

**ENERJİ POLİTİKALARININ KAMU MALİYESİNE YANSIMALARI:
KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ**

**Pamukkale Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Doktora Tezi
Maliye Anabilim Dalı**

Fatih AKÇAY

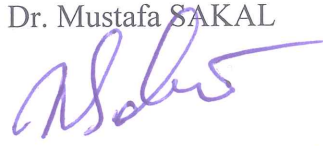
Danışman: Prof. Dr. Ekrem KARAYILMAZLAR

**Ekim 2017
DENİZLİ**

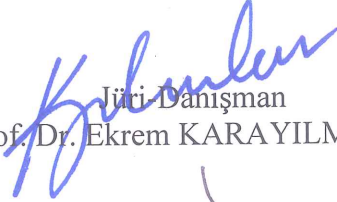
DOKTORA TEZİ ONAY FORMU

Maliye Anabilim Dalı, Maliye Bilim Dalı doktora programı öğrencisi **Fatih AKÇAY** tarafından **Prof. Dr. Ekrem KARAYILMAZLAR** yönetiminde hazırlanan “**Enerji Politikalarının Kamu Maliyesine Yansımaları: Karşılaştırmalı Bir Analiz**” başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 27/10/2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavında başarılı bulunmuş ve Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

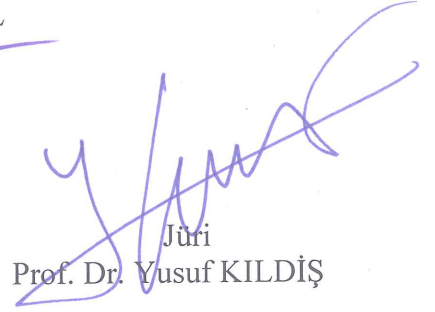
Jüri Başkanı
Prof. Dr. Mustafa SAKAL



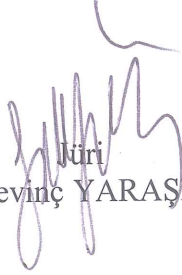
Jüri Danışman
Prof. Dr. Ekrem KARAYILMAZLAR



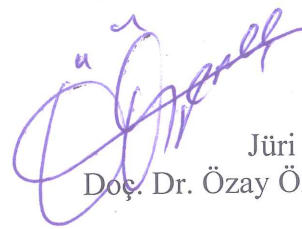
Jüri
Prof. Dr. Yusuf KILDİŞ



Jüri
Doç. Dr. Sevinç YARAŞIR TÜLÜMCE

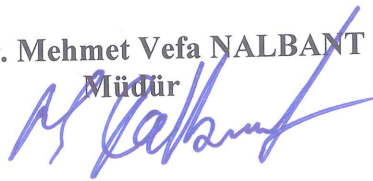


Jüri
Doç. Dr. Özay ÖZPENÇE



Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
29/12/2017 tarih ve ..45/15 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet Vefa NALBANT
Müdür



BİLİMSEL ETİK SAYFASI

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atıfta bulunulduğunu beyan ederim.



Fatih AKÇAY

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında bilgilerini ve tecrübelerini esirgemeyerek, beni sürekli destekleyen değerli danışmanım Prof. Dr. Ekrem KARAYILMAZLAR'a teşekkürü borç bilirim. Tez izleme komitemde ve tez savunmasında bulunan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Mustafa SAKAL, Prof. Dr. Ersan ÖZ, Prof. Dr. Yusuf KILDİŞ, Doç. Dr. Sevinç YARAŞIR TÜLÜMCE ve Doç. Dr. Özay ÖZPENÇE'ye görüş ve önerileriyle beni yönlendirdikleri için teşekkür ederim.

Tezin uygulamalı bölümü ile ilgili yapmış oldukları katkılar ve destekleri için değerli hocalarım Prof. Dr. Şaban NAZLIOĞLU ve Yrd. Doç. Dr. Dilek DURUSU ÇİFTÇİ'ye ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Tez süreci boyunca manevi desteklerini hissettiğim ve bu süreci kolaylaştırmak için katkı sunan, sahip olmaktan büyük mutluluk duyduğum kıymetli dostlarım ve çalışma arkadaşlarım Arkan YUSUFOĞLU, Abdullah ÖZÇİL, Bilal GÖDE, Cemil ÇİFTÇİ, Furkan ERDOĞMUŞ, Gökşal KELTEN, Habib KÜÇÜKŞAHİN, Tayfun ÖZTAŞ, Taha Emre ÇİFTÇİ'ye teşekkürü borç bilirim.

Dünyaya geldiğim andan bugüne, yetişmemde emeği olan herkese şükranlarımı sunarım. Tezimi, hayatın karşıma çıkardığı her zorlukta yanımda olan, koşulsuz sevgileriyle, bugünlere gelmemde büyük fedakarlık ve özveride bulunan en kıymetlilerim Annem, Babam ile kardeşlerim Ezgi ve Berkin'e ithaf ediyorum.

Fatih AKÇAY

ÖZET

ENERJİ POLİTİKALARININ KAMU MALİYESİNE YANSIMALARI: KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ

Akçay, Fatih

Doktora Tezi

Maliye ABD

Tez Yöneticisi: Prof. Dr., Ekrem Karayılmazlar

Ekim 2017, 258 Sayfa

Bu çalışmada enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin varlığı test edilmektedir. Son dönemlerde özellikle yarattığı çevresel zararlar, sınırlı rezerv kaynakları ve rezerv ömrünün azalması sebebiyle fosil enerji kaynaklarından, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanıma geçişin gerçekleştiği bir dönüşüm yaşanmaktadır. Bu dönüşüm kapsamında, G7 ülkeleri ve Türkiye için enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, 1970-2015 döneminde zaman serisi yöntemleri ile ampirik olarak analiz edilmektedir. Çalışmanın literatüre katkısı ise, enerji tüketiminin fosil ve fosil olmayan enerji tüketimi şeklinde ayrıştırılarak, yeni geliştirilmiş ekonometrik modellere dahil edilmesidir. Ampirik analiz; modelde yer alan değişkenlere birim kök testlerinin uygulanması, değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığının sınanması ve nedensellik testlerinin yapılmasına dayanmaktadır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkilere dayalı politika yapıcıları için önerilere de çalışmada yer verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Tüketimi, Kamu Maliyesi, Zaman Serisi Yöntemleri

ABSTRACT**REFLECTIONS OF ENERGY POLICIES ON PUBLIC FINANCE: A
COMPARATIVE ANALYSIS**

Akçay, Fatih
Doctoral Thesis
Department of Public Finance
Adviser of Thesis: Prof. Dr., Ekrem Karayılmazlar

October 2017, 258 Pages

In this study, the relationship between energy consumption and economic growth is tested. In recent years, there has been a shift from fossil energy sources to the use of new and renewable energy sources, especially due to environmental damages, limited reserve resources and reduced reserve life. In the context of this transformation, the relationship between energy consumption and economic growth for G7 countries and Turkey is empirically analyzed by means of time series methods in 1970-2015 period. The literature contribution of the study is that energy consumption is separated into fossil and non-fossil energy consumption and included in the newly developed econometric models. Empirical analysis is containing the application of unit root tests to the variables in the model, the testing of the existence of cointegration between variables and the testing of causality. Suggestions for policy makers based on the link between energy consumption and growth are also included in the study. Finally, policy proposals for policy makers based on the link between energy consumption and growth have been included in the resulting findings.

Keywords: Energy Consumption, Public Finance, Times Series Methods

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY FORMU.....	i
BİLİMSEL ETİK SAYFASI	ii
ÖNSÖZ	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ	x
GRAFİKLER DİZİNİ	xiv
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAVRAMININ TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

1.1. Birincil Enerji Kaynakları	10
1.1.1. Fosil Enerji Kaynakları.....	10
1.1.1.1. Petrol	11
1.1.1.2. Doğal Gaz.....	16
1.1.1.3. Kömür	20
1.1.2. Fosil Olmayan Enerji Kaynakları	26
1.1.2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	27
1.1.2.1.1. Güneş Enerjisi	29
1.1.2.1.2. Rüzgâr Enerjisi	30
1.1.2.1.3. Jeotermal Enerji.....	31
1.1.2.1.4. Hidrolik Enerji.....	33
1.1.2.1.5. Biyokütle ve Biyomas Enerji	34
1.1.2.1.6. Okyanus ve Deniz Kaynaklı Enerjiler.....	36
1.1.2.2. Nükleer Enerji	36
1.2. İkincil Enerji Kaynakları	41
1.2.1. Elektrik Enerjisi	41
1.2.2. Hidrojen Enerjisi.....	44

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ PİYASALARININ GENEL GÖRÜNÜMÜ VE G7 ÜLKELERİ İLE TÜRKİYE KARŞILAŞTIRILMASI

2.1. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Genel Enerji Görünümü.....	46
2.1.1. Birincil Enerji Kaynakları	50
2.1.1.1. Fosil Enerji Kaynakları.....	52
2.1.1.1.1. Petrol	52
2.1.1.1.2. Doğal Gaz	53
2.1.1.1.3. Kömür	55
2.1.1.2. Fosil Olmayan Enerji Kaynakları	57
2.1.1.2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	57
2.1.1.2.2. Nükleer Enerji	64

2.1.2. İkincil Enerji Kaynakları	66
2.2. Enerji Piyasası ve Kamu Maliyesi İlişkisi.....	67
2.2.1. Enerjinin Kamusal Niteliği	68
2.2.2. Enerji Fiyatları ve Bileşenleri	74
2.2.3. Enerji Açığı ve Enerjide Dışa Bağımlılık	77
2.2.4. Türkiye’de Enerji Yatırımları ve Politikaları.....	82

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENERJİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİNE YÖNELİK LİTERATÜR

