir. Model (C)'ye göre; ilk kırılma tarihleri 1984 (BET), 1985 (RGFI) ve 1986 (RMG)'yı gösterirken, ikinci kırılma tarihleri ise; 1999(RGFI), 2004(RMG) ve 2010 (BET) olarak göstermektedir.

Tablo 3.5'e göre her iki modelde, inceleme dönemi içerisinde yer alan bütün seriler için hesaplanan t istatistik değeri hem %5 hem de %10 kritik değerlerinden büyük olduğundan dolayı, iki kırılmalı birim kökün varlığını ifade eden boş hipotez kabul edilmektedir. Bununla beraber, Lee-Strazicich (2003)'e göre Model (C) hem sabitte hem de trendde kırılmaya izin verdiği için Model (A)'ya göre daha üstündür (Tıraşoğlu, 2014, s. 75). Bu nedenle çalışma, Model (C) dikkate alınarak devam edecektir.

Model (C)'ye göre ilgili seriler için yapısal kırılma tarihleri 1984, 1985, 1986, 1999, 2004 ve 2010 yılları olarak bulunmuştur. Bu açıdan değerlendirildiğinde, söz konusu tarihlerde yaşanan şokların etkisinin sonraki dönemlerde de devam ettiği sonucuna ulaşılmaktadır.

### **3.4. EŞ-BÜTÜNLEŞME TESTLERİ**

Literatürdeki uygulamalı çalışmalar, makroekonomik zaman serilerinin büyük bir kısmının durağan olmayan seriler olduğunu göstermektedir. Birim kök içeren bu seriler içerisinde sahte regresyon problemi ile karşılaşıldığından dolayı, yaşanan bu probleme çözüm bulmak adına, literatürde farklı yöntemler önerilmiştir. Çözüm önerilerinden bir tanesi serilerin farklarının alınarak regresyon yapılmasıdır. Fakat bu yöntemin kullanılması yeni problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Uzun dönem dengesi için bilgi kaybına neden olan bu yöntemde; değişkenlerin birincil farkları kullanıldığından dolayı, aralarındaki muhtemel uzun dönemli ilişkiyi tespit etme ihtimali ortadan kalkmaktadır. Bu durum eş-bütünleşme analizlerinin ortaya çıkış noktası olmuştur (Karagöl, Erbaykal, & Ertuğrul, 2007, s. 75) .

Eş-bütünleşme teorisi, serilerin birim köke sahip olmaları durumunda dahi, uzun dönemde ilişkilerinin olabileceğini ifade eden bir teoridir. Serilerin eş-bütünleşik olması ise ortak bir trendin etkisi ile hareket ettiklerini ifade etmektedir. Bu sebepten dolayı, kurulan regresyon sahte bir regresyon olmaktan kurtulmaktadır.

Çalışmada, yapılan birim kök testleri sonucunda serilerin analiz dönemi boyunca yapısal kırılmalara maruz kaldığı görülmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, eş-bütünleşme testlerinden yapısal kırılmayı dikkate almayan ve eş-bütünleşme vektörünün katsayılarının zaman içinde değişmediği varsayımına dayanan Engle-Granger (1987) ve Johansen-Juselius (1990) eş-bütünleşme testleri analize dahil edilmemiştir (Tıraşoğlu & Yıldırım, 2012, s. 114). Çalışmada, tek yapısal kırılmayı dikkate alan Gregory-Hansen eş-bütünleşme testi ile iki kırılmaya izin veren Hatemi-J eş-bütünleşme testlerinden yararlanılmaktadır.

### 3.4.1. Gregory-Hansen Eş-Bütünleşme Testi

Gregory ve Hansen 1996 yılında yaptıkları çalışmada, eş-bütünleşme vektörünün katsayılarında, kırılma dönemlerinde değişme meydana gelebileceğini ve bu kırılmanın da içsel olarak belirlendiğini ifade etmektedir. Gregory-Hansen (GH) eş-bütünleşme testinde, tek kırılmanın bulunduğu serilerle oluşturulan regresyonun kalıntılarında yapısal kırılma araştırılmaktadır (Yılancı & Özcan, 2010, s. 26).

GH testinde, yapısal değişime izin verildikten sonra eş-bütünleşme ilişkisinin varlığını araştırmak için standart model haricinde üç tane model geliştirilmiştir. Bunlar: (Gregory & Hansen, 1996, s. 103)

$$\text{Model C} : y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{t\tau} + \alpha^T y_{2t} + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n \quad (3.13)$$

$$\text{Model C/T} : y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{t\tau} + \beta t + \alpha^T y_{2t} + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n \quad (3.14)$$

$$\text{Model C/S} : y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{t\tau} + \alpha_1^T y_{2t} + \alpha_2^T y_{2t} \varphi_{t\tau} + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n \quad (3.15)$$

Model C, trendsiz ve düzeyde kırılmayı ifade etmektedir. Model C/T, yapısal değişime izin veren trendli ve düzeyde kırılmayı ifade eden modeldir. Son olarak Model C/S, trendsiz ve rejimde kırılmayı açıklayan; eğim vektöründe değişime izin veren modeldir.

Modellerde yer alan,  $\mu_1$  ve  $\mu_2$  katsayıları düzeyde kırılmayı,  $\alpha_1$  rejim değişimi öncesi eğim katsayısını,  $\alpha_2$  ise eğim katsayısında ortaya çıkaran değişmeyi açıklamaktadır (Gregory & Hansen, 1996, s. 103).

Gregory-Hansen testinde kırılma tarihleri; en küçük kareler yöntemi ile hesaplanan artıklara, ADF testi uygulanması sonucunda bulunmaktadır. Elde edilen test sonucunda, istatistik değerlerinin en küçük olduğu tarihler, kırılma tarihi olarak belirlenmektedir. Modellerdeki test aşaması aşağıdaki gibidir:

$$ADF^* = \min_{\tau \in T} ADF(\tau) \quad (3.16)$$

$$Z_{\alpha}^* = \min_{\tau \in T} Z_{\alpha}(\tau) \quad (3.17)$$

$$Z_t^* = \min_{\tau \in T} Z_t(\tau) \quad (3.18)$$

Gregory-Hansen testi sınaması; aşağıdaki iki adet hipotez doğrultusunda kurulmaktadır.

$H_0$ : Yapısal kırılma altında seriler eşbütünleşik değildir

$H_1$ : Yapısal kırılma altında seriler eşbütünleşiktir

Hesaplanan t-istatistik değerleri Gregory ve Hansen'in çalışmasında verdiği istatistiki tablo değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Hesaplanan değerlerin mutlak anlamda tablo değerinden büyük olması durumunda, temel hipotez reddedilerek, yapısal kırılma altında serilerin eş-bütünleşik olduğuna karar verilmektedir.

**Tablo 3.6:** Gregory-Hansen Eş-Bütünleşme Testi Sonuçları

Gregory-Hansen Eş-bütünleşme Testi					
Sabitte Kırılma(Model C)					
	t-istatistik		Kritik Değerler (%1-%5-%10)		Kırılma Tarihi
ADF	-4,29	-5,44	-4,92	-4,69	2009
ZA	-4,7	-5,44	-4,92	-4,69	
ZT	-30,44	-57,01	-46,98	-42,49	
Sabitte ve Trendde Kırılma(Model C/T)					
	t-istatistik		Kritik Değerler (%1-%5-%10)		Kırılma Tarihi
ADF	-3,95	-5,80	-5,29	-5,03	1985
ZA	-4,06	-5,80	-5,29	-5,03	
ZT	-23,53	-64,77	-53,92	-53,92	
Rejim Değişimi(Model C/S)					
	t-istatistik		Kritik Değerler (%1-%5-%10)		Kırılma Tarihi
ADF	-5,26	-5,97	-5,50	-5,23	2006
Za	-5,36	-5,97	-5,50	-5,23	
Zt	-35,18	-68,21	-58,33	-52,85	

Yapısal kırılma altında değişkenlerin durağanlık düzeyi belirlendikten sonra, seriler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi tespit edebilmek adına, tek kırılmaya izin veren Gregory-Hansen eş-bütünleşme testi sonuçları yukarıdaki tabloda verilmektedir. Birinci ve ikinci modelin minimum ADF değerleri, kritik değerlerden büyük iken; rejim değişimine izin veren üçüncü modelde, minimum ADF değeri %10 seviyesinde, tablo kritik değerinden daha küçüktür. Bu durumda seriler arasında koentegrasyon ilişkisinin olmadığını ifade eden temel hipotez reddedilerek, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı kabul edilmektedir.

Tablo 3.6 incelendiğinde, birinci modele göre kırılma tarihi, 2008 finansal krizinin etkilerinin ülkemizde de görüldüğü; dolayısıyla negatif büyümenin gerçekleştiği 2009 yılı olarak bulunmuştur. İkinci modele göre kırılma tarihi, 1985 ve rejim değişikliğinin gerçekleştiği üçüncü modele göre kırılma tarihi ise 2006 yılı olarak bulunmuştur. Tabloya göre ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında uzun dönemli ilişki bulunması; ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında yapısal kırılmaların dikkate alınması ile birlikte eş-bütünleşme ilişkisinin varlığı, ülke ekonomisinde zaman içerisinde yaşanan yapısal değişikliklerin önemli olduğunu açıklamaktadır.

### 3.4.2. Hatemi-J Eş-Bütünleşme Testi

Gregory-Hansen eş-bütünleşme testinde, sadece tek bir içsel kırılmaya izin verilirken; 2008 yılında Hatemi-J tarafından geliştirilen eş-bütünleşme testinde iki içsel kırılmaya birlikte izin verilmektedir. Bir başka ifadeyle, Hatemi-J eş-bütünleşme analizi GH testinin geliştirilmiş halidir. Hatemi-J (2008) çalışmasında, hem sabitte hem de eğimde iki yapısal kırılmanın etkisini aşağıdaki modeli dikkate alarak açıklamaya çalışmıştır: (Hatemi-J, 2008, s. 499)

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \alpha_2 D_{2t} + \beta_0' x_t + \beta_1' D_{1t} x_t + \beta_2' D_{2t} x_t + \varepsilon_t \quad (3.19)$$

Modelde yer alan  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri sabit terimi ve eğimi ifade etmektedir. Sırasıyla incelenecek olursa;

- $\alpha_0$ : yapısal değişimden önce sabit parametrenin değerini
- $\alpha_1$ : birinci yapısal değişimin sabit parametre üstündeki etkisini
- $\alpha_2$ : ikinci yapısal değişimin sabit parametre üstündeki etkisini
- $\beta_0$ : yapısal değişimden önce eğim parametresinin değerini
- $\beta_1$ : birinci yapısal değişimin eğim parametresi üstündeki etkisini
- $\beta_2$ : ikinci yapısal değişimin eğim parametresi üstündeki etkisini

ifade etmektedir. Modele dâhil edilen kukla değişkenler ise  $D_{1t}$  ve  $D_{2t}$  olup; aşağıdaki mantıksal sınıma ile açıklanmaktadır:

$$D_{1t} = \begin{cases} 1 & t > [n\tau_1] \text{ iken,} \\ 0 & t < [n\tau_1] \end{cases} \quad (3.20)$$

$$D_{2t} = \begin{cases} 1 & t > [n\tau_2] \text{ iken,} \\ 0 & t < [n\tau_2] \end{cases} \quad (3.21)$$

Kukla değişken sınımasının içerisinde yer alan,  $\tau_1 \in (0,1)$  ve  $\tau_2 \in (0,1)$  terimleri, rejim değişim tarihleri için bilinmeyen parametrelerdir. Kukla değişkenlerin modele eklenmesiyle, yapısal kırılmaların etkileri analize dahil edilmiş olmaktadır.

Hatemi-J eş-bütünleşme analizinde, olası yapısal kırılma tarihleri En Küçük Kareler Yöntemiyle test edilmekte; tahmin sonucu elde edilen kalıntılara ADF testi uygulanmaktadır. Test istatistik değeri, en küçük olan model tercih edilerek; yapısal kırılma tarihleri bulunmaktadır.

Bu teste göre;

$H_0$ : İki yapısal kırılma altında seriler eşbütünleşik değildir

$H_1$ : İki yapısal kırılma altında seriler eşbütünleşiktir

olmak üzere iki adet hipotez kurulmaktadır. Hesaplanan t-istatistik değerleri Hatemi-J'nin çalışmasında yer alan tablo değerleri ile karşılaştırılmakta; eğer hesaplanan değerler tablo değerinden küçük ise temel hipotez reddedilerek yapısal kırılma altında serilerin eş-bütünleşik olduğuna karar verilmektedir (Eren, Polat, & Aydın, 2016, s. 285).

**Tablo 3.7: Hatemi-J Eş-Bütünleşme Testi Sonuçları**

<b>Hatemi-J Eş-bütünleşme Testi</b>			
<b>Sabitte Kırılma(Model C)</b>			
	<b>t-istatistik</b>	<b>Kritik Değerler (%1-%5-%10)</b>	<b>Kırılma Tarihi</b>
<b>ADF</b>	-6,372	-6.92, -6.45, -6.22	1998-2001
<b>ZA</b>	-5,530	-6.92, -6.45, -6.22	
<b>ZT</b>	-38,72	-99.45, -83.64, -76.806	
<b>Sabitte ve Trendde Kırılma(Model C/T)</b>			
	<b>t-istatistik</b>	<b>Kritik Değerler (%1-%5-%10)</b>	<b>Kırılma Tarihi</b>
<b>ADF</b>	-5,647	-6.92, -6.45, -6.22	1998-2001
<b>ZA</b>	-5,049	-6.92, -6.45, -6.22	
<b>ZT</b>	-35,56	-99.45, -83.64, -76.806	
<b>Rejim Değişimi(Model C/S)</b>			
	<b>t-istatistik</b>	<b>Kritik Değerler (%1-%5-%10)</b>	<b>Kırılma Tarihi</b>
<b>ADF</b>	-7,445	-6.92, -6.45, -6.22	1985-1999
<b>ZA</b>	-7,436	-6.92, -6.45, -6.22	
<b>ZT</b>	-50,95	-99.45, -83.64, -76.806	

Not: Tablo kritik değerleri Hatemi-J'nin (2008) yılındaki makalesinden alınmıştır. Kritik değerler m=2 için hesaplanan değerlerdir

Hatemi-J eş-bütünleşme testi sonuçları tablo 3.7'de görülmektedir. Eş-bütünleşme testi için analiz edilen üç model içerisinde sabit ve eğimde yapısal kırılmayı kapsayan rejim değişimi modeli, ADF test istatistiğinin en küçük olduğu modeldir. Rejim değişimi modeli incelediğinde ise ADF test istatistik değerinin, tablo kritik değerlerinden küçük olduğu görülmektedir. Bu durumda değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkinin olmadığını ifade eden temel hipotez reddedilerek seriler arasında uzun dönemli ilişkinin olduğunu ifade etmektedir.

Burada elde edilen yapısal kırılma tarihleri olan 1985 ve 1999 yılları, önceki testlerde olduğu gibi, yaşanan kriz dönemlerinin hemen önceki yıllarına, denk gelmesi Türkiye ekonomisinin içinde bulunduğu durumla örtüşmekte, anlamlı ve dikkat çekici bir husus olmaktadır.

### 3.5. UZUN DÖNEM KATSAYI TAHMİNİ

Seriler arasında uzun dönemli ilişkinin tespitinden sonra, bu değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisine ait katsayılar ve etkilerin yönü, kırılma yılları dikkate alınarak Philips ve Hansen (1990) tarafından geliştirilmiş olan FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Square) testi ile tahmin edilmiştir. Bu yönteminin

tercih edilmesinin sebebi, bağımsız değişkenler ile hata terimi arasında otokorelasyon ve değişen varyans sebebiyle, model sonuçlarında oluşabilecek sapmaların, ortadan kaldırılmasında etkin bir yöntem olmasındandır (Polat, 2017, s. 308).

Çalışmada uzun dönem katsayıların tespiti için kullanılan model eşitlik 3.22’de verilmektedir:

$$RGSYH_t = \beta_0 + \beta_1 RGFI_t + \beta_2 BET_t + \beta_3 D1_t + \beta_4 D4_t + \varepsilon_t \quad (3.22)$$

Yapısal değişimlerin etkisinin belirlenebilmesi için 1985 ve 1999 yıllarını temsilen, modele D1 ve D2 kukla değişkenleri analize dâhil edilmiştir.

**Tablo 3.8:** FMOLS Eş-Bütünleşme Uzun Dönem Katsayı Tahmin Sonuçları  
FMOLS Eş-Bütünleşme Uzun Dönem Katsayı Tahmini

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
RGFI	2,124930	0.212849	9,9832	0,0000
BET	4424287	1379671	3.2430	0,0024
D1	-1.44E+10	1.42E+10	-1.0109	0,3180
D2	4.36E+10	1.60E+10	2.7256	0,0094
C	4.03E+10	2.60E+10	1.5481	0,1293

Uzun dönemli analiz sonuçlarına bakıldığında, reel sabit sermaye birikimi ve birincil enerji tüketiminin reel gayri safi yurtiçi hâsıla üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğu görülmektedir. Buna göre, reel sabit sermaye birikimindeki 1 birimlik artış reel gayri safi yurtiçi hasılayı 2,12 kat artırmaktadır. Sermaye birikiminin, RGSYH üzerindeki bu pozitif etkisi teorik açıdan da uygundur.

Tablo 3.8’e göre, birincil enerji tüketiminin bir ton petrol eşdeğerliliğinde artış göstermesi, reel gayrisafi yurtiçi hasılayı 4,424 bin \$ artırmaktadır. Buna göre birincil enerji kullanımının artması, milli gelir üzerinde pozitif bir etki oluşturmaktadır.

1985 ve 1999 yıllarını temsil eden kukla değişkenlere bakıldığında ise, 1985 yılını temsil eden D1 kukla değişkeni istatistiksel olarak anlamsız iken; 1999 yılını temsil eden D2 kukla değişkeninin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu sonuçla birlikte, eş-bütünleşme katsayı tahminlerinde kullanılan D2 kukla değişkeninin



anlamli çıkması, belirlenen tarihte Türkiye ekonomisinde önemli değişimlerin yaşandığı yıl olduğunu da doğrulaması açısından önemlidir.

### 3.6. KISA DÖNEM KATSAYI TAHMİNİ

İlk aşama olan uzun dönem araştırmasında değişkenlerin eş-bütünleşik olmaları halinde, ikinci aşamada kısa dönem analizi olan hata düzeltme modeli yapılmaktadır. Hata düzeltme modeli; uzun dönem regresyonun tahminlerinden elde edilen hata terimlerinin gecikmelisinin (Error Correction Term:  $ECT_{t-1}$ ), hata düzeltme terimi olarak regresyona dâhil edilip, standart EKK ile tahmin edilmesidir.

**Tablo 3.9:** Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Hata Düzeltme Modeli				
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t-istatistik	Olasılık
D(RGFI)	1,298904	0.066106	1,964873	0,0000
D(BET)	807535.1	333996.6	2,417794	0,0205
D1	8.74E+09	3.46E+09	2,528116	0,0157
D2	5.37E+09	3.67E+09	1,463487	0,1516
Ect(-1)	-0,097515	0.04457	-2,187938	0,0349
C	5.67E+09	1.18E+09	4,803948	0,0000

Model sonucuna göre, hata düzeltme katsayısının; negatif işaretili, sıfır ile bir arasında ve istatistiki olarak anlamli olduğu görülmektedir. Buna göre, yaşanan dengesizliklerin etkisi giderilerek, uzun dönem denge değerine yaklaşıldığı görülmektedir. Bir başka değişle, kısa dönemli sapmaların her yıl % 9 oranında ortadan kaldırılarak; uzun dönem değerine yakınsadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Serilerin kısa dönemli ilişkisi incelendiğinde, uzun dönemli ilişkiye benzer bir sonuç elde edilmektedir. Hem reel gayri safi sermaye birikimi hem de birincil enerji tkzetiminin, reel gayri safi yurtiçi hasılayı pozitif yönde etkilediği gözlenmektedir. Kısa dönemde, reel sermaye birikimde ortaya çıkan 1 birimlik bir artış, reel milli geliri 1,2 kat artırırken, birincil enerji tkzetiminin bir ton petrol eşdeğerliliğinin artması, hasılayı 807 bin \$ artırmaktadır. Bu durum uzun dönem analizinin güvenilir olduğunu da ispat etmektedir.

### 3.7. TODA-YAMAMOTO NEDENSELLİK TESTİ

İki değişken arasındaki nedensellik analizini belirlemede duruma göre ya hata düzeltme modeli ya da geleneksel Granger (1969) nedensellik testi kullanılmaktadır. Eğer değişkenler durağan değil, ancak eş-bütünleşik ise standart Granger nedensellik testi kullanmak uygun değildir. Bu şartlar altında en uygun test vektör hata düzeltme modeli olacaktır (Sevüktekin & Nargeleçekenler, 2010, s. 4).

Literatürde zaman serisi analizinde yaygın olarak kullanılan; Granger (1969), VECM, Toda-Yamamoto (1995), Dolado- Lutkepohl (1996), Hacker-Hatemi-J (2006, 2010, 2012), Hafner-Herwartz (2006), vb. olmak üzere çeşitli özellikte nedensellik testleri bulunmaktadır.

Çalışmada, literatürde yaygın olarak kullanılan Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testinin kullanılması tercih edilmiştir. Toda-Yamamoto nedensellik testinde; serilerin birim köke sahip olup olmamalarının ve seriler arasında eş-bütünleşme olup olmamasının önemli olmaması, bu testin tercih edilmesinin sebebi olmaktadır (Toda & Yamamoto, 1995, s. 227).

Düzeltilmiş VAR modelin tahminine dayalı bir yöntem olan Toda-Yamamoto testi için; öncelikle serilerin düzey durumlarında tahmin edilen VAR modelindeki gecikme uzunluğu ( $k$ ) ve serilerin maksimum bütünleşme derecesinin ( $d_{max}$ ) belirlenmesi gerekmektedir. Serilerin gecikmesi belirlenirken otokorelasyon ve değişen varyanslar dikkate alınmalıdır. Serilerin düzey değerlerinin kullanılmasının sebebi ise, seriler arasındaki bütünleşme derecelerinin yanlış belirlenmesinden kaynaklanabilecek sorunların dikkate alınması içindir (Mavrotas & Kelly, 2001, s. 100).

Gecikme uzunluğu ve maksimum eş-bütünleşme derecesi belirlendikten sonra VAR ( $k+d_{max}$ ) modeli tahmin edilmekte; modele parametre sınırlamalarının eklenmesi ile nedensellik analizi yapılmaktadır. Toda ve Yamamoto çalışmalarında,  $d=1$  olduğu durumda belirlenen gecikme uzunluğunun her zaman asimptotik olarak geçerli olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle, TY süreci  $k \neq 1$  olduğu sürece geçerliliğini sürdürmektedir (Toda & Yamamoto, 1995, s. 245).

**Tablo 3.10:** Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi Sonucu  
**Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi Sonucu**

Değişkenler			$\chi^2$	Olasılık
GFI	→	RMG	4,768663	0,5738
BET	→	RMG	17,27703	0,0083
RMG	→	RGFI	4,614427	0,5941
BET	→	RGFI	13,64836	0,0338
RMG	→	BET	5,362135	0,4983
RGFI	→	BET	3,904853	0,6896

Not: Değişkenler için gecikme uzunluğu 10 bulunmakla birlikte, bu gecikme uzunluğunda otokorelasyon ve değişen varyans sorunları ortaya çıkmıştır. Tümden gelim yöntemiyle gecikme uzunluğu birer birer azaltılmış; ve optimal gecikme uzunluğu 6 olarak belirlenmiştir. Maksimum eş-bütünleşme derecesi 1'dir.

Toda-Yamamoto nedensellik analiz sonuçları yukarıdaki tablo 3.10'da verilmiştir. Analiz sonucuna göre, reel milli gelir ve sermaye birikiminden birincil enerji tüketimine nedensellik mevcut değilken; birincil enerji tüketiminden hem reel gayrisafi yurtiçi hasılaya hem de reel gayrisafi sabit sermaye birikimine doğru tekyönlü nedensellik bulunmuştur. Bir başka değişle, birincil enerji tüketimi artışı, hem reel gayrisafi yurtiçi hasılanın hem de sermaye birikimi artışlarının nedenidir.

Bu nedensellik ilişkisi literatürde 'büyüme hipotezi' olarak adlandırılmaktadır. Bu hipoteze göre, birincil enerji tüketimindeki bir artış, büyümeye olumlu bir katkı sağlayabilirken, enerji tüketimindeki sınırlamaların ters etkiye sahip olabileceğini de göstermektedir. Aynı zamanda, enerji tüketiminin; sermaye ve emek gibi faktörlerin tamamlayıcısı olarak, hem doğrudan hem de dolaylı yönden üretim sürecine katkı sağlayarak ekonomik büyüme üzerinde önemli bir rol oynadığını da göstermektedir. Bu doğrultuda politika yapıcıların etkin enerji kullanımına yönelik atacağı adımlar büyümeye de olumlu olarak yansiyacaktır.

### **3.8. DURUM UZAY MODELLEMESİ VE KALMAN FİLTRESİ**

Zaman serisi analizlerinde tahmin edilen model sonuçları örneklem farklılaştığı zaman değişebilmektedir. Değişkenler arasındaki ilişkinin şekli değişirse de, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisi zamana bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Başka bir şekilde ifade edilecek olunursa; zaman serisi analizlerinde parametre tahminleri, zamana bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Berk & Ediger, 2018, s. 558-559).

Durum uzay modelleri; geleneksel ekonometrik modellerin, gerçekçi olmayan statik parametre katsayı tahminlerinin, dinamik bir yapıda tahmin edilebilmesi için geliştirilmiştir. Üstelik bu modeller, parametrelerin zamana bağlı değişmesine izin verdiği için, ekonometrik modellerdeki yapısal değişimi incelemede daha etkilidir (Song, Witt, & Jensen, 2003, s. 131).

Durum uzay modellemeleri, mühendislik alanında geliştirilmiş olup, 1980'li yıllardan itibaren ekonomik analizlerde kullanılmaya başlanmıştır. Modellerdeki ayırt edici unsur, sistemin özelliklerinin, değişkenlerin gözlenemeyen verileri tarafından belirlenmesidir (Harwey, 2009, s. 100-104). Bu modellerin üzerinde durduğu ana tema; gözlenmiş zaman serilerinin, rassal süreç izleyen, olası gözlenemeyen başka bir duruma bağlı olmasıdır. Durum uzay modellerinde var olan gözlemlerin bilgisinden faydalanılarak; bilinmeyen değişkenlerin özellikleri tanımlanıp, sistem tahmin edilmektedir.

Standart doğrusal bir durum uzay modellemesi iki denklemle ifade edilmektedir. Bunlar:

$$y_t = Z_t \alpha_t + \varepsilon_t \quad (3.23)$$

$$\alpha_t = \Phi \alpha_{t-1} + R_t \vartheta_t \quad (3.24)$$

Bu denklemlerden ilki; gözlem denklemi, ikincisi ise geçiş denklemi olarak adlandırılmaktadır.

- $y_t$ :  $T \times 1$  zaman boyutlu bağımlı değişken vektörü
- $Z_t$ :  $T \times k$  zaman boyutlu açıklayıcı değişken vektörü
- $\alpha_t$ :  $k \times 1$  zaman boyutlu parametreler vektörü
- $\Phi$ :  $k \times k$  matrisi
- $R_t$ :  $k \times g$  matrisi
- $\varepsilon_t$ :  $T \times 1$  zaman boyutlu, sıfır ortalamaya ve sabit kovaryansa sahip hatalar vektörü
- $\vartheta_t$ :  $k \times 1$  zaman boyutlu, sıfır ortalamaya ve sabit kovaryansa sahip hatalar vektörü

3.23 ve 3.24 nolu denklemlerle belirtilen gözlem ve geçiş denklemlerindeki  $\varepsilon_t$

ve  $\vartheta_t$  hata terimleri ilişkisizdir. Bununla beraber, Kalman, çalışmasında  $\alpha_t$ 'nin gelişimini birinci dereceden Markov süreci ile açıklamaktadır (Harvey, 2009, s. 100-104).

Gözlem denklemi, gözlenebilen değişkenler ile bilenemeyen değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışan denklemdir. Değişkenlerin zaman içindeki değişimlerine izin verilen ve en küçük kareler yöntemiyle hesaplanan bir regresyondur.