3.1. Teorik Literatür	91
3.1.1. Güncel Literatürde Ekonomik Büyüme-Enerji Modeli	97
3.1.2. Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini Etkileyen Faktörler	98
3.1.2.1. Enerji ve Diğer Girdiler Arasında İkame/Tamamlayıcılık.....	99
3.1.2.2. Teknolojik Yenilik (İnnovasyon) ve Enerji Etkinliği	100
3.1.2.3. Enerji Kalitesi ve Enerji Girdisi Bileşimindeki Kaymalar.....	101
3.1.2.4. Çıktı Bileşimindeki Kaymalar.....	102
3.2. Ampirik Literatür	103
3.2.1. Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme	105
3.2.1.1. Büyüme (Growth) Hipotezi	106
3.2.1.2. Saklama (Conservation) Hipotezi	107
3.2.1.3. Geri Besleme (Feedback) Hipotezi	108
3.2.1.4. Yansızlık (Neutrality) Hipotezi.....	109
3.2.2. Literatür Taraması.....	109
3.2.2.1. Toplam Enerji Tüketimi.....	111
3.2.2.2. Fosil Enerji Tüketimi	121
3.2.2.2.1. Petrol Tüketimi.....	123
3.2.2.2.2. Doğal Gaz Tüketimi	128
3.2.2.2.3. Kömür Tüketimi	133
3.2.2.3. Fosil Olmayan Enerji Tüketimi.....	138
3.2.2.3.1. Yenilenebilir Enerji Tüketimi	138
3.2.2.3.2. Nükleer Enerji Tüketimi.....	144

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ ÜZERİNE EKONOMETRİK BİR UYGULAMA: G7 ÜLKELERİ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

4.1. Veri ve Metodoloji	149
4.2. Birim Kök Testleri ve Bulguları.....	154
4.2.1. Kırılmayı Dikkate Almayan Dickey&Fuller (1981) Birim Kök Testi	155
4.2.2. Tek Kırılmalı Zivot&Andrews (1992) Birim Kök Testi	155
4.2.3. Çift Kırılmalı Narayan&Popp (2010) Birim Kök Testi.....	156
4.2.4. Aşamalı (Fourier) Kırılmalı Enders&Lee (2012) Birim Kök Testi.....	157
4.2.5. Birim Kök Testleri Bulgu ve Sonuçları	158
4.3. Eşbütünleşme Testleri ve Bulguları.....	160
4.3.1. Tek Kırılmayı Dikkate Alan Eşbütünleşme Testi ve Bulguları.....	160
4.3.2. Çift Kırılmayı Dikkate Alan Eşbütünleşme Testi ve Bulguları.....	163
4.3.3. Uzun Dönem Eşbütünleşme Vektörünün Tahmin Edilmesi.....	166
4.3.3.1. Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (Fully Modified Ordinary Least Square-FMOLS).....	167

4.3.3.2. Kanonik Eşbütünleşme Regresyonu (Canonical Cointegration Regression-CCR)	168
4.3.3.3. Dinamik En Küçük Kareler (Dynamic Ordinary Least Square-DOLS)	169
4.4. Nedensellik Testleri.....	173
4.4.1. Standart Granger Nedensellik Testi.....	173
4.4.2. Toda&Yamamoto Granger Nedensellik Testi (1995)	175
4.4.3. Fourier Standart Granger (2015) ve Fourier Toda&Yamamoto (2016) Granger Nedensellik Testi	176
4.4.4. Nedensellik Testleri Bulguları	178
4.5. Bölüm Değerlendirmesi	198
SONUÇ	209
KAYNAKÇA	219
EKLER.....	238
ÖZGEÇMİŞ	241

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	9
Şekil 1.2. Mc Kelvey Diyagramı	10
Şekil 1.3. 2015 Yılı Dünya Petrol Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı (milyar varil).....	13
Şekil 1.4. 2015 Yılı Dünya Petrol Üretimini Bölgesel Dağılımı (bin varil/günlük)	14
Şekil 1.5. 2015 Yılı Dünya Petrol Tüketiminin Bölgesel Dağılımı (bin varil/günlük)...	15
Şekil 1.7. 2015 Yılı Dünya Doğal Gaz Üretimini Bölgesel Dağılımı (milyar m ³)	18
Şekil 1.8. 2015 Yılı Dünya Doğal Gaz Tüketiminin Bölgesel Dağılımı (milyar m ³).....	19
Şekil 1.9. 2015 Yılı Dünya Kömür Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı (milyon ton)	23
Şekil 1.10. 2015 Yılı Dünya Kömür Üretimini Bölgesel Dağılımı (mtep).....	24
Şekil 1.11. 2015 Yılı Dünya Kömür Tüketiminin Bölgesel Dağılımı (mtep).....	25
Şekil 1.12. 2015 Yılı Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Dünya Görünümü (MW).....	30
Şekil 1.13. 2015 Yılı Kurulu Rüzgâr Tribünü Kapasitesinin Bölgelere Göre Dağılımı (MW).....	31
Şekil 1.14. 2015 Yılı Dünya Hidroelektrik Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı (TWh)	34
Şekil 1.15. 2015 Yılı Dünya Elektrik Üretimini Bölgeler İtibariyle Dağılımı (TWh)..	42
Şekil 1.16. Yenilenebilir (Hidroelektrik Hariç) Enerji Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı (TWh).....	43
Şekil 4.1. Uygulanacak Ekonometrik Yöntemin Genel Çerçevesi	153

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Dünya Kanıtlanmış Petrol Rezervleri (milyar varil).....	13
Tablo 1.2. En Fazla Petrol Üreten Ülkeler (bin varil/günlük).....	14
Tablo 1.3. En Fazla Petrol Tüketen Ülkeler (bin varil/günlük)	15
Tablo 1.4. Dünya Kanıtlanmış Doğal Gaz Rezervleri, (trilyon m ³).....	17
Tablo 1.5. En Fazla Doğal Gaz Üreten Ülkeler (milyar m ³).....	18
Tablo 1.6. En Fazla Doğal Gaz Tüketen Ülkeler (milyar m ³)	19
Tablo 1.7. Uluslararası Genel Kömür Sınıflandırması.....	21
Tablo 1.8. 2015 Yılı Dünya Kanıtlanmış Kömür Rezervleri (milyon ton).....	22
Tablo 1.9. 2015 Yıl Sonu İtibariyle Kömür Rezervleri	23
Tablo 1.10. En Fazla Kömür Üreten Ülkeler (mtep)	24
Tablo 1.11. En Fazla Kömür Tüketen Ülkeler (mtep)	25
Tablo 1.12. Jeotermal Kaynakların Sınıflandırılması (°C)	32
Tablo 1.13. Dünyada En Fazla Jeotermal Kurulu Güç Kapasitesine Sahip Ülkeler (MW)	33
Tablo 1.14. Yıllar İtibariyle En Fazla Hidroelektrik Tüketimi Yapan Ülkeler (TWh)...	34
Tablo 1.15. Yıllar İtibariyle En Fazla Biyoyakıt Tüketimi Yapan Ülkeler (Mtep)	35
Tablo 1.16. Dünyadaki Nükleer Reaktörlerin Ülkeler Bazında Genel Değerlendirilmesi	37
Tablo 1.17. 2015 yılı Tarımsal Ürün İhracatı	39
Tablo 1.18. Türkiye Sınırlarındaki Nükleer Reaktörler	40
Tablo 1.19. Yıllar İtibariyle En Çok Elektrik Üretimi Yapan Ülkeler (TWh).....	42
Tablo 1.20. En Fazla Yenilenebilir (Hidroelektrik Hariç) Enerji Tüketimi Yapan Ülkeler (TWh).....	43
Tablo 2.1. Reel Büyüme Oranı Tahminleri.....	47
Tablo 2.2. Bölgelere Göre Nüfus Tahminleri	47
Tablo 2.3. Birincil Enerji Tüketimi 1970-2015 (mtep).....	49
Tablo 2.4. Dünya Birincil Enerji Tüketimi 2035 Projeksiyonu	50
Tablo 2.5. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de 2015 Yılı Birincil Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (mtep).....	51
Tablo 2.6. G7 Ülkelerinin Petrol Rezervleri (milyar varil).....	52
Tablo 2.7. Petrol Üreten G7 Ülkeleri (bin varil/günlük).....	52
Tablo 2.8. G7 Ülkeleri ve Türkiye’nin Petrol Tüketimi (bin varil/günlük)	53
Tablo 2.9. G7 Ülkelerinin Doğal Gaz Rezervleri (trilyon m ³).....	54
Tablo 2.10. Doğal Gaz Üreten G7 Ülkeleri (milyar m ³).....	54
Tablo 2.11. G7 Ülkeleri ve Türkiye’nin Doğal Gaz Tüketimi (milyar m ³)	55
Tablo 2.12. G7 Ülkeleri Kömür Rezervleri	55
Tablo 2.13. Kömür Üreten G7 Ülkeleri (mtep).....	56
Tablo 2.14. G7 Ülkeleri ve Türkiye’nin Kömür Tüketimi (mtep).....	56
Tablo 2.15. G7 Ülkeleri ve Türkiye’nin Hidroelektrik Tüketimi (TWh)	58
Tablo 2.16. G7 Ülkeleri ve Türkiye’nin Yenilenebilir (Hidroelektrik Hariç) Enerji Tüketimi (TWh)	59
Tablo 2.17. G7 Ülkeleri ve Türkiye Toplam Güneş Enerjisi (FV) Kurulu Gücü (MW)	59