Geçiş denklemi ise değişkenlerin zaman içinde hareketlerini tanımlamak için kullanılan bir denklemdir. Aslında, birinci dereceden fark denklemi formuna sahip olan geçiş denklemi, gözlem denkleminde ki zamana bağlı değişikliği açıklamak için kullanılmaktadır (Harvey & Shephard, 1993, s. 267), (Lütkepohl, 2005, s. 611).

Durum-uzay modellerinde, yapısal değişimler önceden kestirilemeyeceğinden, katsayıları zamanla değişen parametrelerin rassal bir yürüyüşe sahip oldukları varsayılmaktadır (Song & Witt, 2000, s. 128).

### 3.8.1. Kalman Filtresi

1960 yılında matematikçi Rudolf Kalman tarafından geliştirilen Kalman Filtresi; bir örneklem içinde t zamanında var olan bütün verileri kullanarak, geçiş vektörünün en uygun tahmincilerini ve bu tahminlerin hassaslık ölçütlerini hesaplamak için kullanılan algoritmik bir yöntemdir (Greenidge, 2001, s. 102-103), (Harvey & Shephard, 1993, s. 269), (Lütkepohl, 2005, s. 612-626).

Kalman filtresinin tahmin güncellemesi ve ölçüm güncellemesi adı verilen iki aşaması vardır. Öncelikle ilk aşamada, t zamanına kadar olan mevcut tüm bilgi kullanılarak t+1 zamanı için hata kovaryansı tahmin edilir. İkinci aşamada ise bağımlı değişken olan  $y_t$ 'nin yeni değeri, bir sonraki durumu tahmin etmek için kullanılmaktadır (Refan, Mosavi, & Mohammadi, 2003, s. 3).

$b_t$  ve  $P_t$ , geçiş denklemindeki  $\alpha_t$ 'nin kovaryansının en uygun tahmin edicileri olmak üzere, t-1 zamanı için  $b_{t|t-1}$  ve  $P_{t|t-1}$  şöyle hesaplanmaktadır:

$$b_{t|t-1} = \Phi b_{t-1} \quad (3.25)$$

$$P_{t|t-1} = \Phi P_{t-1} \Phi' + R_t \theta_t R_t' \quad (3.26)$$

3.25 ve 3.26 numaralı denklemler göz önünde bulundurulduğunda  $y_t$  ve  $y_t$ 'nin tahmin hatası ile ortalama hata karesi denklemleri elde edilebilmektedir.

$$y_{t|t-1} = Z_t b_{t|t-1} \quad (3.27)$$

$$r_t = y_t - y_{t|t-1} = \Phi(\alpha_t - b_{t|t-1}) + \varepsilon_t \quad (3.28)$$

$$F_t = \Phi P_{t|t-1} \Phi' + H_t \quad (3.29)$$

Yeni gözlemler elde edildiğinde, geçiş denklemi güncelleştirilerek süreç devam etmektedir.  $b_t$  ve  $P_t$ 'nin ilk değerleri bilindiğinde, her gözlem için geçiş vektörünün optimal tahmin edicileri bulunabilmektedir. Bu açıdan, Kalman Filtre yönteminin en önemli adımlarından biri  $b_t$  ve  $P_t$ 'nin ilk değerlerinin belirlenmesidir. Bu ilk değerleri belirlemek için en sık kullanılan yaklaşım, (3.27) numaralı denklemi en küçük kareler yöntemi ile tahmin etmektir. Bu yöntemle tahmin edilen parametreler  $b_t$  ve  $P_t$ 'nin ilk değerleri olarak kabul edilmektedir (Harvey, 2009, s. 104-105).

Kalman Filtre yaklaşımı ile Durum-Uzay Modellemesinde parametre tahminiyle varyans ve ortalamalar için şartlı dağılımlar hesaplanmaktadır. Bu yaklaşım sayesinde, model tahmin edilmeden önce serilerin durağanlık analizinin yapılmasına gerek bulunmamaktadır. Birim kök analizlerinin yapılamaması, model spesifikasyonunu basitleştirmektedir (Song & Witt, 2000, s. 129-130).

### 3.8.2. Kalman Filtresi Analiz Sonuçları

Çalışmada, reel gayrisafi yurtiçi hâsıla ile birinci enerji tüketimi arasındaki ilişki durum uzay modellemesi çerçevesinde kalman filtresi kullanılarak tahmin edilmiştir. Kalman filtresinin uygulandığı ölçüm ve geçiş denklemleri aşağıdaki gibidir:

$$Lrmg = \alpha_{0,t} + \alpha_{1,t} lrgfi_t + \alpha_{2,t} lbet + \varepsilon_t \quad (3.30)$$

$$\alpha_t = \Phi \alpha_{t-1} + R_t \vartheta_t \quad (3.31)$$

$$\alpha_{1,t} = \Phi_1 \alpha_{1,t-1} + R_{1,t} \vartheta_{1,t} \quad (3.32)$$

$$\alpha_{2,t} = \Phi_2 \alpha_{2,t-1} + R_{2,t} \vartheta_{2,t} \quad (3.33)$$

Bu çalışmada, Kalman fitresi için kullanılacak geçiş ve ölçüm denklemlerindeki seriler, yorum kolaylığından dolayı logaritmik formda kullanılmıştır. Serilerin tanımlamaları aşağıda verilmektedir:

**Tablo 3.11:** Logaritmik Serilerin Tanımlamaları

LRMG	Logaritmik Reel Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla
LRGFI	Logaritmik Reel Gayrisafi Sermaye Birikimi
LBET	Logaritmik Birincil Enerji Tüketimi

Nelson ve Ploser, üretim dahil birçok makro ekonomik değişkende yaşanan değişimlerin çoğunun kalıcı olduğunu ve rassal yürüyüş olarak ifade edilen bir istatistikî süreç içerisinde hareket ettiklerini gözlemlemişlerdir (Nelson & Plosser, 1982, s. 139-141). Bu açıklama doğrultusunda hem gayrisafi sermaye birikimi değişkeninin hem de birincil enerji tüketimi değişkeninin, rassal yürüyüş süreci içinde oldukları göz önüne alınarak analize dahil edilmiştir.

Kalman filtre yöntemiyle elde edilen parametre sonuç ve grafikleri tablo 3.12’de verilmektedir.

**Tablo 3.12:** Kalman Filtre Sonuçları

	Katsayı	Standart Hata	Z-istatistik	Olasılık
<b>C(1)</b>	17,79627	1,069130	16,64556	0,0000
<b>C(2)</b>	-12,46610	45,09058	-0,276468	0,7822
<b>C(3)</b>	-16,49212	89,47824	-0,184314	0,8538
<b>C(4)</b>	-11,62605	4,152558	-2,799732	0,0051
	Son Durum Katsayısı	Kök Ortalama Kare İstatistiği	Z-istatistik	Olasılık
<b>SV1</b>	0,232715	0,040454	5,752543	0,0000
<b>SV2</b>	0,333406	0,094703	3,520534	0,0004
<b>Log Likelihood</b>		<b>-73,43080</b>	<b>Akaike</b>	<b>-2,954502</b>

Tablo 3.11’de gösterilen; C(1) sabit katsayıyı, C(2) ölçüm denkleminin varyansını, C(3) ve C(4) ise sırasıyla reel gayrisafi sermaye birikimi geçiş denkleminin ve birincil enerji tüketimi geçiş denkleminin yenilik varyansını temsil etmektedir. SV1 katsayısı reel sermaye birikiminin, SV2 ise birincil enerji tüketiminin reel gayrisafi yurtiçi hâsıla ile dinamik ilişkisinin tahmin edilmesi için kullanılan, değişen parametre katsayılarını ifade etmektedir. Kalman filtresi; geçiş değişkenlerinin gözlem üzerindeki etkisini; ya son zaman biriminin değeri ya da

analize konu dönemin her noktasındaki tahminlerinin ortalama değeri olarak ölçmektedir (Cihangir, 2018, s. 8). Modelde; değişkenler arasındaki ilişki, son zaman değeri göz önüne alınarak açıklanmıştır. Bununla beraber; değişkenler, modele rassal yürüyüş süreci dikkate alınarak eklendiğinden, değişen parametre katsayılarının ortalama değerleri de hesaplanarak, analiz genişletilmiştir.

Modele göre, reel gayrisafi sabit sermaye birikimdeki %1'lik bir değişim, reel gayrisafi yurtiçi hasılayı %0,23 artırmaktadır. Sermaye birikiminde gözlenen bu etki literatüre uygundur. Bununla beraber, modelin yapısı itibariyle, ortaya çıkan pozitif yönlü ilişkinin rassal bir süreçte olduğu göz önüne alındığında; 1970-2016 arası dönemde sermaye birikiminin reel milli gelire etkisi ortalama olarak %0,11 seviyesinde kalmaktadır. Diğer bir ifadeyle; RGFI'deki %1'lik değişim RGSYH'yı ortalama olarak %0,11 artırmaktadır.

Enerji kullanımını temsil eden, birincil enerji tüketimi ile reel gayrisafi yurtiçi hâsıla arasındaki ilişkiye odaklanıldığında ise; iki seri arasında pozitif yönlü rassal bir ilişki gözlemlenmektedir. Birincil enerji tüketimdeki %1'lik bir artış reel gayri safi yurtiçi hasılayı %0,33 oranında artırmaktadır. Reel büyüme ile enerji tüketimi arasında hata düzeltme modeline benzer bir şekilde aynı yönlü bir ilişki bulunmuştur. Birincil enerji tüketiminin milli gelire ortalama etkisi ise yaklaşık olarak %0,54 hesaplanmıştır. Dolayısıyla, 1970-2016 arası dönem için BET değerinde %1'lik bir artış, RGSYH değerini ortalama %0,54 artırmaktadır.

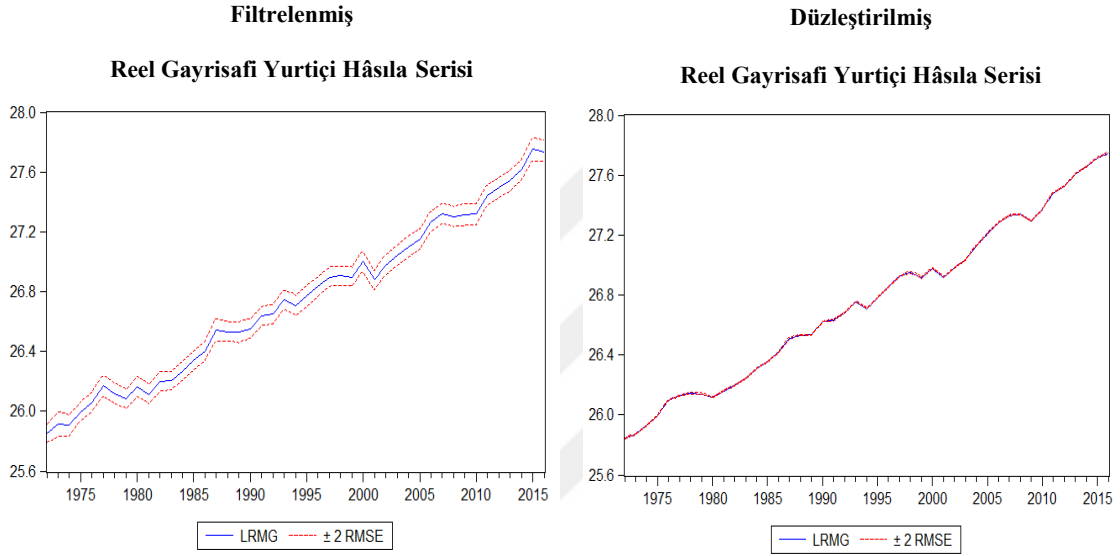
Kalman filtresi, gözlem ve geçiş değişkenleri için filtrelenmiş ve düzeltilmiş olmak üzere iki çeşit tahmin seçeneği sunmaktadır. Filtrelenmiş tahminleme; bir örneklem içinde t zamanına kadar olan mevcut tüm bilgileri kullanarak durum değişkenlerini tahmin etmektedir. Öte yandan düzeltilmiş tahminleme ise; t zamanına kadar sistemdeki mevcut ve mevcut olmayan tüm bilgileri kullanmaktadır. düzeltilmiş tahminler daha çok bilgi kullanmalarından dolayı filtrelenmiş tahminlere göre daha küçük standart hataya sahiptirler.

Şekil 3.2'de Kalman Filtre yöntemiyle, reel gayrisafi yurtiçi hasılanın filtrelenmiş ve düzeltilmiş tahmin grafiği verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, reel gayrisafi yurtiçi hasılanın filtrelenmiş ve düzeltilmiş değerlerinin, gerçekleşen



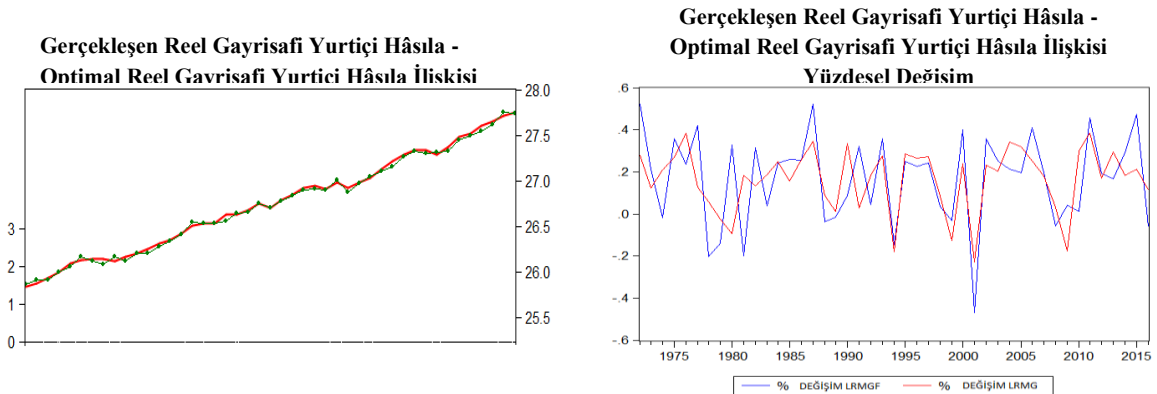
değerlerden farklılaştığı görülmektedir. Filtrelenmiş reel gayrisafi yurtiçi hâsıla değerleri,  $\pm 2$  kök ortalama hata kare değerleri arasında yer alırken, serinin özellikle Türkiye ekonomisinin yaşadığı kriz dönemleri dalgalanmalarını doğru yansıttığı gözlenmiştir.