Tablo 2.18. G7 Ülkeleri ve Türkiye Toplam Kurulu Rüzgar Tribünü Kapasitesi (MW)60	
Tablo 2.19. G7 Ülkeleri ve Türkiye Jeotermal Kurulu Güç Kapasitesi (MW).....	60
Tablo 2.20. Yenilenebilir Enerji Yıllık Yatırım/Net Kapasite İlaveleri/Biyoyakıt Üretiminde İlk Beş Ülke	61
Tablo 2.21. Yenilenebilir Enerjide 2015 Yıl Sonu İtibariyle En Büyük Toplam Kapasiteye Sahip Beş Ülke.....	62
Tablo 2.22. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Destek Politikaları	63
Tablo 2.23. Nükleer Reaktörlerin Ülkeler Bazında Genel Değerlendirilmesi.....	64
Tablo 2.24. Yıllar İtibariyle G7 Ülkeleri ve Türkiye’nin Elektrik Üretimi (TWh)	66
Tablo 2.25. 2015 Yılı Elektrik Üretiminde Enerji Kaynaklarının Payı	67
Tablo 2.26. Kamu Kesiminin Enerji Sektörüne Müdahale Araçları.....	69
Tablo 2.27. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Hafif Yakıtların Hanehalkı Fiyatları (Dolar/tep)	75
Tablo 2.28. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Sanayi Doğal Gaz Fiyatları (Dolar/tep)	75
Tablo 2.29. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Sanayi Elektrik Fiyatları (Dolar/tep).....	75
Tablo 2.30. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Hanehalkı Elektrik Fiyatları (Dolar/tep)	76
Tablo 2.31. Türkiye’nin Genel Enerji Dengesi (1980-2015).....	77
Tablo 2.32. Yıllar İtibariyle Enerji İthalatının Kaynaklara Göre Dağılımı.....	78
Tablo 2.33. Enerji İthalatının Toplam İthalattaki Payı (Bin ABD Doları)	79
Tablo 2.34. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Planlanan Kurulu Güç Değerleri	80
Tablo 2.35. Türkiye’nin Nükleer Enerji Tarihi.....	82
Tablo 2.36. Yenilenebilir Enerji Teşvikleri	84
Tablo 2.37. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Teşviklerinde Uygulanacak Fiyatlar	87
Tablo 3.1. Toplam Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Çalışmalar	116
Tablo 3.2. Petrol Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Çalışmalar	125
Tablo 3.3. Doğal Gaz Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Çalışmalar	130
Tablo 3.4. Kömür Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Çalışmalar....	135
Tablo 3.5. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Çalışmalar	141
Tablo 3.6. Nükleer Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Çalışmalar	146
Tablo 4.1. Çalışmada Kullanılan Veriler	150
Tablo 4.2. ADF Tipi Birim Kök Testleri Bulguları	159
Tablo 4.3 Gregory ve Hansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları.....	162
Tablo 4.4. Hatemi-J Eşbütünleşme Testi Sonuçları.....	165
Tablo 4.5. FMOLS, CCR, DOLS ve OLS Sonuçları.....	171
Tablo 4.6. Yapısal Kırılmalı FMOLS, CCR, DOLS ve OLS Sonuçları	172
Tablo 4.7. Eşbütünleşme İlişkisi Bulunmayan Ülkelerin OLS Sonuçları.....	173
Tablo 4.8. Kanada’nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	180

Tablo 4.9. Kanada'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	181
Tablo 4.10 Kanada'nın Fosil Enerji Tüketimi ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları.....	181
Tablo 4.11 Fransa'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	182
Tablo 4.12. Fransa'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	183
Tablo 4.13. Fransa'nın Fosil Enerji Tüketimi ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları.....	184
Tablo 4.14. Almanya'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	184
Tablo 4.15. Almanya'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları.....	185
Tablo 4.16. Almanya'nın Fosil Enerji Tüketimi ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları.....	186
Tablo 4.17. İtalya'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	187
Tablo 4.18. İtalya'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	188
Tablo 4.19. İtalya'nın Fosil Enerji ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	188
Tablo 4.20. Japonya'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	189
Tablo 4.21. Japonya'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları.....	190
Tablo 4.22. Japonya'nın Fosil Enerji Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	191
Tablo 4.23. İngiltere'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	192
Tablo 4.24. İngiltere'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları.....	192
Tablo 4.25. İngiltere'nin Fosil Enerji ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	193
Tablo 4.26. ABD'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	194
Tablo 4.27. ABD'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	195
Tablo 4.28. ABD'nin Fosil Enerji Tüketimi ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	196
Tablo 4.29. Türkiye'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	196
Tablo 4.30. Türkiye'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları.....	197

Tablo 4.31. Türkiye'nin Fosil Enerji ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları	198
Tablo 4.32. G7 Ülkeleri ve Türkiye'de Ekonomik Büyüme ile Enerji Tüketimi İlişkisi	200

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 2.1. Dünya Enerji Üretimi 1990-2015 (mtep)	48
Grafik 2.2. Kaynaklarına Göre Enerji Tüketimi 1990-2035 (mtep)	50
Grafik 4.1. Ülkelerin Fosil Enerji Tüketimleri (1970-2015).....	151
Grafik 4.2. Ülkelerin Fosil Olmayan Enerji Tüketimleri (1970-2015).....	151
Grafik 4.3. Ülkelerin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Serileri (1970-2015)	152

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BAE	: Birleşik Arap Emirlikleri
BDT	: Bağımsız Devletler Topluluğu
BP	: British Petroluem
BRICS	: Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika
BSMV	: Banka ve Sigorta Muameleleri Vergisi
BTV	: Belediye Tüketim Vergisi
CCR	: Kanonik Eşbütünleşme Regresyonu (Canonical Cointegration Regression)
CO ₂	: Karbondioksit
DOLS	: Dinamik En Küçük Kareler (Dynamic Ordinary Least Square)
EKK	: En Küçük Kareler
EPK	: Elektrik Piyasası Kanunu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
ETV	: Elektrik Tüketim Vergisi
EUAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
FE	: Fosil Enerji (Fossil Energy)
FMOLS	: Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (Fully Modified Ordinary Least Square)
FV	: Fotovoltaik
GDP	: Gross Domestic Product
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GSYH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GV	: Gelir Vergisi
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
KDV	: Katma Değer Vergisi
KV	: Kurumlar Vergisi
kWh	: Kilowatt-saat
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğu

mtep	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MTV	: Motorlu Taşıtlar Vergisi
MW	: Megawatt
NFE	: Fosil Olmayan Enerji (Non-fossil Energy)
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (Organisation for Economic Cooperation and Development)
OLS	: En Küçük Kareler (Ordinary Least Squares)
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (Organization of the Petroleum Exporting Countries)
ÖİV	: Özel İletişim Vergisi
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
VAR	: Vektör Otoregresif (Vector Autoregressive)
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
WEC	: Dünya Enerji Konseyi (World Energy Council)
WTO	: Dünya Ticaret Örgütü (World Trade Organization)

GİRİŞ

İnsanoğlu, tarihi boyunca ihtiyaçlarını karşılama mücadelesiyle baş başa kalmıştır. Gıda ihtiyaını gidermesi, güvenliğini sağlaması gibi güçlüklerle mücadele etmiştir. Bu süreçte de bilgisi dhiline olan enerji kaynaklarını kullanmıştır. Tarım ve evcilleştirdiği hayvanların besinleri için güneş enerjisinden, ısınmak, yabani hayvanlardan korunmak ve alet yapmak adına biyokütle yakıtlardan (odun, hayvansal atıklar vb.) faydalanmıştır. İnsan ihtiyaçları da zaman geçtikçe çeşitlenmiş ve temel ihtiyaçların yanında yeni yerleri keşfetmek ve hükmetmek isteği doğmuştur. Önceleri rüzgâr enerjisini kullanıp denizleri açan insan fosil yakıtları kullanarak gökyüzüne çıkmış ve hatta uzayı keşfetmiştir. İnsanın gelişmesi ve dolayısıyla da medeniyetin ilerlemesi için enerji hep temel dayanaklardan birisi olmuştur. Yaşamak ve yaşatmak adına hayati öneme sahip olan enerji öldürmek için de kullanılmıştır.

Yerleşik hayata geçilmesi ve tarımın yaygınlaşması sonrasında ilk buhar makinesinin bulunmasıyla başlayan sanayileşme süreci ile birlikte nüfus artışı ve kentleşme gibi sosyal gelişmeler ekonomilerin enerjiye olan talebini her geçen gün artırmıştır. İhtiyaç duyulan enerjinin karşılanabilmesi adına da pek çok alternatifte başvurulmaktadır. Ortaya çıkan yeni ihtiyaçların karşılanması adına, yeni enerji kaynakları arayışı da sürmektedir. Bu yeni enerji kaynakları mevcut kaynakların dönüştürülmesi ile elde edilebildiği gibi, ilk defa keşfedilme yoluyla da ortaya çıkabilmektedir. Teknolojinin ilerleyişi için enerjiye ihtiyaç duyulduğu gibi teknolojik ilerleme sonrasında ortaya çıkan ürünlerin insan hayatına girişiyle birlikte enerjiye olan talep de artmaktadır. Bu açıdan kişi başına düşen gelirin yüksek olduğu, yaşam standartlarının yüksek olduğu ülkelerde de enerji talebi de yüksek olmaktadır.

Enerji iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilmektedir. Diğer bir deyişle, herhangi bir sistem içinde oluşan iştir. Enerji çok farklı biçimlerde bulunabilmekle beraber, genelde iki alt kategoride incelenmektedir. Potansiyel enerji; bir cismin konumu ve durumu sebebiyle sahip olduğu enerjiyi veya depolanmış enerjiyi ifade ederken, kinetik enerji; hareket etkisiyle oluşan, atomların, moleküllerin, elektronların, dalgaların ve cisimlerin hareket etmesinden kaynaklanan enerji şeklini ifade etmekte kullanılmaktadır.

Enerji dünya oluştuğundan beri var olmakla birlikte, yıllardır ülkelerin vazgeçilmez kaynaklarından birisi konumundadır. Enerji iktisadi doktrinler içinde de

kalkınmanın sürdürülebilirliği açısından, özellikle de sanayileşme sürecinin başlamasıyla itici güç olan bir kaynak olarak görülmektedir. İnsanların enerjisi kullanılması sonucunda, enerji günümüzde ekonomik faaliyetlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerjinin dönüştürülerek ikincil enerji olması, enerji kaynaklarının çeşitlenip artması, üretim ve tüketim faaliyetlerinde yerini alması, enerji ekonomisi kavramını ortaya çıkarmakla kalmayıp, enerji ekonomisinin diğer bilim dallarıyla olan ilişkilerinin de açığa çıkarılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ancak enerjinin ekonomiyle olan bağlantısı 1970'lerde meydana gelen şoklarla gerçek anlamda kurulmuştur.

Dünyada enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. İhtiyaçların artmasıyla enerji talebindeki artış trendi de özellikle gelişmekte olan ülkeler için önem arz etmektedir. Enerji talebindeki hızlı artış ülkelerde enerji ithalatını da beraberinde getirmektedir. Söz konusu talebe olan artış nedenleri, aynı zamanda enerji talebini belirleyici faktörleri de içermektedir. Bu bağlamda enerji talebinin belirleyicileri arasında; nüfus artışı, sanayileşme ve kentsel gelişim yer almaktadır. Toplumdaki bireylerin gelir ve refah artışı anlamına gelen ekonomik kalkınmanın sağlanabilmesi, bu toplumdaki üretimin reel olarak artarak ekonomik büyümenin gerçekleştirilmesi ve sürdürülebilir olmasına bağlıdır.

Enerjinin büyüme ve kalkınma aşamasında kilit rol oynamasındaki temel neden de sanayide zorunlu bir girdi olarak enerjinin üretimde yerini almasından kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda enerjinin üretim fonksiyonlarına dâhil edilmesi ve bir üretim faktörü olarak ele alınması, büyüme literatürüyle birebir ilişkilidir. Büyüme literatüründe enerjinin dışsal bir faktör olarak yer alması yanında içsel bir faktör olarak üretim fonksiyonuna dâhil edilmesi literatürde geniş bir yelpazenin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Neoklasik doktrin açısından büyüme emek, sermaye ve teknolojiye bağlı artışlar ile açıklanmakta iken; günümüzde enerjinin üretim sürecinin devamı için vazgeçilmez bir üretim girdisi olduğu da kabul görmektedir. Bu açıdan enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkinin varlığına dair literatürde ortak bir fikir birliği olmasa da politika yapıcılarının uyguladıkları enerji politikalarının ve devletin ilgili alandaki düzenlemelerinin ve müdahalelerinin gerekliliği yadsınamaz derecede önemlidir.

Enerji talebinin dünyadaki artış trendi ve enerjinin her alanda kullanılmaya başlanması ile enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin tartışılır olması sonucunda, enerji sektöründeki devlet müdahalelerinin gerekliliği kaçınılmaz olmaktadır. Bu kapsamda, devletin maliye politikası amacı olarak ekonomik büyümeyi sağlaması ve

enerji piyasasına müdahalesi ya da enerji politikalarının belirlenmesindeki rolü artmaktadır.

Enerji kaynakları literatürde birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde bir sınıflandırmaya tabi tutulmaktadır. Bu çalışmada birincil enerji kaynakları fosil ve fosil olmayan enerji kaynakları şeklinde ele alınmaktadır. Fosil enerji kaynakları içinde petrol, doğal gaz ve kömürü barındırırken, fosil olmayan enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynaklarını ve nükleer enerjiyi ihtiva etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında da güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, biyokütle ve biyomas, okyanus ve deniz kaynaklı enerjiler yer almaktadır. İkincil enerji kaynakları ise elektrik ve hidrojen enerjisini kapsamaktadır.

Enerji ihtiyacının karşılanması noktasında günümüzde en çok başvurulan kaynakların başında fosil yakıtlar gelmektedir. Fosil yakıtların toplam enerji tüketimi içerisindeki payı 2015 yılı itibariyle %85 dolaylarındadır. Fosil yakıtların payının bu denli yüksek olması bazı sakıncaları da beraberinde getirmektedir. Fosil yakıtların kullanımı sonrasında ortaya çıkan atıklar çevreye ve dolayısıyla insan hayatına ciddi zararlar vermektedir. Ortaya çıkan bu negatif dışsallıklar, küresel ısınma, iklim değişikliği, asit yağmurları gibi pek çok zararlı etkiyi ortaya çıkarmaktadır.

Son yıllarda enerji alanında üzerinde sıklıkla durulan konular, fosil enerji kaynaklarının rezerv ömürlerinin azalması, dolayısıyla enerji geleceğinin nasıl şekilleneceği üzerinedir. Yeni fosil yakıt rezervleri bulunmasına rağmen, artan enerji talebi dolayısıyla rezervlerin sürekliliğinin sağlanması mümkün görünmemektedir. Bu sebeple, bir taraftan hala kullanmaya mecbur olunan fosil enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar devam etmekte, diğer taraftan yeni enerji kaynakları arayışı da sürdürülmektedir.

Sanayi devrimi ve modern hayatın enerji kaynağı olan fosil yakıtlar üzerinde, çevresel ve ekonomik yaklaşımlar çerçevesinde yapılmış çalışmalar oldukça fazladır. İlgili konudaki literatür, fosil kaynak kullanımının yararları ve zararlarını ortaya koymaktadır. Fosil kaynak rezerv ömürlerinin kısılması ve fosil enerji kaynakları kullanımının meydana getirdiği zararlar, ekonomileri yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi için zorlamaktadır. Fosil enerji kaynakları kullanımı sebebiyle ortaya çıkan sera gazı salınımının beraberinde getirdiği iklim değişikliği gibi problemler yaşamsal riskler taşımaktadır. Bu bakımdan, yeni enerji kaynaklarının aynı

zamanda temiz enerji kaynakları olması da oldukça önemli bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışma, G-7 ülkeleri ve Türkiye için ekonomik büyüme ile fosil/fosil olmayan enerji tüketimi arasındaki ilişkinin varlığını 1970-2015 döneminde zaman serisi yöntemleriyle analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bilindiği gibi, üretimin en temel girdisi olan enerji, kamu kesiminin gerçekleştirmek istediği ekonomik büyüme ve kalkınma hedefinde çok büyük bir role sahiptir. Artan nüfus, sanayileşme, şehirleşme beraberinde enerji talebini de arttırmakta, talebe cevap verebilecek gerek çevresel faktörler gerekse de ekonomik faktörler göz önüne alınarak enerji arzı politikalarının gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, olası enerji kıtlıklarının önlenmesi için kullanılacak politika önerisi sunmak politika yapıcılar için oldukça önemlidir. Çalışma bulgularının, enerji politikalarının şekillenmesinde yol gösterici olması bir diğer temel gaye olarak görülmektedir.

Bu kapsamda çalışma dört bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölümde enerji kavramı ve enerji kaynakları hakkında bilgiler verilerek, dünya enerji görünümü irdelenmektedir. İkinci bölümde, Türkiye ve G7 ülkelerinin enerji piyasalarının genel görünümüne değinilerek, kamu maliyesi açısından enerjinin önemine ve maliye literatürü açısından da çeşitli teknik kavramların tartışılmasına yer verilmektedir.

Üçüncü bölümde, enerji ile büyüme arasındaki ilişkiye dair teorik ve ampirik literatüre yer verilmektedir. Teorik literatür kısmında; enerjinin iktisadi doktrinler içindeki yeri irdelenerek, günümüz çerçevesinde enerjinin büyüme üzerindeki etkisinin varlığı geleneksel yaklaşımı eleştirme noktasında biyofizik, ekoloji ve mühendislik alanları açısından da incelenmektedir. Üçüncü bölümün teorik literatür kısmında ayrıca enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkileri etkileyen faktörler bazında da bilgiler yer almaktadır. İlgili bölümün ampirik literatür kısmında ise öncelikle enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişki, büyüme, saklama, geri besleme ve yansızlık hipotezleri açısından irdelenmektedir. Sonrasında ise, bu hipotezler çerçevesinde yapılan ampirik literatürdeki çalışmaların özet ve bulguları sunulmaktadır.

Çalışmanın son bölümünde ise, 1970-2015 periyodunda G-7 ülkeleri ve Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ampirik olarak analiz edilmektedir. Ampirik analizin literatüre katkısı, enerji tüketimi değişkeninin fosil ve

fosil olmayan enerji tüketimi şeklinde ayrıştırılarak yeni geliştirilen ekonometrik modellere dahil edilmesidir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAVRAMININ TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

Enerji kelimesi, Yunanca *energeia* (ἐνέργεια) kelimesinden türemiştir. Muhtemelen ilk olarak, milattan önce 4. yüzyılda Aristoteles'in çalışmalarında görülmüştür (WEB_1). "Eylemsizlik, gerçeklik, mevcudiyet" ("potansiyel"e karşılık olarak) manalarında kullanılmış fakat Orta Çağ Latin kültüründe "ifade gücü" manasında bu yanlış anlaşılmıştır. Bilimsel anlamda 1807'den sonra kullanılmaya başlanmıştır (WEB_2). Thomas Young (1773-1829), Royal Institute'de yapılan bir konferansta enerjii, bir cismin kütesinin ve hızının karesinin ürünü olarak tanımlamıştır; böylece yanlış bir formül sunmuştur (kütle yarıya indirilmelidir) ve kısıtlayıcı niteliktedir. Bundan 30 yıl sonra Britannica Ansiklopedisinin 1842'de tamamlanan yedinci baskısında, enerji "bir şeyin gücü, kuvveti veya etkinliği. Ayrıca mecazi olarak, konuşmada vurguyu ifade etmek için de kullanılır." şeklinde tanımlanan çok kısa ve bilimsel olmayan bir şekilde yer almıştır (Smil, 2006: 1).

Enerji iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir söylemle; herhangi bir sistem içinde oluşan iştir. Fizik bilim dalının temel kavramlarından, ölçülebilir bir fiziksel nicelik olan enerji, sayısal bir büyüklük olup vektörel değildir. Maddenin varlığı, bağıl konumu, maddeyi oluşturan moleküllerin ve atomların hareketleri sebebiyle iç enerjiye ve maddenin belirli bir düzlem veya karşılaştırma noktasına göre konumundan oluşan potansiyel enerji ile maddenin hareketinden oluşan kinetik ve akım enerjisi sebebiyle cisim dış enerjiiye sahiptir (Öztürk, 2008: 1, Bahar, 2005: 35). Aynı zamanda da ekonomik faaliyetlerin, dolayısıyla üretim ve tüketimin vazgeçilmez bir unsurudur (Bahar, 2005: 35). Enerji üretiminin söz konusu olduğu durumlarda, kimya biliminin kurucularından biri olarak bilinen Lavoisier'in (1743-1794) ortaya koyduğu kütlelenin (enerjinin) korunumu yasasına bakmak gerekmektedir (Yarman, 2012: 21). Termodinamiğin üç yasası göz önüne alındığında bir kaynaktan daha fazla faydalanmak ve zengin sonuçlar elde etmek mümkündür. Birinci yasaya göre (enerjinin korunumu yasası); enerji bir sistemden diğerine transfer edilebilir ama yoktan var edilemez veya yok edilemez, enerji daima korunur. İkinci yasaya göre, enerjinin transferi geri döndürülmesi mümkün olmayan bir süreçtir ve entropinin artışı veya sistemde bir bozuklukla, bazı kayıplar içermektedir. Üçüncü yasaya göre; bütün atomik hareketlerin durduğu mutlak sıfır diye bir nokta vardır ki bu noktaya ulaşılması

gereken hiçbir sistemin tam verimli olamayacağı ancak buna yaklaşabileceğidir. İlk yasaya göre, çıkan enerji, giren enerjiden büyük olamayacağı gibi birbirine eşit de olmayacaktır. İkinci yasa sistemdeki her adımda meydana gelecek kayıplara işaret etmektedir. Ancak sistemdeki adımlardan herhangi birinin veya her adımın verimlilik oranının iyileştirilmesi sistemin performansını arttırmakta ve büyük kazançlar elde edilmesini mümkün kılmaktadır (Montgomery, 2014: 8-9).