**Şekil 3.2:** Filtrelenmiş ve Düzleştirilmiş Tahmin Grafiği



Şekil 3.3'te ise gerçekleşen hâsıla değeri ile filtrelenmiş hâsıla değerleri birlikte gösterilmiştir. Şekil 3.3(a)'da reel gayrisafi yurtiçi hasılanın gözlenen ve filtrelenmiş logaritmik değerleri kıyaslanırken; Şekil 3.3(b) filtrelenmiş hasıla değerleri ile gözlenen değerlerinin yüzdesel değişimini kıyaslamaktadır. Her iki grafikte de filtrelenmiş hâsıla değerlerinin ciddi biçimde farklılaştığı görülmektedir.

**Şekil 3.3:** Gerçekleşen ve Filtrelenen Hâsıla Değerleri Karşılaştırılması

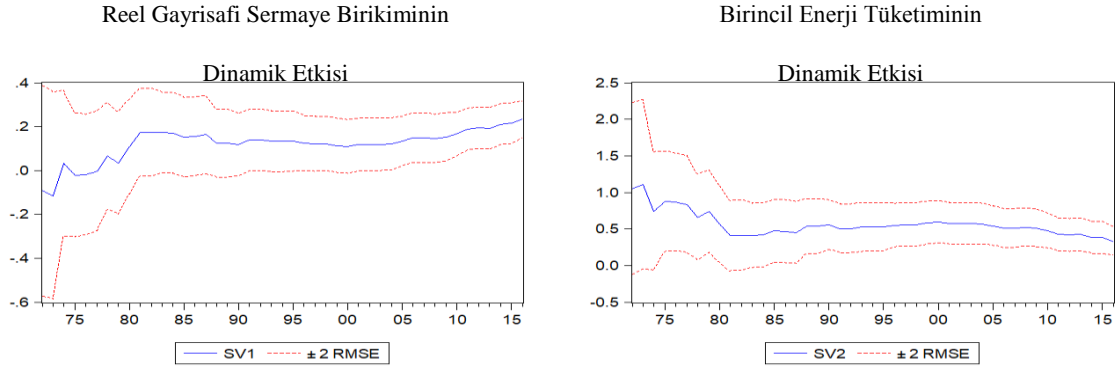


Tablo 3.13 ve Şekil 3.4'te ise bağımsız değişkenlerin dinamik etkileri gösterilmektedir. Modelin bağımsız değişkenleri olan, reel gayrisafi sabit sermaye birikimi ve birincil enerji tüketiminin, 1970-2016 arası dönemdeki dinamik etkisi incelendiğinde; sermaye birikiminin milli gelir üzerindeki etkisi değişiklik gösterse de zamanla arttığı görülmektedir. 1971 yılı itibariyle sermaye birikimdeki %1'lik artış, reel gayrisafi yurtiçi hasılayı % 0,02 etkilerken; 2016'ya gelindiğinde bu etki % 0,23'e çıkmaktadır. Buna karşın, birincil enerji tüketimindeki değişimin reel hâsıla üzerindeki etkisi pozitif yönde olmakla birlikte genel itibariyle zamanla azalmaktadır. Örneğin 1972 yılında birincil enerji tüketimde meydana gelen %1'lik bir artış, reel milli gelir üzerinde %1,05'lik bir artışa neden olurken; 2016 yılına gelindiğinde bu etkinin sadece %0,32 olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.13: Bağımsız Değişkenlerin Dinamik Etki Değerleri**

<b>Reel Gayrisafi Sabit Sermaye Birikiminin 1970-2016 Dönemi Dinamik Etki Değerleri</b>									
1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
0,0000	0,0286	-0,0937	-0,1160	0,0319	-0,0209	-0,0192	-0,0029	0,0666	0,0337
1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
0,1082	0,1736	0,1734	0,1724	0,1710	0,1511	0,1554	0,1624	0,1239	0,1240
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0,1177	0,1404	0,1403	0,1325	0,1322	0,1325	0,1241	0,1219	0,1224	0,1132
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0,1084	0,1174	0,1190	0,1187	0,1209	0,1333	0,1492	0,149	0,145	0,151
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
0,1657	0,1886	0,1939	0,1907	0,2107	0,2143	0,2341			
<b>Birincil Enerji Tüketiminin 1970-2016 Dönemi Dinamik Etki Değerleri</b>									
1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
0,0000	0,0116	1,0541	1,1070	0,7424	0,8728	0,8685	0,8327	0,6608	0,7428
1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
0,5684	0,4061	0,4114	0,4138	0,4211	0,4725	0,4636	0,4484	0,5380	0,5379
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0,5537	0,5058	0,5056	0,5272	0,5289	0,5282	0,5493	0,5565	0,5580	0,5838
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0,5968	0,5732	0,5730	0,5743	0,5683	0,5413	0,5090	0,5109	0,5210	0,5100
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
0,4741	0,4250	0,4156	0,4258	0,3840	0,3788	0,3289			

**Şekil 3.4:** RGFI ve BET'nin Yıllar İtibari ile Dinamik Etkisi



## SONUÇ

Enerji kavramı, tarihin ilk dönemlerinden itibaren insanoğlunun yaşamında her zaman var olmuştur. İlk zamanlarda sadece; insan ve hayvanın iş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanan ve yüzeysel-basit amaçlar için kullanılan enerji, esas itibari ile Sanayi Devrimi ve sonrasında yaşanan dünya savaşları ile birlikte, teknolojik gelişimlere paralel olarak önemini de artırmıştır.

Sanayi devriminde yaşanan teknolojik iyileşmeler, beraberinde yeni buluş ve keşifleri meydana getirerek; sanayi yoğun, büyük ölçekli endüstriyel üretimlerin gerçekleşmesine sebep olmuştur. 1980'lere gelindiğinde ise yeni dünya düzeni olan küreselleşmenin etkisi ile ülkeler arasında mal, hizmet ve sermaye hareketlerinin artması; sanayi üretiminin dünyada hızla yayılmasına sebep olmuştur. Bu gelişmeler enerji talebini artırmaktadır. Artan talep ise büyük ölçüde fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu durum arzı sınırlı olan fosil kaynakların fiyatlarının yükselmesine ve enerjiyi yoğun olarak kullanan ülkelerin üretim sürecinde maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Yaşanan bu gelişmeler ışığında, giderek daha fazla ihtiyaç duyulan ve dolayısıyla önemi artan enerji de; üretim ve tüketim süreci boyunca yoğun bir şekilde kullanılan zorunlu bir girdi haline gelmiştir. 1970'li yıllara gelene kadar ucuz ve bol olan enerji, teorik olarak var olmasına rağmen asıl önemini 1970'li yıllarda yaşanan petrol şoklarından sonra elde etmiş, günümüzde ise dünya ekonomi ve politikasına yön veren temel faktör durumuna gelmiştir.

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, günümüz ekonomilerindeki önemi nedeni ile iktisat literatüründe de sıkça tartışılan ve ele alınan konuların başında yer almaktadır. Enerjinin, iktisadi kalkınma literatüründe incelenen temel konulardan biri olmasında birçok faktörün etkisi bulunmaktadır. Bu bağlamda İktisat teorilerinde; ekonomik büyümenin sadece sermaye ve emek gibi üretim faktörleriyle açıklanamayacağının ortaya konulması, enerji şokları ve buna bağlı olarak yaşanan fiyat istikrarsızlıkları, enerji kaynaklarının sonlu ve yetersiz olması, artan sanayileşme ve kırdan kente göç gibi faktörlerin etkili olduğu söylenebilir. Söz konusu bu faktörler sürdürülebilir kalkınma bağlamında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde; enerji tüketimindeki artışa paralel olarak enerji bağımlığı

ve alternatif enerji politikaları, sürdürülebilir enerji ve enerji verimliliği, enerji arz güvenliği ve enerji yoğunluğu gibi kavramları önemli konular haline getirmiştir.

İktisat literatüründe 1970’li yılların sonlarına doğru ortaya çıkan ekolojik iktisat anlayışının; daha önce enerjiyi bir üretim faktörü olarak görmeyen teorilerin aksine, enerjinin üretim sürecinde kullanılan temel faktörlerden biri olduğunu kabul etmesiyle beraber, bu faktörün ekonomideki asıl yerini aldığı söylenebilir. Bu doğrultuda, enerji tüketimi ve iktisadi büyüme ilişkisi; 1978 yılında J. Kraft ve A. Kraft tarafından yapılan ilk çalışmayı takiben teorik ve uygulamalı çalışmalarda sayısının ve öneminin arttığı, günümüzde de tartışılan önemli konuların arasında yer aldığı söylenebilir. Bu doğrultuda yapılan teorik ve ampirik çalışmalar, enerji tüketimi ile iktisadi büyüme arasında bir ilişkinin var olduğunu ortaya koymaktadır. 1970’li yıllardan günümüze kadar yapılan çalışmaların sonuçları, ekonomik açıdan etkin politikalar gerçekleştirmek ve bu politikaların etkilerini öngörebilmek açısından önem arz etmektedir.

Dünyada olduğu gibi Türkiye ekonomisinde de artan nüfus ve buna bağlı olarak büyüme gereksinimi sonucunda enerji tüketimi artmaktadır. Ancak artan enerji talebi karşısında ülkenin enerji üretimi, tüketimin bir hayli gerisinde kalmaktadır. Dünyayla paralel bir şekilde enerji gereksinimini büyük ölçüde fosil kaynaklardan karşılayan Türkiye, kullanılan birincil enerjinin büyük bir kısmını yurtdışından temin etmektedir. Bu hususta belirlediği büyüme hedefleri çerçevesinde; dünyanın en büyük on ekonomisi içerisinde yer almayı ve teknoloji yoğun mal ve hizmet ihracatında rekabetçi yapıya ulaşmayı planlayan Türkiye için; enerji arz probleminin giderilmesi, enerjinin kesintisiz ve sürekli olarak sağlanması, enerji fiyatlarının düşük ve alternatif kaynaklarla yerli üretimin artırılması önem arz etmektedir. Dolayısıyla sürdürülebilir bir büyüme için, her geçen gün artan enerji talebini, yeli imkânlarla karşılamaktan çok uzak olan Türkiye’de politika yapıcılar açısından sürdürülebilir bir enerji arzının sağlanması zorunlu bir tutum haline gelmiştir.

Yapılan bu çalışmada; Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin varlığını ve yönünü tespit ederek, ele alınan çerçevede ülkenin enerji

politikalarının; büyüme performansını, ne yönde ve nasıl etkileyeceğini tespit edilmesi ve uygulayacağı ekonomik ve siyasi politikalara yön vermesine yardımcı olması amaçlamıştır. Bu doğrultuda, Türkiye açısından enerji tüketimi büyüme ilişkisinin incelendiği çalışmada; 1970-2016 arası dönem için; enerji tüketimini temsilen BET ile ekonomik büyüme göstergesi olan RGSYH arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Ayrıca kontrol değişken olarak RGFI verisi analize dâhil edilmiştir.

Çalışmada öncelikle, sonuçların istatistiki olarak doğru yorumlanabilmesi bakımından serilere durağanlık testi yapılmıştır. Bununla birlikte Türkiye'nin tarihsel süreci göz önünde bulundurulduğunda, serilerin yapısal kırılmaya maruz kalabileceği düşünülmüş, bu nedenle yapısal kırılmalı birim kök testleri uygulanmıştır. Geleneksel birim kök testleri (ADF ve PP) sonucunda, serilerin düzey durumda birim köke sahip olduğu, birinci farklarında ise durağan oldukları görülmüştür. Yapısal kırılmalı birim kök testlerinde ise tek kırılmalı ZA birim kök testine göre kırılma tarihleri; RGSYH için 2009, RGFI için 1998 ve BET için 2010 yılları olduğu bulunmuştur. İki kırılmalı birim kök testlerinden LP testine göre; RGSYH ve RGFI için kırılma tarihleri 2001 ve 2009, BET için 1978 ve 2010 yıllarıdır. Bir diğer iki kırılmalı birim kök testi olan LS testine göre ise RGSYH için 1986 ve 2004, RGFI için 1985 ve 1999, BET için 1984 ve 2010 yılları olarak bulunmuştur.

Bu sonuçlar ışığında yapılan yapısal kırılmalı birim kök testlerinde; kırılma tarihlerinin, yaşanan kriz yıllarına ve/veya hemen önceki ya da sonraki yıllara denk gelmesi; test sonuçlarının anlamlı sonuç verdiğini ve bahsedilen dönemlerin Türkiye ekonomisi ile bağdaştığını söylemek mümkündür. Aynı zamanda söz konusu tarihlerde yaşanan şokların etkisinin sonraki dönemlerde de devam ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiler ise yapısal kırılmalı eş-bütünleşme testleri ile incelenmiştir. Buna istinaden eş-bütünleşme testleri arasında tek kırılmaya müsaade eden GH testi sonuçlarına göre, seriler arasında 2006 yılı kırılma tarihi tespit edilerek, rejim değişiminin baz alındığı modelde uzun dönemli ilişki bulunmuştur. İki kırılmaya müsaade eden eş-bütünleşme testi olan HJ testine

göre ise rejim değişikliği modelinde kırılma tarihleri 1985 ve 1999 olarak tespit edilmiş ve seriler arasında yine uzun dönemli bir ilişki bulunmuştur.

Çalışmada uzun dönemli katsayılar, 1985 ve 1999 kırılma tarihleri de dikkate alınarak FMOLS yöntemi ile tahmin edilmiş ve hem BET'in hem de RGFI'nın büyüme üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkisinin olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre RGFI'daki bir birimlik bir artış RGSYH'yi 2,2 kat artırmaktadır. Ayrıca uzun dönemde BET'de bir ton petrol eşdeğerliliğindeki artış RGSYH'yi 4,424 bin dolar artırmaktadır. Uzun dönem araştırmasından sonra ikinci aşama olan kısa dönem katsayılar hata düzeltme modeli ile tahmin edilerek, modelde hata düzeltme katsayısının istatistiki olarak anlamlı (-0,097) olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre kısa dönemli sapmalar her yıl %9 oranında ortadan kalkarak, uzun dönem dengesine yakınsadığı bulunmuştur. Bu durum uzun dönem analizinin güvenilir olduğunu da ispat etmektedir.