Unutulmaması gereken hiçbir enerjinin kaybolmadığı, süreç içerisinde başka bir enerji türüne dönüşebildiğidir. Enerji, çok farklı biçimlerde bulunmakla birlikte, potansiyel ve kinetik enerji olarak iki ana kategoride sınıflandırılabilir (Aydın 2016: 26-28, Öztürk, 2008: 3-7, WEB_3):

-Potansiyel enerji; bir cismin konumu ve durumu sebebiyle sahip olduğu enerji veya depolanmış enerjidir. Yerçekimine bağlı olan potansiyel enerji, cisimlerin yüksekliğine bağlı olarak sahip oldukları enerjidir. Kimyasal enerji, molekül ve atomların bağları tarafından depolanmış enerji olmakla birlikte kimyasal reaksiyonlar sonucunda ortaya çıkmaktadır. Nükleer enerji, atom çekirdekleri tarafından depolanan ve uranyum plütonyum gibi ağır atomların bölünmesi veya helyum, hidrojen, lityum gibi hafif çekirdeklerin birleşmesi sonucu ortaya çıkan enerjidir. Potansiyel enerjinin bir çeşidi olarak mekanik enerji ise, cisimlerin esnetilmesi veya gerilmesi neticesinde depolanan enerjidir.

-Kinetik enerji; hareket etkisiyle oluşan, atomların, moleküllerin, elektronların, dalgaların ve cisimlerin hareket etmesinden kaynaklanan enerji şeklidir. Isı enerjisi, maddedeki taneciklerin (atom veya moleküllerin) toplamının ortalama kinetik enerjisidir ve ısıtılan maddedeki taneciklerin birbiriyle yaptıkları çarpışmaların artması sonucu ortaya çıkmaktadır. Ses enerjisi, titreşim veya maddenin salınımı ile ilgili bir enerji türü olup, ses dalgası yayıldığında cisimlere çarparak ısı ve hareket enerjisi gibi başka enerji türlerine dönüşebilmektedir. Radyant enerji (ısı ve ışık saçan); elektromanyetik dalgaların hareketinden oluşan enerji biçimidir. Kinetik enerjinin bir türü olan hareket enerjisi, cisimlerin hareket etmesiyle depolanan enerji iken son olarak elektrik enerjisi de, elektron olarak bilinen yüklü çok küçük parçacıkların bir iletken kablo içinde hareketi ile dağıtılmaktadır.

Enerji, dünya oluştuğundan bu yana var olmakla birlikte insanlığın enerjiyi kullanmaya başlaması, enerjinin dönüştürülerek ikincil enerji olması, enerji kaynakları ve kullanım alanlarının çeşitlenmesiyle hem üretim faaliyetlerinde hem de tüketim

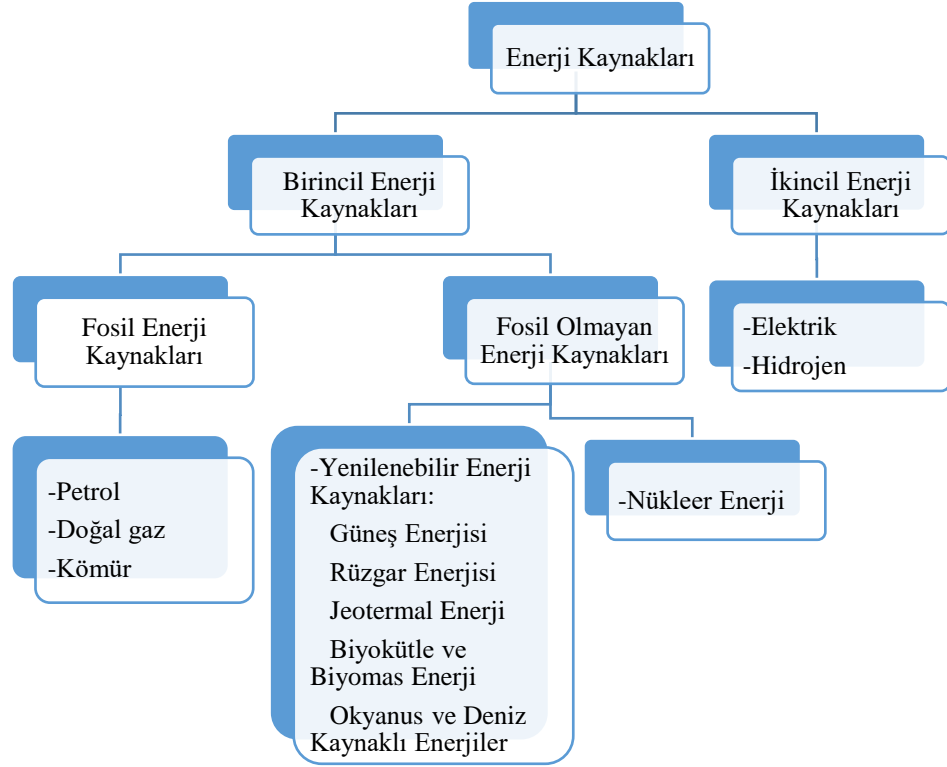
faaliyetlerindeki vazgeçilmez olması ve artan önemi, enerjiyi ekonomik faaliyetlerden biri haline getirmiştir. Enerji ekonomisi alanında yazılmış ilk önemli eser kabul edilen “l’Economie de l’Energie – Y.MAINGUY (1967)”de enerji ekonomisi “genel ekonomik perspektiflerde optimum ekonomik duruma göre program oluşturan bilim dalı” olarak tarif edilmektedir (Yücel, 1994: 11).

Enerji ekonomisi, enerji kaynaklarının varlığını ve enerji kaynakları düzeyinde ekonomik faaliyetlerdeki rolü ele alan bir bilim dalı olmakla birlikte, teknolojik ve bilimsel gelişmelerin, jeopolitik stratejilerin, çevresel duyarlılığın, makroekonomik amaçların bulunduğu bir alandır (Bilginoğlu, 2012: 2-3). Enerji ile ilgili konular uzunca bir süredir incelenip analiz ediliyor olmasına rağmen 1970’lerden itibaren¹ bağımsız bir bilim dalı olarak kabul edilmiştir. Enerji ekonomisi; ekonominin en temel sorunu olan kıt kaynakların tahsisi ile ilgilenmekle beraber, inceleme alanında enerji arz ve talebinin mikroekonomik analizi, enerji sektöründe yatırımlar, teşvikler, vergiler ve projelerin finansmanı ile enerji sektörünün diğer sektörlerle etkileşimini inceleyen makroekonomik analiz yer almaktadır (Aydın, 2016: 45-46). Bu yönüyle disiplinler arası çalışma gerektirmektedir. Bu açıdan öncelikle ekonomik faaliyetlerde kullanılan enerji türlerini sınıflandırmak yerinde olacaktır.

Enerji kaynakları literatürde farklı sınıflandırmalarla açıklanmaktadır. Doğadaki niteliklerine göre enerji kaynakları (birincil ve ikincil enerji kaynakları), ticari olup olmamasına göre enerji kaynakları (kullanımı ekonomik olan ve kullanımı ekonomik olmayan), yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları ile enerjiyi elde etmek ve kullanmak için kullanılan teknolojiye göre geleneksel ve yeni enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır (Bilginoğlu, 2012: 3, Bhattacharyya, 2011: 10-11). Çalışmada enerji kaynakları söz konusu sınıflandırmalar ve uygulama kısmında kullanılan veriler göz önünde bulundurularak, daha genel ve kapsayıcı bir şekilde gruplandırılmaya çalışılmıştır. Örneğin nükleer enerji literatürde kimi zaman yenilenebilir kimi zaman yenilenemeyen enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Bu belirsizliği ortadan kaldırmak için tarafımızca nükleer enerji, enerji kaynakları fosil ve fosil olmayan enerji kaynakları ayrımı göz önünde bulundurularak yenilenebilir enerji kaynaklarından ayrı olarak değerlendirmeye tabi tutulmaktadır. Diğer bir deyişle, Şekil 1.1.’de görüldüğü gibi

¹ 1973 yılında meydana gelen petrol krizi, 1960 yılında petrol üretimini ve petrol fiyatlarını kontrol edebilmek için petrol ihraç eden 11 ülke tarafından kurulan OPEC’in, ekonomilerin en temel üretim girdisi olan petrol fiyatlarını yaklaşık dört kat arttırması, olumsuz arz şoklarına sebep olmuştur.

nükleer enerji fosil olmayan enerji kaynakları arasında yer almakta, ancak alt sınıflandırmada yenilenebilir enerji kaynaklarından ayrı olarak değerlendirilmektedir. Buna göre, enerji kaynakları doğada buldukları niteliklere göre, birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak ele alınmış, birincil enerji kaynakları fosil ve fosil olmayan enerji kaynakları ayrımına tabi tutularak analize konu edilmiştir.



Kaynak: Sınıflandırma Asafu-Adjaye vd. (2016) çalışmasından esinlenilerek ekonometrik uygulamada kullanılan verilerle ilişkili olarak oluşturulmuştur.

Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

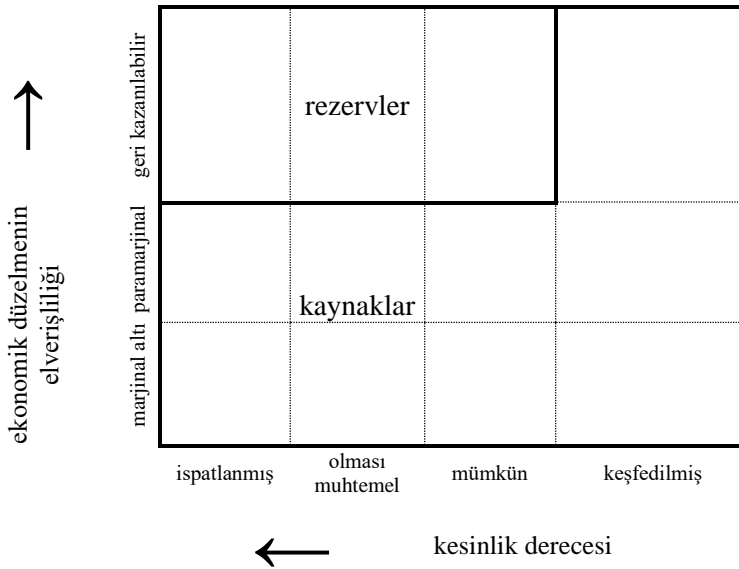
Bu kapsamda, enerji kaynaklarının sınıflandırılması Şekil 1.1.'de görülmektedir. Birincil enerji kaynakları, fosil olmayan (güneş, rüzgar, jeotermal, hidrolik, biokütle, dalga) ve fosil (petrol, doğal gaz, kömür) enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır. İkincil enerji kaynakları ise, elektrik enerjisi gibi dönüştürülmüş olan yeni enerji formlarını ifade etmektedir. Dünya enerji kullanımının kaynaklara göre değişimi ekonomik, sosyal, siyasal ve çevresel faktörlerle zamanla değişmekte olup, dünyada ve incelenen ülkeler özelinde yapılan analiz Şekil 1.1.'de yer alan sınıflandırmaya göre sonraki bölümlerde yer almaktadır.

1.1. Birincil Enerji Kaynakları

Enerji kaynaklarının literatürde sınıflandırılmasında farklı yöntemlere başvurulmaktadır. Bu yöntemlerden birisi olan birincil-ikincil sınıflandırma yöntemi, enerjinin dönüştürülüp dönüştürülmediği kriterine dayanmaktadır. Birincil enerji temizleme ve ayrıştırma dışında herhangi bir işleme tabi olmadan doğada oluşan enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynaklarına ham petrol, güneş ışığı, kömür, rüzgar, nehirler ve uranyumu örnek olarak vermek mümkündür (Aydın, 2016: 29).

1.1.1. Fosil Enerji Kaynakları

Tüm fosil yakıtlar yenilenemeyen maden kaynaklarının geniş kategorisi içinde yer almaktadır. Onların aşırı kullanımları fiziksel tükenmesi olarak görülmesine rağmen, bu doğru bir görünüm değildir. Konuya ilişkin yakıtların sürekli oluştuğunu, çokça çıkarılmalarının yenilenme oranlarını aştığı için “sürdürülemez kaynaklar” teriminin daha uygun düşeceği literatürde belirtilmektedir (Smil, 2008: 205).



Kaynak: Yücel, 1994; Smil, 2008: 205

Şekil 1.2. Mc Kelvey Diyagramı

Enerji kaynakları ve rezervleri yeryüzünde homojen bir şekilde dağılmamış olup bazı bölgelerde yoğunlaşarak, bu bölgelerde çok geniş sınırlar içinde değişebilen hacimlerde ve değişik fiziki özelliklerde bulunmaktadır. Enerji rezervleri ve enerji kaynakları arasında jeolojik ve ekonomik açıdan bir ayırım söz konusudur (Yücel, 1994: 31):

Rezervler, jeolojik açıdan nispeten iyi tanınmakla birlikte, yerleri, hacimleri ve kaliteleri bilinmekte ve mevcut ekonomik koşullar altında üretilebilmektedir.

Enerji kaynakları, jeolojik açıdan iyi tanınan ancak üretimleri ekonomik sayılmayan (pahalı) ve jeolojik açıdan az tanınan veya tanınmayanlardır.

Mc Kelvev diyagramındaki kategoriler arasındaki sınırlar net olmamakla birlikte değişiklik gösterebilmektedir. Ekonomik ve teknik koşullara bağlı olarak rezervler artış veya azalış gösterebilmektedir. Devam eden üretimler sebebiyle rezervler bir taraftan eksilirken, araştırmalar, yeni buluşlar veya eski rezervlerin revizyonu ile artabilmektedir. Petrol fiyatlarının düşmesi gibi sebeplerle bazı rezervler ekonomik olmaktan çıkıp, fiyat artışından sonra tekrar kullanılabilir (Yücel, 1994: 32).

1.1.1.1. Petrol

Petrol, Latince *petra* (kaya, taş) ve *oleum* (yağ) kelimelerinin birleşmesinden oluşan *petroleum* (yağlı taş) kelimesinin dilimizdeki kullanımınıdır. Petrolün insanlar tarafından kullanılması milattan önceki dönemlerde gerçekleşmesine rağmen, ticari anlamda petrolün bulunması, işlenmesi ve kullanımının yaygınlaşması 1850'li yıllardan sonra olmuştur (Özsabuncuoğlu ve Uğur, 2005: 179).

Petrol, başlıca hidrojen ve karbondan oluşan (bu sebeple hidrokarbon olarak da adlandırılır) ve içerisinde az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunan çok karmaşık bir bileşimdir. Normal şartlarda katı, sıvı ve gaz halde bulunabilmektedir. Yeryüzüne çıkarıldıklarında atmosferik basınç ve sıcaklık koşullarında sıvı halde bulunan hidrokarbonlar; petrol ve gaz halde bulunan petrol ise; imal edilmiş gazdan ayırt edilmek için genelde doğal gaz olarak adlandırılırlar (WEB_4a, Sevim, 2015: 202).

Petrolün yarım milyar yıldan fazla bir zaman önce, jeolojik zaman olarak Prekambriyen dönem kadar erken bir tarihte oluştuğu bilinmektedir. Prekambriyen dönemden Devoniyen döneme kadar deniz organizmaları (çoğunlukla algler, fitoplanktonlar ve bakteriler gibi bitkiler) oksijensiz ortamda çürümeden birikmiştir ve petrolün temel kaynağını oluşturmaktadır. Eğer birikimler oldukça hızlı oluşur veya derin su gibi sebeplerden dolayı oksijensiz bir ortam mevcut olursa, bu tür anaerobik koşullar meydana gelmektedir. Sığ deniz alanları daha derine gömülmüş bol bitki yaşamına sahiptir ve tortu biriktikçe bakteriyel hareketle birlikte kerojen oluşmuştur. Isı ve basınç son olarak, kerojenden petrol ve gazı oluşturmuştur. Petrol 60-120 °C ve gaz 120-255 °C basınç altında oluşmaktadır (Dahl, 2015: 16).

Eski çağlarda petrol tıbbi amaçlarla kullanılmış, 18. yüzyılın sonunda Parisli bir eczacının petrol lambasını bulmasıyla petrol piyasası oluşmuştur. 1850'lerde tıbbi ve aydınlatma ihtiyacı sebebiyle petrol tüketimi artmış ve petrol aramaları başlamıştır. ABD'de Pensilvanya'da petrol arayanların bir bölümü Edwin L. Drake yönetiminde "Seneca Oil Company"i bu sıralarda kurmuşlardır. İlk petrol kuyusu 1859 yılında, Drake'in yüzeysel sızıntıların altında bir sondaj yapması ile 23 metre derinlikte bulunmuştur (Yücel, 1994: 84).

1859'da Pensilvanya'da Edwin Drake'in ilk petrol kuyusundan önce, insanlar pahalı bir yöntemle aydınlanıyorlardı. Günümüzde hala rafine petrol ürünleri için kullandığımız terim olan ve 1850'lerde bir marka ismi olan, asfalt veya kömürden elde edilen sıvı olan Kerosen üretimi oldukça pahalıydı. Satışında zorlanmadan 1859'da 20 dolar/varil (2010 için yaklaşık 500 dolar/varil) den satılmış, diğer "kaya petrolü"nin bulunması ve piyasaya girmesiyle fiyatlar hızlıca düşmüş ve 1860 da ortalama 9,31 dolar/varil (2010 için 232 dolar/varil) olmuştur (Hamilton, 2012: 3-4).

Enerji piyasasının ana faktörü ve diğer enerji kaynaklarının üretim ve fiyat oluşumlarını yönlendiren temel enerji kaynağı petroldür. Petrol, kömürün yerini ikame ettiği zamandan itibaren, diğer enerji kaynaklarıyla birlikte neredeyse tüm sektörlerde fiyat değişimleri ile büyük bir etkiye sahiptir (Kablamacı, 2011: 29).

Petrol, keşfedildiği ve kullanılmaya başlandığı günden bu güne kadar bir enerji kaynağı olarak ekonomik, siyasi ve politik etkileri itibariyle çok önemli bir yer tutmuştur. 1970'lerde yaşanan petrol krizi sebebiyle ülkelerin yaşadığı ekonomik krizler bazı dersler çıkarılmasını beraberinde getirmiş, aynı zamanda petrole olan bağımlılığın azaltılmasına yönelik arayışlar da oluşturmuştur. Böylelikle alternatif enerji kaynaklarının önemi artmış, elektriğin başka kaynaklardan üretilmesi petrolün kullanım alanını sınırlandırmıştır. Lakin petrolün kullanıldığı ana sektör ulaşımdır ve ulaşımda petrolün yerini alabilen teknolojiler henüz kullanılamamaktadır. Her ne kadar kara ulaşımında elektrikli motorlu araçlar üretilmeye başlandıysa da, hava ve deniz ulaşımında hala petrol kullanılmaktadır.