Yapılan TY nedensellik analizi sonuçlarına göre de, BET'den; hem RGSYH'ye hem de RGFI'ya tek yönlü bir nedensellik bulunmuştur. Literatürde 'büyüme hipotezi' olarak adlandırılan bu ilişki; birincil enerji tüketimindeki bir artış, büyümeye olumlu bir katkı sağlayabilirken, enerji tüketimindeki sınırlamaların ters etkiye sahip olabileceğini de göstermektedir. Aynı zamanda, enerji tüketiminin; sermaye ve emek gibi faktörlerin tamamlayıcısı olduğu, hem doğrudan hem de dolaylı yönden üretim sürecine katkı sağlayarak ekonomik büyüme üzerinde önemli bir rol oynadığını da göstermektedir. Bu doğrultuda politika yapıcıların etkin enerji kullanımına yönelik atacağı adımlar büyümeye de olumlu olarak yansiyacaktır.

Son olarak da değişkenler arasındaki dinamik ilişki zamana göre değişen parametreler yöntemi olan Kalman Filtresi ile incelenmiştir. Uygulamalı literatürde enerji tüketimi ve büyüme ilişkisini yönelik yapılan çok sayıdaki çalışmada, genellikle statik modeller kullanılmakta ve ortalama eğilimler üzerine yoğunlaşmaktadır. Ancak değişkenler arasındaki dinamik ilişkiyi inceleyen çok az çalışmaya rastlanmıştır. Literatürdeki bu eksikliği doldurmak amacıyla yapılan bu dinamik analiz neticesinde; bu çalışmada uygulanan diğer ekonometrik tahmin yöntemlerine uygun olarak, hem BET'in hem de RGFI'nın büyüme üzerinde pozitif

yönlü rassal bir etkisinin olduğu bulunmuştur. Kalman Filtre sonuçlarına göre RGFI'daki %1'lik bir artış; büyümeyi %0,23, BET'deki %1'lik bir artış; büyümeyi %0,33 oranında artırmaktadır. Analizin bir diğer dikkat çekici sonucu ise incelenen dönem itibari ile RGSYH'nin milli gelir üzerindeki etkisi giderek artarken, birincil enerji tüketiminin milli gelir üzerindeki etkisi zamanla azalmaktadır.

Yapılan bu analizler ışığında Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi bir bütün olarak ele alındığında pozitif yönlü bir ilişkinin varlığından bahsedilebilir. Yani enerji tüketimi arttıkça büyümeyi de artıracaktır. Bununla beraber ülke ekonomisinde enerji üretiminin, talebin çok gerisinde kalması Türkiye'nin enerji bağımlılığının da artmasına neden olmaktadır. Nitekim 2016 yılı verileri doğrultusunda 138,23 Mtep olan birincil enerji arzının sadece 38,22 Mtep'i yerli üretim tarafından karşılanabilmiştir. Bu rakam toplam arzın %27,6'sına denk gelmektedir. Ülkenin dış ticaret açığının büyük bir kısmını, enerji ithalatının oluşturduğu göz önüne alındığında, ekonomik büyümesini sürdürülebilir kılmak için enerji alanında çeşitli politika önerileri yapılabilir.

Bu bağlamda Türkiye enerji alanında dışa bağımlılığını azaltabilmesi için öncelikle yerli üretime önem vermeli, enerji etkinliğini artırılmalıdır. Önümüzdeki birkaç yıl daha fosil kaynakların egemenliğinde geçecek olan enerji sektöründe, mevcut kaynaklar modernize edilmeli ve yeni kaynak rezervlerinin artırılmasında stratejiler belirlenmelidir. Bu hususta, kömür sektörü; potansiyeli, enerji arzı, tedarik güvenliği, fiyat istikrarı ve rekabetçi yapısı gibi avantajları göz önüne alınarak desteklenmeli; yeni rezervler bulunmalı, üretim tesisleri modernize edilerek enerji verimliliği sağlanmalı, modern kömür işleme yöntemlerine önem verilmelidir. Aynı zamanda yeni teknolojik ilerlemelerle linyit gibi; potansiyeli yüksek, ısıl değeri düşük olan kaynaklardan daha etkin ve fazla yararlanılmalıdır. Son dönemlerde artan petrol, doğalgaz gibi fosil kaynakların arama tarama faaliyetlerine de hız kesmeden devam edilmelidir.

Türkiye yenilenebilir enerji kaynak bakımından potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji arz güvenliği ve sürdürülebilir bir büyüme için büyük önem arz etmektedir. Ancak son



yıllarda uygulanan politikalar neticesinde toplam üretim içerisindeki payı artmış olsa da; gerek kurulum maliyetlerinin yüksek olması, gerekse verim düşüklüğünden dolayı potansiyelinden oldukça uzaktadır. Bu nedenle kaynakların artırılması için destekler verilmeli, bu hususta AR-Ge çalışmaları yaptırılarak maliyetlerin düşürülüp rekabetçi yapıya kavuşması sağlanmalıdır.

Türkiye son yıllarda nükleer enerji alanında oldukça büyük atılımlar gerçekleştirmiştir. Bu bağlamda Mersin-Akkuyu ve Sinop'ta nükleer enerji tesis inşasına başlanmıştır. Geçmiş yıllarda yaşanan enerji darboğazları, enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar gibi şoklar ve faaliyet halinde ya da inşası devam eden nükleer enerji santrallerinin Avrupa ve dünyadaki sayısı göz önüne alındığında; nükleer enerjinin oldukça stratejik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Bu yüzden tüm tepkilere rağmen sayısı ülkemizde de artırılmalıdır.

Sonuç olarak bu çalışmanın ışığında Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkede dış ticaret açıklarının önemli bir kısmına neden olan enerji sorununun giderilmesi için; ya enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, ya da ekonomik büyümenin, enerji tüketimine olan bağımlılığının azaltılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- AFŞAR, M. (2009). Türkiye'de Eğitim Yatırımları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 85-98.
- AKAN, Y., DOĞAN, E. M., & IŞIK, C. (2010). Enerji Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *Enerji, Piyasa ve Düzenleme*, 1(1), 101-120.
- AKARCA, A. T., & LONG, T. V. (1980). On the Relationship Between Energy and GNP: A Re-Examination. *Journal of Energy Development*(5), 326-331.
- AKBULUT, G. (2008, Mayıs). Küresel Değişimler Bağlamında Dünya Enerji Kaynakları, Sorunlar ve Türkiye. *C.Ü. Sosyal Bilimler Dergisi*, 32(1), 117-137.
- AKGÜL, M. K. (2012). Enerji Verimliliğinde "Toplam Faktör Verimliliği" Yaklaşımı ve Bunun Türkiye'de Uygulanabilirliği. *Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi*, 24(277), 34-39.
- AKINCI, M., AKTÜRK, E., & YILMAZ, Ö. (2013). Petrol Fiyatları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Opec ve Petrol İthalatçısı Ülkeler İçin Zaman Serisi Analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(1), 349-361.
- AKKOYUNLU, A. (2006). Türkiye'de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri. *Türkiye'de Enerji ve Kalkınma* (s. 131-145). İstanbul: Tasam Yayınları.
- AKOVA, İ. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. İstanbul: Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti.
- AKPINAR, A., KÖMÜRCÜ, M. İ., KANKAL, M., ÖZÖLÇER, İ. H., & KAYGUSUZ, K. (2008). Energy Situation And Renewables in Turkey And Environmental Effects Of Energy Use. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(12), 2013-2039.
- AKPINAR, E., & BAŞIBÜYÜK, A. (2011). Jeoekonomik Önemi Giderek Artan Bir Enerji Kaynağı: Doğalgaz. *Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 6(3), 119-139.
- AKPOLAT, A. G., & ALTINTAŞ, N. (2013). Enerji Tüketimi ile Reel GSYİH Arasındaki Eşbütünleşme ve Nedensellik İlişkisi:1961-2010 Dönemi. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(2), 115-127.
- AKTAŞ, M. (2011). *Türkiye'de Kömür Madenciliği Enerjideki Rolü*. 05 08, 2018 tarihinde [www.tki.gov.tr: http://www.tki.gov.tr/depo/file/YazBilMet.pdf](http://www.tki.gov.tr: http://www.tki.gov.tr/depo/file/YazBilMet.pdf) adresinden alındı
- ALAM, S. M. (2006). Economic Growth With Energy. *MPRA Munich Personal RePec Archive Paper*(1260), 1-25.

- ALDEMİR, Ş., & KAYPAK, Ş. (2008). "Eko-Ekonomi" Kavramı ve Türkiye için Bölgesel Ölçekli Bir Değerlendirme. 2. *Ulusal İktisat Kongresi*, (s. 1-16). İzmir.
- ALTINAY, G., & KARAGOL, E. (2004). Structural Break, Unit-Root, and The Causality Between Energy Consumption and GDP in Turkey. *Energy Economics*, 26(6), 985-994.
- ANG, J. B. (2007). CO2 Emissions, Energy Consumption, and Output in France. *Energy Policy*(35), 4772-4778.
- APERGİS, N., & PAYNE, J. E. (2009). Energy Consumption and Economic Growth in Central America: Evidence From A Panel Cointegration and Error Correction Model. *Energy Economics*(31), 211-216.
- APERGİS, N., & PAYNE, J. E. (2010). Energy Consumption and Growth in South America: Evidence From A Panel Error Correction Model. *Energy Economics*(32), 1421-1426.
- APERGİS, N., & PAYNE, J. E. (2012). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence From A Panel Error Correction Model. *Energy Economics*(34), 733-738.
- ARMAĞAN, G. (2015). *Kalkınma Teorileri*. 06 21, 2018 tarihinde [www.gokselarmagan.com.tr: http://gokselarmagan.com/tr/kirsal/kk04.pdf](http://gokselarmagan.com.tr/kirsal/kk04.pdf) adresinden alındı
- ASLAN, N., & YAMAK, T. (2006). Türkiye'nin Enerji Sorununun Alternatif Enerji Kaynakları Açısından Değerlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 21(1), 53-76.
- AYDIN, L. (2014). *Enerji Ekonomisi ve Politikaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- AYRES, R. U., BERGH, J., LINDENBERGER, D., & WARR, B. (2013). The Underestimated Contribution Of Energy To Economic Growth. *Structural Change and Economic Dynamics*(27), 79-88.
- AYRES, R., & BERGH, J. C. (2005). A Theory Of Economic Growth With Material/Energy Resources and Dematerialization: Interaction Of Three Growth Mechanisms. *Ecological Economics*, 55, 96-118.
- BAHGAT, G. (2006, Eylül 1). Europe's Energy Security. *International Affairs*, 82(5), 961-975.
- BALAT, H. (2007). Role of Coal in Sustainable Energy Development. *Energy Exploration & Exploitation*, 3(25), 151-174.
- BALAT, M. (2008). Energy Consumption And Economic Growth in Turkey During The Past Two Decades. *Energy Policy*(36), 118-127.

- BARANES, E., JACKMİN, J., & POUDOU, J. C. (2017). Non-Renewable and Intermittent Renewable Energy Sources: Friends and Foes? *Energy Policy*(111), 58-37.
- BARİS, K. (2011). The role of coal in energy policy and sustainable development of Turkey: Is it compatible to the EU energy policy? *Energy Policy*(39), 1754-1763.
- BAYAR, Y. (2014). Türkiye'de Birincil Enerji Kullanımı Ve Ekonomik Büyüme. *Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 28(2), 253-269.
- BAYRAÇ, H. N. (2005, Ekim). Uluslararası Petrol Piyasasının Ekonomik Analizi. *Finans-Politik ve Ekonomik Yorumlar*(499), 1-24.
- BAYRAK, M., & ESEN, Ö. (2014). Türkiye'nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözümüne Yönelik Arayışlar. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28(3), 139-157.
- BAYRAKTUTAN, Y., & UÇAK, S. (2011). Ekolojik İktisat ve Kalkınmanın Sürdürülebilirliği. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 3(4), 17-36.
- BECK, N. (1983). Time-Varying Parameter Regression Models. *American Journal of Political Science*, 27(3), 557-600.
- BEE. (2004). *I. Energy Scenario*. 06 03, 2017 tarihinde Bureau of Energy Efficiency: <https://www.beeindia.gov.in/sites/default/files/1Ch1.pdf> adresinden alındı
- BELKE, A., DREGER, C., & HAAN, F. (2010). Energy Consumption and Economic Growth - New Insights into the Cointegration Relationship. *Ruhr Economic Papers*(190), 1-24.
- BERBER, M. (2011). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma*. Trabzon: Derya Kitabevi.
- BERGH, J. C. (2000). Ecological Economics: Themes Approaches, and Differences with Environmental Economics. *Tinbergen Institute Discussion*, 13-23.
- BERK, İ., & EDİGER, V. Ş. (2018). A historical Assessment of Turkey's Natural Gas Import Vulnerability. *Energy*(145), 540-547.
- BERNDT, E. R. (1990). Energy Use, Technical Progress And Productivity Growth: A Survey of Economic Issues. *The Journal of Productivity Analysis*, 2, 67-83.
- BİBER, A. E. (2010). İktisadi Büyümede Kurumsal Faktörler ve Kurumsal Değişim. *Akademik Bakış Dergisi*(19), 1-24.
- BÖHM, D. C. (2007). The Causal Relationship between Energy Prices, Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Co-integration Analysis. *European Economics and Finance Society*, 1-20.