BP (2016) Dünya Enerji Görünümü Raporu'na göre, 1980 yılı dünya ispatlanmış petrol rezervi 683,4 milyar varil, 2000 yılında 1300,9 milyar varil, 2010 yılı 1636,5 ve 2015 yılı için 1697,6 milyar varil olarak ifade edilmektedir. 1980 ve 2000 yılları baz alındığında 20 yıllık dünya ispatlanmış petrol rezervi 1,9 kat (%90) artmış iken, 2000-2015 yılları için hesaplandığında artış 1,3 kat (%30) olarak gerçekleşmektedir. Dünya

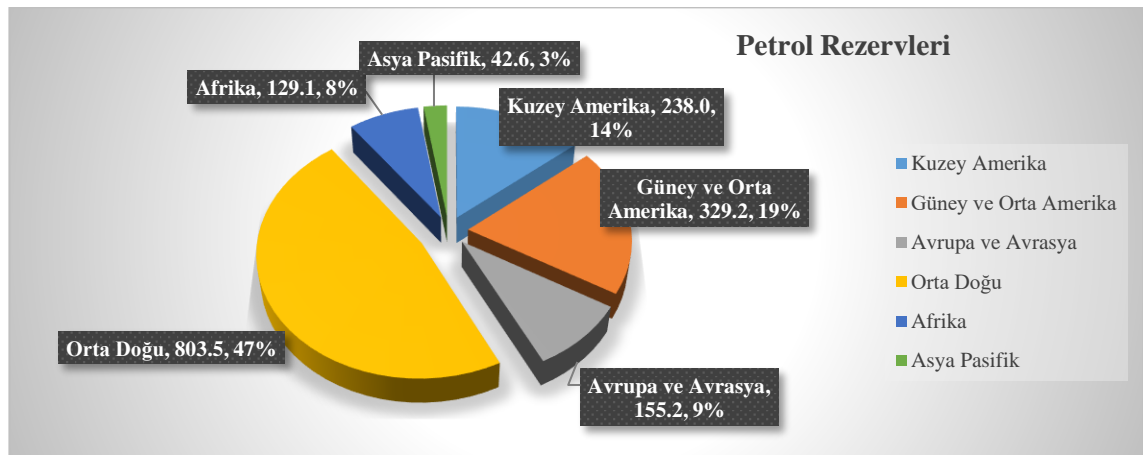
petrol rezerv miktarı 2014 yılına göre (1700 milyar varil) yaklaşık 2,5 milyar varil azalmış olmakla birlikte dünya petrol rezerv ömrü 52,2 yıldan 50,7 yıla gerilemiştir. En büyük rezerv artışı 1,5 milyar varil (%22,4) ile Norveç'te ve en büyük rezerv azalışı ise 3,2 milyar varil (%19,7) ile Brezilya'da gerçekleşmiştir.

Tablo 1.1. Dünya Kanıtlanmış Petrol Rezervleri (milyar varil)

Sıra	Ülkeler	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı	Rezerv ömrü (yıl)
1	Venezüella	19.5	60.1	76.8	296.5	300.9	17.7%	313.9
2	Suudi Arabistan	168.0	260.3	262.8	264.5	266.6	15.7%	60.8
3	Kanada	39.5	40.3	181.5	174.8	172.2	10.1%	107.6
4	İran	58.3	92.8	99.5	151.2	157.8	9.3%	110.3
5	İrak	30.0	100.0	112.5	115.0	143.1	8.4%	97.2
6	Rusya	n/a	n/a	112.1	105.8	102.4	6.0%	25.5
7	Kuveyt	67.9	97.0	96.5	101.5	101.5	6.0%	89.8
8	BAE	30.4	98.1	97.8	97.8	97.8	5.8%	68.7
9	ABD	36.5	33.8	30.4	35.0	55.0	3.2%	11.9
10	Libya	20.3	22.8	36.0	47.1	48.4	2.8%	306.8
Dünya Toplamı		683.4	1027.5	1300.9	1636.5	1697.6	85.0%	50.7

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Dünya petrol rezervlerinin %47,3'ü Orta Doğu ülkelerinde, %19,4'ü Güney ve Orta Amerika ülkelerinde, %14'ü Kuzey Amerika ülkelerinde, %9,1'i Avrupa ve Avrasya coğrafyasında, %7,6'sı Afrika ülkelerinde ve %2,5'i Asya Pasifik'te bulunmaktadır. Ayrıca, 2015 yılı dünya petrolünün ülkelere göre dağılımına göz atılacak olunursa; ilk sırada %17,7 oranıyla Venezüella, sonrasında %15,7 oranıyla Suudi Arabistan ve %10,1 oranıyla Kanada yer almaktadır. En büyük rezervlere sahip olan on ülke dünya petrol rezervleri toplamının %85'ine sahiptir. Kanada ve Rusya hariç, geri kalan ülkeler de aynı zamanda OPEC üyesi ülkelerdir.



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

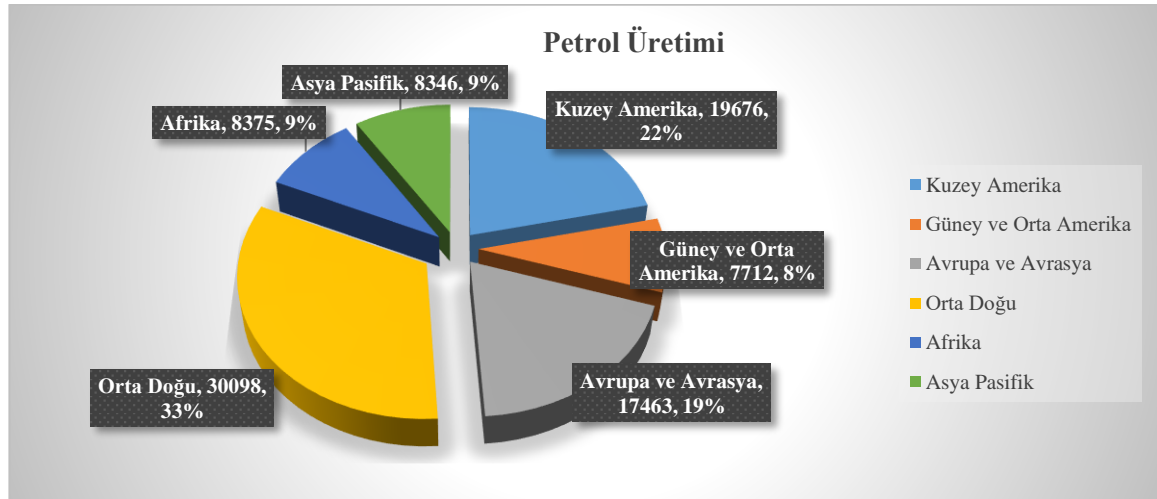
Şekil 1.3. 2015 Yılı Dünya Petrol Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı (milyar varil)

Dünyada en fazla petrol üreten ülkeler yıllar itibariyle aşağıdaki Tablo 1.2.'de gösterilmektedir. 1970 yılında dünya petrol üretimi yaklaşık 48 milyon varil iken, 2015 yılında 91,6 milyon varildir. Artış oranı 1970-2000 yılları baz alındığında %56 iken, 2000-2015 yılları arasında %22 olarak gerçekleşmektedir. En fazla petrol üreten ülkeler ise, sırasıyla Suudi Arabistan, ABD, Rusya, Kanada olarak yer almaktadır. Söz konusu ülkelerin dünya petrol üretimi içindeki 2015 yılı oranları ise yine sırasıyla; %13, %13, %12,4 ve %4,9 olarak ifade edilmektedir. Tablolardan da görüldüğü gibi Venezüella dünyadaki ispatlanmış en büyük petrol rezervine sahip olan ülke olmasına rağmen, günlük en fazla petrol üreten ülkeler arasında gerilerde kalmaktadır.

Tablo 1.2. En Fazla Petrol Üreten Ülkeler (bin varil/günlük)

Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
Suudi Arabistan	3851	10270	7105	9470	10075	12014	13.0%
ABD	11297	10170	8914	7732	7550	12704	13.0%
Rusya	n/a	n/a	10342	6583	10366	10980	12.4%
Kanada	1473	1764	1968	2703	3332	4385	4.9%
Çin	616	2122	2778	3257	4077	4309	4.9%
İrak	1549	2658	2149	2613	2490	4031	4.5%
İran	3848	1479	3270	3852	4420	3920	4.2%
BAE	762	1745	2283	2660	2895	3902	4.0%
Kuveyt	3036	1757	964	2244	2561	3096	3.4%
Venezüella	3754	2228	2244	3097	2838	2626	3.1%
Dünya	48056	62959	65386	74922	83283	91670	67.4%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.4. 2015 Yılı Dünya Petrol Üretiminin Bölgesel Dağılımı (bin varil/günlük)

Öte yandan 2015 yılı için dünya petrol üretiminin bölgesel dağılımı Şekil 1.4.'te yer almaktadır. Şekil 1.4.'e göre; dünyadaki petrol üretiminin en büyük kısmı %33 oranıyla Orta Doğu ülkelerinde, %22'lik kısmı Kuzey Amerika ülkelerinde, %19'luk

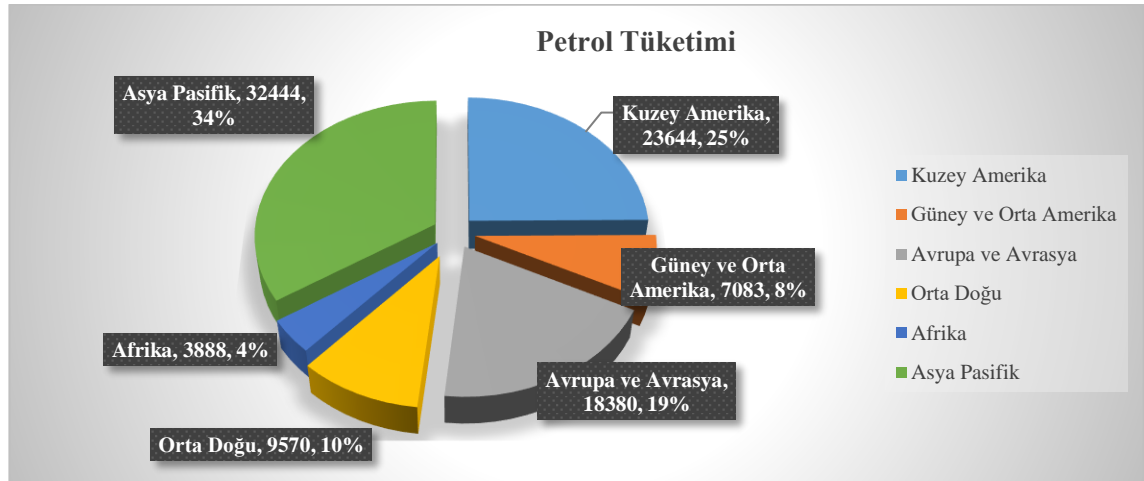
kısmı ise Avrupa ve Avrasya'da gerçekleştirilmektedir. Orta Doğu hem dünya petrol rezervlerine sahip olma hem de fazla petrol üretme açısından ilk sırada yer almaktadır.