- BOWDEN, N., & PAYNE, J. E. (2010). Sectoral Analysis of the Causal Relationship Between Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Real Output in the US. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 5(4), 400-408.
- BP Energy Outlook. (2017). *Energy Outlook 2017 Edition*, London, United Kingdom, 2017.
- BP Statistical Review. (2016). *Statistical Review of World Energy*, London, United Kingdom, June 2016.
- BP Statistical Review. (2017). *Statistical Review of World Energy*, London United Kingdom, June 2017.
- BROADSTOCK, D., HUNT, L., & SORRELL, S. (2007). *UKERC Review Of Evidence For The Rebound Effect Technical Report 3: Elasticity Of Substitution Studies*. UKERC UK Energy Research Centre.
- ÇAĞIL, G., TÜRKMEN, S. Y., & ÇAKIR, Ö. (2013). Enerji ve Makroekonomik Değişkenler Arasındaki İlişki: Türkiye Açısından Bir Uygulama. *Muhasebe Finans Dergisi*, 161-168.
- CASTANIER, L. M., & BRIGHAM, W. E. (2002). Upgrading of crude oil via in situ combustion. *Journal of Petroleum Science & Engineering*, 125-136.
- ÇERMİKLİ, A. H., & TOKATLIOĞLU, İ. (2015). Yüksek ve Orta Gelirli Ülkelerde Teknolojik Gelişmenin Enerji Yoğunluğu Üzerindeki Etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(32), 1-22.
- CHAREMZA, W., & DEADMAN, D. (1993). *New Directions in Econometric Practice: General to Specific Modelling, Cointegration and Vector Autoregression*. Lincoln: Edward Elgar Publishing Ltd.
- CHENG, B. S. (1998). Energy Consumption, Employment and Causality in Japan: A Multivariate Approach. *Indian Economic Review, New Series*, 33(1), 19-29.
- CHENG, B. S., & ANDREWS, D. R. (1998). Energy and Economic Activity in the United States: Evidence from 1900 to 1945. *Energy Sources*, 20(1), 35-44.
- CİHANGİR, Ç. K. (2018). Küresel Risk Algısının Küresel Ticaret Üzerindeki Etkisi. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 6(1), 1-10.
- ÇINAR, S., & YILMAZER, M. (2015). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belirleyicileri ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Gelişmekte Olan Ülkeler Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30(1), 55-78.
- CLEVELAND, C. J., COSTANZA, R., HALL, C. A., & KAUFMANN, R. (1984). Energy and the U.S. Economy: A Biophysical Perspective. *Science*, 225, 890-897.

- COSTANTİNİ, V., & MARTİNİ, C. (2010). The Causality Between Energy Consumption and Economic Growth: A Multi-Sectoral Analysis Using Non-Stationary Cointegrated Panel Data. *Energy Economics*(32), 591-603.
- ÇUKURÇAYIR, M. A., & SAĞIR, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(20), 257-278.
- DALY, H. E. (1997). Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. *Ecological Economics*(22), 261-266.
- DALY, H. E. (2007). *Ecological Economics and Sustainable Development, Selected Essays of Herman Daly*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- DEKTMK. (2007). *Kömür Çalışma Grubu Raporu*. World Energy Council. Ankara: World Energy Council Turkish National Committee.
- DEMİR, H. (2011, Nisan). Uluslararası Petrol Borsaları. *Ortadoğu Analiz*, 3(28), 34-41.
- DEMİR, İ. (2008). OPEC: Güçlü Bir Kartel. *SDÜ Fen Edebyat Fakültesi Sosyal Bilimler Fakültesi*(18), 231-246.
- DEMİRBAS, A. (2006). The Importance of Natural Gas as a World Fuel. *Energy Sources Part B*, 1(4), 413-420.
- DEMİRCAN, E. S. (2003). Vergilendirmenin Ekonomik Büyüme ve Kalkınmaya Etkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(21), 97-116.
- DESAİ, D. (1986). Energy-GDP Relationship And Capital Intensity in LDCs. *Energy Economics*(8), 113-117.
- DESTEK, M. A. (2016). Natural Gas Consumption and Economic Growth: Panel Evidence From OECD Countries. *Energy*(114), 1007-1015.
- DİNLER, Z. (2013). *Mikro Ekonomi*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- DOĞAN, Z. (2014). Ekonomik Büyüme Süreçlerinin Analizinde Yeni Açılımlar ve Büyümenin Yersel Dinamikleri. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*(6), 365-380.
- DOROODİAN, K., & BOYD, R. (2003). The Linkage Between Oil Price Shocks and Economic Growth With Inflation in The Presence of Technological Advances: A CGE model. *Energy Policy*(31), 989-1006.
- DUMRUL, Y. (2011). *Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Teori ve Türkiye Uygulaması*. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayınlanmamış Doktora Tezi).

- EBOHON, O. J. (1996). Energy, Economic Growth And Causality in Developing Countries: A Case Study Of Tanzania and Nigeria. *Energy Policy*(24), 447-453.
- ENER, M., & AHMEDOV, O. (2007). Türkiye-Azerbaycan Petrol-Doğalgaz Boru Hattı Projelerinin Üllke Ekonomileri ve Avrupa Birliği Açısından Önemi. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 2(2), 117-136.
- ENGİN, N. (2010). Enerji Kaynağı Olarak Doğalgaz ve Türkiye. *Marmara Coğrafya Dergisi*(22), 233-244.
- ENİŞ, A. (2005). *Enerji Politikaları; Yerli Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. 03 15, 2018 tarihinde TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası: [http://www.emo.org.tr/ekler/c5689792e08eb2e\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/c5689792e08eb2e_ek.pdf) adresinden alındı
- ERDENER, H., ERKAN, S., EROĞLU, E., GÜR, N., ŞENGÜL, E., & BAÇ, N. (2007). *Sürdürülebilir Enerji ve Hidrojen*. Ankara: ODTÜ Yayıncılık.
- ERDOĞAN, S., & CANBAY, Ş. (2016). İktisadi Büyüme ve Araştırma & Geliştirme (Ar-Ge) Harcamaları İlişkisi Üzerine Teorik Bir İnceleme. *Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2), 29-44.
- EREN, M. V., POLAT, M. A., & AYDIN, H. İ. (2016). Türkiye'de Yapısal Kırımlı Testlerle Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Analizi. *Akademik Bakış Dergisi*(56), 275-289.
- EROĞLU, G., & ŞAHİNER, M. (2017). *Dünya'da ve Türkiye'de Uranyum ve Toryum*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı.
- EROL, U., & YU, E. S. (1987). Time Series Analysis of The Causal Relationships Between U.S. Energy and Employment. *Resources and Energy*, 9(1), 75-89.
- EROL, U., & YU, E. S. (1987a). On The Causal Relationship Between Energy and Income For Industrialized Countries. *The Journal of Energy and Development*, 13(1), 113-122.
- ERSOY, A. Y. (2010). Ekonomik Büyüme Bağlamında Enerji Tüketimi. *Akademik Bakış Dergisi*(20), 1-11.
- FLEAY, B. J. (2005). Energy Quality and Economic Effectiveness. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.456.5756&rep=rep1&type=pdf>, 1-19.
- GHALI, K. H., & EL-SAKKA, M. (2004). Energy Use And Output Growth in Canada: A Multivariate Cointegration Analysis. *Energy Economics*(26), 225-238.
- GHOSH, S. (2002). Electricity Consumption and Economic Growth in India. *Energy Policy*(30), 125-129.

- GOWDY, J., & ERICKSON, J. D. (2005). The Approach Of Ecological Economics. *Cambridge Journal of Economics*(29), 207-222.
- GREENIDGE, K. (2001). Forecasting Tourism Demand An STM Approach. *Annals of Tourism Research*, 28(1), 98-112.
- GREGORY, A. W., & HANSEN, B. E. (1996). Residual-Based Tests For Cointegration in Models With Regime Shifts. *Journal of Econometrics*(70), 99-126.
- GROSS, C. (2012). Explaining The (Non-) Causality Between Energy and Economic Growth in The U.S.-A Multivariate Sectoral Analysis. *Energy Economics*(34), 489-499.
- GUJARATI, D., & PORTER, D. C. (2012). *Temel Ekonometri*. İstanbul: Literatür Yayınları (Çeviren: Şenesen, Ümit; Şenesen, Gülay;).
- GÜLTEKİN, A. H., & ÖRGÜN, Y. (1993, Ekim- Kasım-Aralık ). Doğal Gaz ve Çevre. *Çevre Dergisi*(9), 37-41.
- GÜNAY, D. (2002). Sanayi ve Sanayi Tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*(31), 8-14.
- GÜRBÜZ, A. (2009). Enerji Piyasası İçerisinde Yenilenebilir(Temiz) Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu* (s. 1-7). Karabük: Karabük Üniversitesi.
- HACİSALİHOĞLU, B. (2008). Turkey's Natural Gas Policy. *Energy Policy*(36), 1867-1872.
- HAMILTON, J. D. (1983). Oil and The Macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*, 91(2), 228-248.
- HARVEY, A. C., & SHEPHARD, N. (1993). Structural Time Series Models. *Elsevier Science Publisher*, 11, 261-302.
- HARWEY, A. C. (2009). *Foracasting, Structural Time Series Models and The Kalman Filter*. New York: Cambridge University Press.
- HATEMİ-J, A. (2008). Tests For Cointegration With Two Unknown Regime Shifts With An Application To Financial Market Integration. *Empir Econ*(35), 497-505.
- HOU, Q. (2009). The Relationship between Energy Consumption Growths and Economic Growth in China. *International Journal of Economics and Finance*, 1(2), 232-237.
- HUSSEN, A. M. (2004). *Principles Of Environmental Economics*. Newyork, London: Routledge.
- HWANG, D. B., & GUM, B. (1991). The Causal Relationship Between Energy and GNP: The Caise of Taiwan. *The Journal of Energy and Development*, 16(2), 219-226.



- IEA. (2001). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2002). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2003). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2004). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2005). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2006). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2007). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2008). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2009). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2010). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2011). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2012). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2013). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2014). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2015). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2016). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- IEA. (2016a). *Renewable Energy Medium-Term Market Report*. International Energy Agency.
- IEA. (2017). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- İNCEKARA, Ç. Ö., & OĞULATA, S. N. (2011). Enerji Darboğazında Ülkemizin Alternatif Enerji Kaynakları. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 3(1), 1-10.
- IŞIK, S., DUMAN, K., & KORKMAZ, A. (2004). Türkiye Ekonomisinde Finansal Krizler: Bir Faktör Analizi Uygulaması. *D.E.Ü. İ.İ.B.F.Dergisi*, 19(1), 46-69.
- KAPLAN, H. (1978). Nükleer Enerji Hammaddelerinin Aranması ve Arama Yöntemleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*(6), 11-20.
- KAPLAN, M., OZTURK, İ., & KALYONCU, H. (2011). Energy Consumption and Economic Growth in Turkey:Cointegration and Causality Analysis. *Romanian Journal of Economic Forecasting*(2), 31-41.

- KAR, M., & KINIK, E. (2008). Türkiye'de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 10(2), 333-353.
- KAR, M., & TABAN, S. (2003). Kamu Harcama Çeşitlerinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkileri. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 58(3), 146-169.
- KARAGÖL, E. T., & KAVAZ, İ. (2017). *Dünya'da ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji*. İstanbul: SETA.
- KARAGÖL, E., ERBAYKAL, E., & ERTUĞRUL, M. H. (2007). Türkiye'de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8(1), 72-80.
- KARATAŞLI, M., ÖZER, T., & VARİNLİOĞLU, A. (2016). Enerji ve Çevre. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*(30), 103-124.
- KARLUK, S. R. (2007). *Cumhuriyetin İlanından Günümüze Türkiye Ekonomisinde Yapısal Dönüşüm* (11 b.). İstanbul: Beta Basın Yayım.
- KAUFMANN, R. K. (2004). The Mechanisms for Autonomous Energy Efficiency Increases: A Cointegration Analysis of the US Energy/GDP Ratio. *The Energy Journal*, 25(1), 63-86.
- KAYA, İ. S. (2012). Uluslararası Enerji Politikalarına Bir Bakış: Türkiye Örneği. *TBB Dergisi*(102), 269-288.
- KİBRİTÇİOĞLU, A. (1998). İktisadi Büyümenin Belirleyicileri ve Yeni Büyüme Modellerinde Beşeri Sermayenin Yeri. *AÜ Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 53(1-4), 207-230.
- KOÇ, E., & ŞENEL, M. C. (2013, Şubat 12). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu- Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.
- KORKMAZ, S., & GÜNGÖR, Ö. (2016). Türkiye'de Ekonomik Büyüme İle Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik İlişkisi. *Sosyal Bilimler Metinleri*(2), 37-50.
- KRAFT, J., & KRAFT, A. (1978). On the Relationship between Energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3(2), 401-403.
- KÜLEKÇİ, Ö. C. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 83-91.
- KUM, H. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(33), 207-223.

- KUMBUR, H., ÖZER, Z., ÖZSOY, D., & AVCI, E. D. (2005). Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması. *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu* (s. 1-7). Mersin: TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası.
- LEBLANC, M., & CHINN, M. (2004, 02 19). Do High Oil Prices Presage Inflation? The Evidence From G-5 Countries. *UC Santa Cruz Economics Working Paper*(561), 1-25.
- LEE, C.-C., CHANG, C.-P., & CHEN, P.-F. (2008). Energy-Income Causality in OECD Countries Revisited: The Key Role of Capital Stock. *Energy Economics*(30), 2359-2373.
- LOCHNER, S., & BOTHE, D. (2009). The Development Of Natural Gas Supply Costs To Europe, The United States and Japan in a Globalizing Gas Market-Model-Based Analysis Until 2030. *Energy Policy*(37), 1518-1528.
- LUMSDAİNE, R. L., & PAPELL, D. H. (1997). Multiple Trend Breaks and The Unit-Root Hypothesis. *The Review of Economics and Statistics*, 79(2), 212-218.
- LÜTKEPOHL, H. (2005). *Neu Introduction To Multiple Time Series Analysis*. Berlin: Springer-Verlag.
- MALLICK, H. (2007). Does Energy Consumption Fuel Economic Growth in India? *Working Paper*(388), 1-61.
- MASİH, A. M., & MASİH, R. (1997). On The Temporal Causal Relationship Between Energy Consumption, Real Income, and Prices: Some New Evidence From Asian-Energy Dependent NICs Based On A Multivariate Cointegration/Vector Error-Correction Approach. *Journal of Policy Modeling*, 19(4), 417-440.
- MASİH, A. M., & MASİH, R. (1998). A Multivariate Cointegrated Modelling Approach in Testing Temporal Causality Between Energy Consumption, Real Income and Prices With An Application To Two Asian LDCs. *Applied Economics*(30), 1287-1298.
- MAVROTAS, G., & KELLY, R. (2001). Old Wine in New Bottles: Testing Causality Between Savings And Growth. *The Manchester School Supplement*, 1463(6786), 97-105.
- MAZAK, M. (2015, 11 10). *Doğal Gaz Tarihi-I*. 05 15, 2018 tarihinde mehmet mazak internet sitesi : <http://mehmetmazak.net/makale/3/337-dogalgaz-tarihi-i#.WvsmoO-FMdV> adresinden alındı
- MEHRARA, M. (2007). Energy-GDP Relationship for Oil-Exporting Countries: Iran, Kuwait and Saudi Arabia. *Organization of the Petroleum Exporting Countries*, 1-16.
- MELİKOGLU , M. (2013). Vision 2023: Forecasting Turkey's Natural Gas Demand Between 2013-2030. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(22), 393-400.

- MUCUK, M., & UYSAL, D. (2009, Temmuz-Aralık). Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Maliye Dergisi*(157), 105-115.
- MUMTAZ, R., ZAMAN, K., SAJJAD, F., LODHI, M. S., IRFAN, M., KHAN, I., et al. (2014). Modeling The Causal Relationship Between Energy And Growth Factors: Journey Towards Sustainable Development. *Renewable Energy*(63), 353-365.
- MURRAY, T. J. (1993). Dr Abraham Gesner: The Father of The Petroleum Industry. *Journal of the Royal Society of Medicine*(86), 43-44.
- MUTLUER, M. (1990). Gelişimi, Yapısı ve Sorunlarıyla Türkiye'de Enerji Sektörü. *Ege Coğrafya Dergisi*, 5(1), 184-214.
- NARAYAN, P. K., & SMYTH, R. (2008). Energy Consumption and Real GDP in G7 Countries: New Evidence From Panel Cointegration With Structural Breaks. *Energy Economics*(30), 2331-2341.
- NASER, H. (2015). Analysing The Long-Run Relationship Among Oil Market, Nuclear Energy Consumption, and Economic Growth: An Evidence From Emerging Economies. *Journal of Energy*(89), 421-434.
- NEED. (2017). *Secondary Energy Infobook*. Manassas: National Energy Education Development Project.
- NELSON, C. R., & PLOSSER, C. I. (1982). Trends And RandomWalks in Macroeconomic Time Series. *Journal of Monetary Economics*(10), 139-162.
- NEWELL, R. G., JAFFE, A. B., & STAVINS, R. N. (1998). The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change. *Quarterly Journal of Economics*, 114(458), 907-940.
- NONDO, C., & KAHSAI, M. (2009). Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from COMESA Countries. *Annual Meeting*(3), 1-17.
- OCKWELL, D. G. (2008). Energy And Economic Growth: Grounding Our Understanding in Physical Reality. *Energy Policy*(36), 4600-4604.
- OECD. (2016). *OECD Factbook 2015-2016 Economic, Environmental And Social Statistics*. Paris: OECD Publishing.
- OH, W., & LEE, K. (2004). Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: The case of Korea 1970-1999. *Energy Economics*(26), 51-59.
- OLESEGUN, O. A. (2008). Energy Consumption and Economic Growth in Nigeria: A Bounds Testing Cointegration Approach. *Journal of Economic Theory*, 2(4), 118-123.

- OMOTOR, D. (2008). Causality Between Energy and Economic Growth in Nigeria. *Pakistan Journal Of Social Sciences*, 5(8), 827-835.
- ÖZATA, E. (2010). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkilerin Ekonometrik İncelemesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(26), 1-14.
- OZCAN, M. (2018). The Role Of Renewables in Increasing Turkey's Self-Sufficiency in Electrical Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(82), 2629-2639.
- OZDEMİR, A., & MERCAN, M. (2012). Türkiye'de Enerji Sektöründe Yapısal Bağlılama: Girdi Çıktı Analizi. *Business and Economic Research Journal*, 3(2), 111-133.
- ÖZER, M., & ÇİFTÇİ, N. (2009). Ar-Ge Harcamaları ve İhracat İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23, 39-50.
- ÖZSAĞIR, A. (2008). Düünden Bugüne Büyümenin Dinamiği. *KMU İİBF Dergisi*(14), 332-347.
- ÖZTÜRK, H. H. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı*. Ankara: Teknik Yayınevi, Mühendislik, Mimarlık Yayınları.
- OZTÜRK, İ. (2010). A Literature Survey on Energy–Growth Nexus. *Energy Policy*(38), 340-349.
- OZTURK, I., & ACARAVCI, A. (2010). The Causal Relationship Between Energy Consumption and GDP in Albania, Bulgaria, Hungary and Romania: Evidence From ARDL Bound Testing Approach. *Applied Energy*(87), 1938-1943.
- OZTURK, I., ASLAN, A., & KALYONCU, H. (2010). Energy Consumption and Economic Growth Relationship: Evidence From Panel Data For Low and Middle Income Countries. *Energy Policy*(38), 4422-4428.
- ÖZYURT, G., & KARABALIK, K. (2009, 5). Enerji Verimliliği, Binaların Enerji Performansı ve Türkiye'deki Durum. *Türkiye Mühendislik Haberleri*(457), s. 32-34.
- PALA, C. (2003). 21. Yüzyıl Dünya Enerji Dengesinde Petrol ve Doğalgazın Yeri ve Önemi: Hazar Boru Hatlarının Kesişme Noktasında Türkiye . *Avrasya Dosyası, Enerji Özel Bahar*, 9(1), 5-37.
- PAYNE, J. E. (2009). On the Dynamics of Energy Consumption and Output in The US. *Applied Energy*(86), 575-577.
- PERRON, P. (1989). The Great Crash, The Oil Price Shock, And The Unit Root Hypothesis. *Econometrica*(6), 1361-1401.

- PERRON, P., & VOGELSANG, T. J. (1992). Nonstationarity and Level Shifts With an Application to Purchasing Power Parity. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 301-320.
- POLAT, M. A. (2017). Yapısal Kırılmalar Altında Türkiye’de Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri. *Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 299-313.
- REFAN, M. H., MOSAVÍ, M. R., & MOHAMMADÍ, K. (2003). Time Varying Kalman Filter Processing to Predict the Future Errors of a GPS Receiver. (s. 1-6). Map India Conference.
- ŞAHİN, M., OĞUZ, Y., & TUĞCU, H. Z. (2014). Güç Sistemlerinde Enerji Kalitesini Etkileyen Harmoniklerin İncelenmesi. *EÜFBED- Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 199-218.
- SAİDİ, K., & HAMMAMİ, S. (2015). The Impact Of CO2 Emissions And Economic Growth On Energy Consumption in 58 Countries. *Energy Report*(1), 62-70.
- SAKLI, A. R. (2007, Ocak). Kapitalist Gelişim Sürecinde Fordizm ve Post Fordizm. 1-20. Ankara.
- SALIM, R. A., RAFİQ, S., & HASSAN, K. A. (2008). Causality and Dynamics of Energy Consumption and Output: Evidence From Non-OECD Asian Countries. *Journal of Economic Development*, 33(2), 1-26.
- SANCAR, C., & POLAT, M. A. (2015). Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi ve İthalat İlişkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*(12), 416-432.
- SARİ, R., & SOYTAS, U. (2007). The Growth of Income and Energy Consumption in Six Developing Countries. *Energy Policy*, 35, 889-898.
- SARİ, R., SOYTAS, U., & ÖZDEMİR, Ö. (2001). Energy Consumption and GDP Relations in Turkey: A Cointegration and Vector Error Correction Analysis, Economies and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings. *Global Business and Tecnology*, 838-844.
- SATMAN, A. (. (2017). *Türkiye’de Enerji ve Geleceği İTÜ Görüşü*. İstanbul.
- SAVAŞ, B., & DURĞUN, B. (2016). Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasında Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği. *Dicle Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 6(11), 213-244.
- ŞENER, M. (2005). Küreselleşme Fosil Yakıtlar ve Jeotermal Enerji. *Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, V. Enerji Sempozyumu* (s. 245-256). Ankara: TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası.

- ŞENGÜL, S., & TUNCER, İ. (2006). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: 1960-2000. *İktisat, İşletme ve Finans*(21), 69-80.
- ŞENTÜRK, İ. (2012). *Kaynaklarına Göre Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyümeye Etkileri*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- SEVİM, C. (2012). Küresel Enerji Politikası ve Enerji Güvenliği. *Journal of Yaşar University*, 7(26), 4378-4391.
- SEVÜKTEKİN, M., & NARGELEÇEKENLER, M. (2010). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi EViews Uygulamalı*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- ŞİMŞEK, N. (2011). Türkiye’nin Çevresel Enerji Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği: Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Ege Akademik Bakış*, 11(3), 379-396.
- SOLARİN, S. A., & SHAHBAZ, M. (2015). Natural Gas Consumption and Economic Growth: The Role of Foreign Direct Investment, Capital Formation and Trade Openness in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(42), 835-845.
- SONG, H., & WİTT, S. F. (2000). *Tourism Demand Modelling and Forecasting Modern Econometric Approaches*. Pergamon An Imprint of Elsevier Science.
- SONG, H., WİTT, S. F., & JENSEN, T. C. (2003). Tourism Forecasting: Accuracy Of Alternative Econometric Models. *International Journal of Forecasting*(19), 123-141.
- SORRELL, S. (2010). Energy, Economic Growth and Environmental Sustainability: Five Propositions. *Journal Of Sustainability*(2), 1784-1809.
- SORRELL, S., & DİMİTROPOULOS, J. (2007). *UKERC Review of Evidence For The Rebound Effect Technical Report 5: Energy, Productivity and Economic Growth Studies*. UKERC UK Energy Research Centre.
- SOYTAS, U., & SARİ, R. (2003). Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 Countries and Emerging Markets. *Energy Economics*(25), 33-37.
- SOYTAS, U., & SARİ, R. (2006). Energy Consumption and Income in G-7 Countries. *Journal of Policy Modeling*(28), 739-750.
- STERN, D. I. (1999). Is Energy Cost An Accurate Indicator Of Natural Resource Quality? *Ecological Economics*(31), 381-394.
- STERN, D. I. (2000). A Multivariate Cointegration Analysis Of The Role Of Energy in The US Macroeconomy. *Energy Economics*, 22(2), 267-283.
- STERN, D. I. (2003). Energy And Economic Growth. 1-50.

- STERN, D. I. (2004). Economic Growth and Energy. *Encyclopedia of Energy*, 2, 35-51.
- STERN, D. I. (2010). Energy Quality. *Ecological Economics*(69), 1471-1478.
- STERN, D. I., & CLEVELAND, C. J. (2004). Energy and Economic Growth. *Rensselaer Working Papers in Economics*, 1-42.
- SURROOP, D., & RAGHOO, P. (2018). Renewable Energy To Improve Energy Situation in African Island States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(88), 176-183.
- TABAK, B., & YALÇIN, M. A. (2004). Elektrik Güç Sistemlerinde Enerji Kalitesi. *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 52-54.
- TAÇ ALTUNTAŞ, Z. (2005). Yenilenebilir Enerji Avrupa Birliği ve Türkiye Müktesebatı. *TMMOB 5. Enerji Sempozyumu Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları* (s. 259-271). Ankara: Şafak Organizasyon Matbaacılık LTD. ŞTİ.
- TAEK. (2010). *Günümüzde Nükleer Enerji*. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.
- TAMZOK, N. (2005). Türkiye'de Enerji Politikaları İçerisinde Kömürün Önemi. *TMMOB V. Enerji Sempozyumu* (s. 1-13). Ankara: TMMOB.
- TANER, F., PEHLİVAN, E., & HALİSDEMİR, B. (2003). Belediye Çöpü Geri Dönüşsüz Bileşenlerinin, Fosil Yakıtlara Alternatif Yakıt Üretiminde Gelişmeler ve Çöp Sorununa Sürdürülebilir Çözüm. *V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi* (s. 602-611). Ankara: Kardelen Ofset.
- TARI, R. (2012). *Ekonometri*. İzmit-Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- TÇV. (2006). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Ankara: Önder Matbaa.
- TEMURÇİN, K., & ALIĞAĞOĞLU, A. (2003). Nükleer Enerji Tartışmaları Işığında Türkiye'de Nükleer Enerji Gerçeği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 1(2), 25-39.
- TEZEL, Y. S. (1995). *İktisadi Büyüme*. Ankara: İmaj Yayıncılık.
- TİFTİKÇİGİL, B. Y., & YESEVİ, Ç. G. (2015). *Türkiye'nin Enerji Görünümü Stratejiler ve İlişkiler*. İstanbul: Derin Yayınları.
- TIRAŞOĞLU, B. Y. (2014). Yapısal Kırımlı Birim Kök Testleri İle OECD Ülkelerinde Satın Alma Gücü Paritesi Geçerliliğinin Testi. *İÜ İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*(20), 68-87.
- TIRAŞOĞLU, M., & YILDIRIM, B. (2012). Yapısal Kırılma Durumlarında Sağlık Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 111-117.



- TKİ. (2015). *Kömür Sektör Raporu (Linyit)*. Ankara: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.
- TODA, H. Y., & YAMAMOTO, T. (1995). Statistical Inference in Vector Autoregressions With Possibly Integrated Processes. *Journal of Econometrics*(66), 225-250.
- TÖMAN, U., KARATAŞ, F. Ö., & ÇİMER, S. O. (2013). Enerji ve Enerji ile İlgili Kavram Yanılgılarının Belirlenmesine Yönelik Standart Bir Testin Geliştirilmesi Süreci ve Uygulaması. *Bayburt Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 116-134.
- TOMANBAY, M., & GÜMÜŞ, T. (2004). *Gnel Ekonomi*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- TSANİ, S. Z. (2010). Energy Consumption and Economic Growth: A Causality Analysis For Greece. *Energy Economics*(32), 582-590.
- TTK. (2017). *2016 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.
- TÜMERTEKİN, E., & ÖZGÜÇ, N. (2013). *Ekonomik Coğrafya Küreselleşme ve Kalkınma*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- TURKER, M. T. (2009). İçsel Büyüme Teorilerinde İçsel Büyümenin Kaynağı Ve Uluslararası Ticaret Olgusuyla İlişkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(25), 87-94.
- TÜRKİYE PETROLLERİ. (2016). *Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.
- ÜNSAL, E. M. (2007). *İktisadi Büyüme*. Ankara: İmaj Yayıncılık.
- USTA, C. (2015). *Türkiye'de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkisinin Bölgesel ve Sektörel Analizi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- ÜZEYME, D. (1987). *Verimlilik Analizleri ve Verimlilik - Ergonomi İlişkileri*. İzmir: İzmir Ticaret Borsası Yayınları.
- UZUN, A., EMSEN, S. Ö., YALÇINKAYA, Ö., & HÜSEYİNİ, İ. (2013). Toplam Elektrik Üretimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği (1980-2010). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 327-344.
- UZUNÖZ, M., & AKÇAY, Y. (2012). Türkiye'de Büyüme ve Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik İlişkisi: 1970-2010. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 1-16.
- WOLDE-RUFAEL, Y. (2005). Energy Demand and Economic Growth: The African Experience. *Journal of Policy Modeling*, 27, 981-903.
- YANAR, R., & KERİMOĞLU, G. (2011). Türkiye'de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 3(2), 191-200.

- YANG, H.-Y. (2000). A Note On The Causal Relationship Between Energy and GDP in Taiwan. *Energy Economics*, 22(3), 309-317.
- YAPRAKLI, S. (2013). *Enerjiye Dayalı Büyüme Türk Sanayi Sektörü Üzerine Uygulamalar*. İstanbul: BETA Yayıncılık.
- YAPRAKLI, S., & YURTTANÇIKMAZ, Z. Ç. (2012). Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik: Türkiye Üzerine Ekonometrik Bir Analiz. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(2), 195-215.
- YARDIMCI, P. (2006). İçsel Büyüme Modelleri ve Türkiye Ekonomisinde İçsel Büyümenin Dinamikleri. *Selçuk Üniversitesi Karaman İİBF Dergisi*(10), 96-115.
- YAVUZ, N. Ç. (2006). Türkiye'de Turizm Gelirlerinin Ekonomik Büyümeye Etkisinin Testi: Yapısal Kırılma ve Nedensellik Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 7(2), 162-171.
- YILANCI, V., & ÖZCAN, B. (2010). Yapısal Kırılmalar Altında Türkiye İçin Savunma Harcamaları İle GSMH Arasındaki İlişkinin Analizi. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 11(1), 21-33.
- YILDIRIM, M., & ÖRNEK, İ. (2007). Enerjide Son Seçim: Nükleer Enerji. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1), 32-44.
- YILMAZ, A. (2012). *Türkiye'de Sektörel Enerji Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Alternatif Enerji Kaynakları*. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- YILMAZ, A. O. (2008). Renewable Energy and Coal Use in Turkey. *Renewable Energy*(33), 950-959.
- YILMAZ, A. O., & USLU, T. (2007). The Role Of Coal in Eenergy Production-Consumption and Sustainable Development Of Turkey. *Energy Policy*(35), 1117-1128.
- YILMAZ, A., & DURMAN, M. (2015, Ocak). Türkiye'de Doğalgaz Kullanımının Mekansal Analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(43), 233-252.
- YOĞURTÇUGİL, K. (1970). Elektrik Enerjisinin Sektör ve Ekonomimizdeki Yeri. *İstanbul Üniversitesi Yayınları*, 155-163.
- YU, E. S., & CHOI, J.-Y. (1985). The Causal Relationship Between Energy and GNP: An International Comparison. *The Journal of Energy and Development*, 10(2), 249-272.
- YU, E. S., & HWANG, B.-K. (1984). The Relationship Between Energy and GNP: Further Results. *Energy Economics*, 6, 186-190.
- YÜCEL, B. (1994). *Enerji Ekonomisi*. İstanbul: Febel Yayınları.

- YÜCEL, M. K., & GUO, S. (1994). Fuel Taxes and Cointegration of Energy Prices. *Contemporary Economic Policy*, 12, 33-41.
- YURTTANÇIKMAZ, Z. Ç., AZGÜN, S., GENCER, A. H., & EMSEN, Ö. S. (2017). Giderek Gelişen Hizmet Ticareti ve Rekabet Gücü: Türkiye Ekonomisinde Gelişmeler (1980-2015). *International Conference on Eurasian Economies*, (s. 189-197). İstanbul.
- ZHANG, X.-P., & CHENG, X.-M. (2009). Energy Consumption, Carbon Emissions, and Economic Growth in China. *Ecological Economics*(68), 2706-2712.
- ZİVOT, E., & ANDREWS, D. W. (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251-270.
- ZON, A. V., & YETKİNER, H. I. (2005). An Endogenous Growth Model With Embodied Energy-Saving Technical Change. *Resource and Energy Economics*, 25, 81-103.

## İNTERNET KAYNAKLARI

- ÇAĞLAR, M., *Dünya ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK)*. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi:  
[http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji\\_kongresi\\_10/mehmetcaglar.pdf](http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_10/mehmetcaglar.pdf) adresinden alınmıştır
- EIA. (2017, Mayıs 05). *Oil Crude and Petroleum Products Explained*. 03 24, 2018 tarihinde U.S. Energy Information Administration:  
[https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=oil\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=oil_home) adresinden alındı
- EIA. (2017a, Mayıs 21). *Coal Explained*. Mayıs 08, 2018 tarihinde U.S. Energy Information Administration: [https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=coal\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=coal_home) adresinden alındı
- EIA. (2017c, Ekim 25). *Natural Gas Explained*. 05 15, 2018 tarihinde U.S. Energy Information Administration: [https://www.eia.gov/energyexplained/?page=natural\\_gas\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/?page=natural_gas_home) adresinden alındı
- ETKB. (2017). *Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı.
- ETKB. (2017a). *Petrol*. Mayıs 04, 2018 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Web Sitesi: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol> adresinden alındı
- ETKB. (2017b). *Kömür*. 05 11, 2018 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Web Sitesi: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur> adresinden alındı
- ETKB. (2017c). *Nükleer Enerji*. 05 24, 2018 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Web Sitesi: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji> adresinden alındı
- HANANİA, J., & DONEV, J., *Primary Energy*. 09 24, 2017 tarihinde Energy Education: [http://energyeducation.ca/encyclopedia/Primary\\_energy](http://energyeducation.ca/encyclopedia/Primary_energy) 24.09.2017 adresinden alındı
- Investopedia. (2017). *Crude Oil*. 03 22, 2018 tarihinde Investopedia Web Sitesi: <https://www.investopedia.com/terms/c/crude-oil.asp> adresinden alındı
- KNOEMA. (2017, 07 12). *BP: World Reserves of Fossil Fuels*. 03 21, 2018 tarihinde Knoema Web Sitesi: <https://knoema.com/infographics/smsfgud/bp-world-reserves-of-fossil-fuels> adresinden alındı

NEI. (2017, Nisan). *World Nuclear Generation and Capacity*. 05 23, 2018 tarihinde The Nuclear Energy Institute: <https://nei.org/resources/statistics/world-nuclear-generation-and-capacity> adresinden alındı

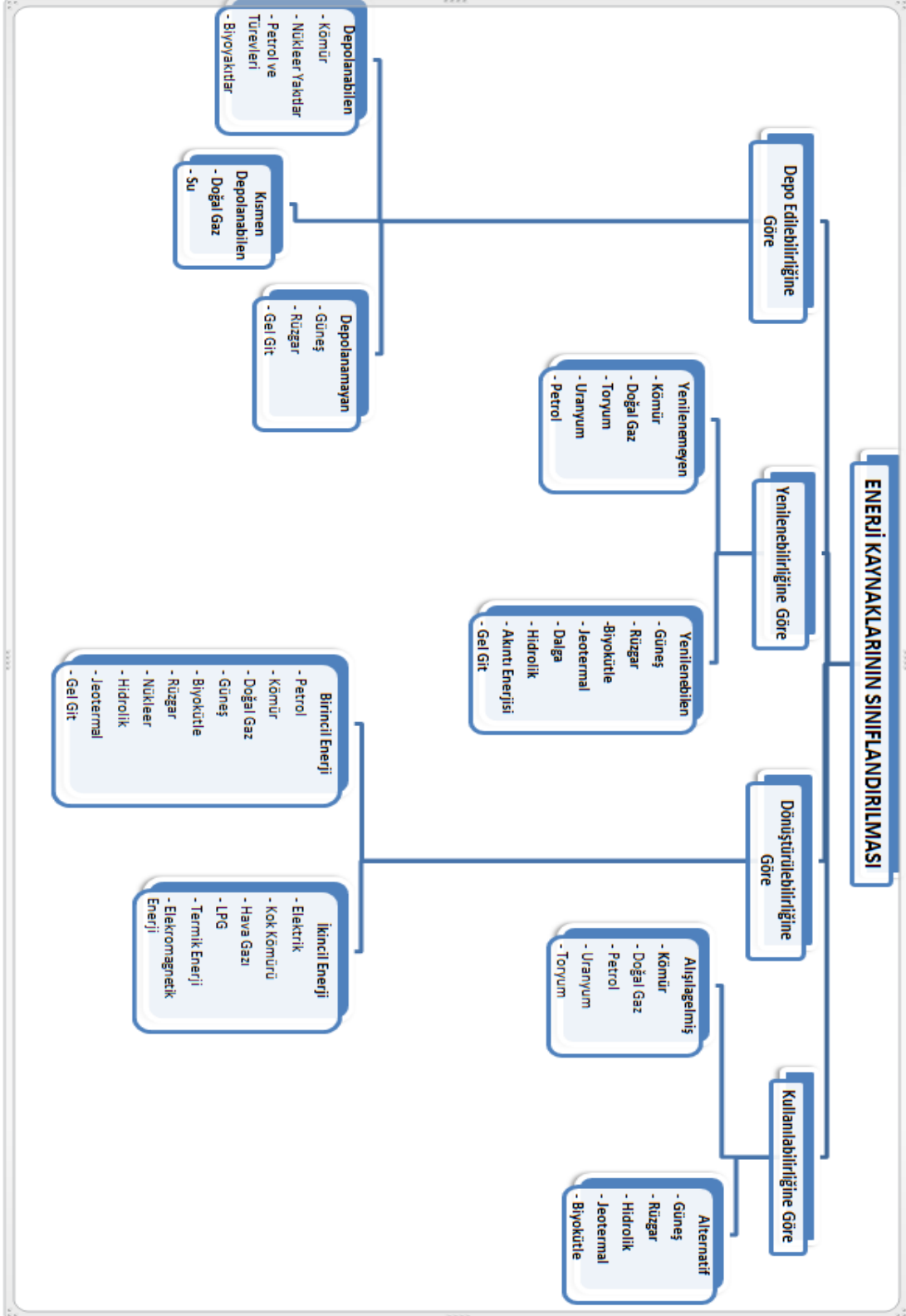
TKİ. (2017). *Enerji ve Kömür*. 05 10, 2018 tarihinde Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu: <http://www.tki.gov.tr/bilgi/komur//enerji-ve-komur/232> adresinden alındı

[www.nukleerakademi.org](http://www.nukleerakademi.org)., *Ülkemizde Nükleer Enerji-Türkiye'de Nükleer Enerjinin Trihçesi*. 05 24, 2018 tarihinde Nükleer Akademi: <http://nukleerakademi.org/nukleer-enerji/ulkemizde-nukleer-enerji/> adresinden alındı



## EKLER

EK-1: Şekil 1.1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması



## Birim Kök Testleri Birinci Fark Durağan Durumları

### EK-2: Zivot-Andrews Birim Kök Test Sonuçları

<b>Zivot - Andrews Birim Kök Testi (ZA)</b>									
	<b>Sabit</b>			<b>Trend</b>			<b>Sabit ve Trend</b>		
	<b>(Model A)</b>			<b>(Model B)</b>			<b>(Model C)</b>		
	<b>t- istatistik</b>	<b>Kritik Değerler</b>	<b>Kırılma Tarihleri</b>	<b>t-istatistik</b>	<b>Kritik Değerler</b>	<b>Kırılma Tarihleri</b>	<b>t-istatistik</b>	<b>Kritik Değerler</b>	<b>Kırılma Tarihleri</b>
<b>RMG</b>	-2,1317	-5.34,-4.80	2009	-2,9111	-4.93,-4.42	2001	-3,0873	-5.57,-5.08	2000
<b>RMG I(1)</b>	-4,8417	-5.34,-4.80	2009	-4,7595	-4.93,-4.42	2003	-5,6703	-5.57,-5.08	2000
<b>RGFI</b>	-3,1160	-5.34,-4.80	2010	-3,4720	-4.93,-4.42	2002	-3,7528	-5.57,-5.08	1998
<b>RGFI I(1)</b>	-3,9110	-5.34,-4.80	1993	-3,7843	-4.93,-4.42	2001	-4,5086	-5.57,-5.08	1997
<b>BET</b>	-2,2864	-5.34,-4.80	2010	-3,5000	-4.93,-4.42	2010	-3,5409	-5.57,-5.08	2010
<b>BET I(1)</b>	-4,0058	-5.34,-4.80	2008	-4,0520	-4.93,-4.42	2004	-4,1683	-5.57,-5.08	2000

Kritik Değerler sırasıyla %1 ve %5 tablo kritik değerlerini göstermektedir. Optimal gecikme sayısı 6 alınmıştır.

### EK-3: Lee-Strazicich Birim Kök Test Sonuçları

<b>Lee-Strazicich Birim Kök Testi (LS)</b>					
<b>Sabit (Model A)</b>			<b>Sabit ve Trendli (Model C)</b>		
<b>t-istatistik</b>	<b>Kritik Değerler</b>	<b>Kırılma Tarihleri</b>	<b>t-istatistik</b>	<b>Kritik Değerler</b>	<b>Kırılma Tarihleri</b>
<b>-1,6047</b>	-3.56,-3.29 (2)	2004-2010	-4,2395	-6.15,-5.79 (4)	1986-2004
<b>-4,3181</b>	-3.56,-3.29 (6)	1985-2003	-7,2607	-6.31,-5.89 (6)	2000-2013
<b>-2,3989</b>	-3.56,-3.29 (0)	2005-2010	-5,3453	-6.18,-5.82 (2)	1985-1999
<b>-4,0162</b>	-3.56,-3.29 (6)	2010-2013	-5,9720	-6.31,-5.89 (6)	2000-2012
<b>-2,6025</b>	-3.56,-3.29 (0)	1993-2010	-5,4133	-5.91,-5.54 (5)	1984-2010
<b>-6,3211</b>	-3.56,-3.29 (6)	2006-2013	-6,9899	-6.44,-6.07 (6)	1992-2000