Dünyada en fazla petrol tüketen ülkeler ise yıllar itibariyle aşağıda yer alan Tablo 1.3.'te gösterilmektedir. 1970-2000 yılları arasında dünyadaki petrol tüketimindeki değişiklik 1,7 kat (%70) iken, 2000-2015 yılları için aynı oran %23 (1,2 kat)'dır. 2015 yılında petrol tüketiminde ilk sırada %19,7 oranıyla ABD, %12,9 oranıyla Çin ve %4,5 oranıyla Hindistan yer almaktadır. Hindistan'ı Japonya, Suudi Arabistan, Rusya, Brezilya, Güney Kore gibi ülkeler takip etmektedir. Petrol rezervi ve üretimi açısından ilk sıralarda yer alan Suudi Arabistan, petrol tüketiminde alt sıralarda yer almaktadır.

Tablo 1.3. En Fazla Petrol Tüketen Ülkeler (bin varil/günlük)

Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
ABD	14710	17062	16988	19701	19180	19396	19.7%
Çin	554	1707	2297	4697	9436	11968	12.9%
Hindistan	390	643	1211	2259	3319	4159	4.5%
Japonya	3876	4905	5240	5542	4442	4150	4.4%
Suudi Arabistan	435	592	1136	1627	3218	3895	3.9%
Rusya	n/a	n/a	5042	2540	2878	3113	3.3%
Brezilya	516	1134	1454	2066	2721	3157	3.2%
Güney Kore	162	476	1041	2260	2370	2575	2.6%
Almanya	2765	3014	2685	2746	2445	2338	2.5%
Kanada	1472	1898	1747	2043	2324	2322	2.3%
Dünya	45229	61401	66667	76988	88765	95008	59.3%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.5. 2015 Yılı Dünya Petrol Tüketiminin Bölgesel Dağılımı (bin varil/günlük)

2015 yılında petrol tüketiminin bölgesel dağılımında ilk sırada %34 oranıyla Asya Pasifik, ikinci sırada %25 oranıyla Kuzey Amerika, üçüncü sırada %19 oranıyla Avrupa ve Avrasya, dördüncü sırada ise %10 oranıyla Orta Doğu ülkeleri ve izleyen diğerleri yer

almaktadır. Bölgesel dağılımlar açısından Orta Doğu bölgesi en fazla petrol üreten bölge olmasına rağmen, tüketimde gerilerde seyretmektedir.

1.1.1.2. Doğal Gaz

Doğal gaz petrolün oluşumu sürecinde, petrol yataklarında ham petrolün içine karışık olarak veya onun üzerinde ayrılmış olarak bulunmaktadır (Özsabuncuoğlu ve Uğur, 2005: 182). Bir petrol türevi olan doğal gaz; yanıcı, havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gaz olmakla birlikte, başta metan (CH_4) ve etan (C_2H_6) olmak üzere çeşitli hidrokarbonlardan oluşmaktadır. Kaynağından çıkarıldığı haliyle herhangi bir işlemde geçirilmeksizin kullanılabilen doğal gaz, boru hatları ile veya sıvılaştırılarak (NGLs-sıvılaştırılmış doğal gaz) tankerlerle taşınmaktadır (WEB_4b). Bu yüzden, doğal gazı çıkarmak göreceli daha kolay olsa da, sistemin ilk kuruluş maliyeti daha yüksek olmaktadır (Özsabuncuoğlu ve Uğur, 2005: 182). İlk doğal gaz 1920'de ABD'de çıkarılmış, II. Dünya Savaşı'ndan sonra büyük yatakların bulunmasıyla birlikte Avrupa'da da kullanılmaya başlanmış ve dünyada kullanımı hızla gelişmiştir (Yücel, 1994: 46).

Doğal gaz petrolün bulunmasından önce bilinmesine ve ara ara değerlendirilmesine rağmen gaz uzun bir süre arka planda kalmıştır. İlk dönemlerde petrol ve kömürün ucuz olması ve gazın stoklanması ve taşınması sorunlarına yönelik çözüm arayışlarını geciktirmiştir. Kısa mesafeler için uygun ilk boru hattının inşaa edilmesi 1982 yılında gerçekleştirilebilmiştir. Sonraları demir-çelik sanayisinin ihtiyaç duyduğu enerji için doğal gaza yönelmesi bu enerji kaynağının önemini artırmıştır (Yücel, 1994: 107).

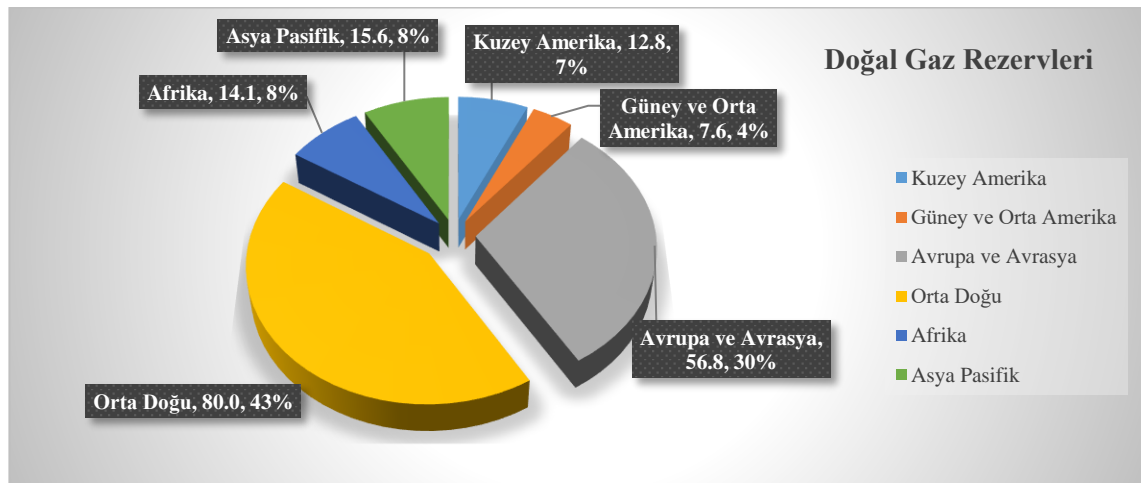
Dünya doğal gaz rezerv miktarı 1995 yılında 119,9 trilyon metreküp, 2005 yılında 157,3 trilyon metreküp ve 2015 yılında dünya ispatlanmış doğal gaz rezervi 186,9 trilyon metreküp olarak gerçekleşmiştir. Dünya doğal gaz rezerv ömrü 52,8 yıl olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte doğal gaz rezerv ömrü Orta Doğu ülkelerinde 129,5 yıl, Avrupa ve Avrasya ülkelerinde 57,4 yıl olmakla birlikte, İran'ın rezerv ömrü 176,8 yıl, Katar 135,2 yıl ve Rusya'nın %56,3 yıl, Türkmenistan'ın ise 241,4 yıl olarak belirtilmektedir (BP, 2016).

Tablo 1.4. Dünya Kanıtlanmış Doğal Gaz Rezervleri (trilyon m³)

Sıra	Ülkeler	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı	Rezerv ömrü (yıl)
1	İran	14.1	17.0	26.0	33.1	34.0	18.2%	176.8
2	Rusya	n/a	n/a	30.6	31.5	32.3	17.3%	56.3
3	Katar	2.8	4.6	14.4	25.0	24.5	13.1%	135.2
4	Türkmenistan	n/a	n/a	2.3	10.2	17.5	9.4%	241.4
5	ABD	5.6	4.8	5.0	8.6	10.4	5.6%	13.6
6	Suudi Arabistan	3.2	5.2	6.3	7.9	8.3	4.5%	78.2
7	BAE	2.4	5.6	6.0	6.1	6.1	3.3%	109.2
8	Venezuela	1.3	3.4	4.2	5.5	5.6	3.0%	173.2
9	Nijerya	1.2	2.8	4.1	5.1	5.1	2.7%	102.1
10	Cezayir	3.7	3.3	4.5	4.5	4.5	2.4%	54.3
Dünya Toplamı		71.6	109.4	139.3	176.2	186.9	79.4%	52.8

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Dünyadaki kanıtlanmış doğalgaz rezervlerinin ülkeler ve yıllara göre ayrımı yukarıdaki Tablo 1.5.'te yer almaktadır. Tablo 1.4.'e göre; en büyük doğal gaz rezervine 34 trilyon m³ ile İran ve 32,3 trilyon m³ ile Rusya Federasyonu sahiptir. Bu ülkeleri %13,1 rezerv payına sahip olan Katar ve %9,4 paya sahip olan Türkmenistan takip etmektedir. Doğal gaz rezerv büyüklükleri bakımından ilk on ülke, dünya toplam rezervinin yaklaşık %80'ine sahiptir. Sadece İran, Rusya, Katar ve Türkmenistan doğal gaz rezervlerinin %58'ine sahiptir. Türkiye coğrafyasına komşu ve yakın ülkeler olan Rusya, BDT ve Ortadoğu ülkeleri rezervlerin yaklaşık %66'sına sahiptir.



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.6. 2015 Yılı Dünya Doğal Gaz Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı (trilyon m³)

Dünya doğal gaz rezervinin %42,8'i (80 trilyon m³) Orta Doğu ülkelerinde, %30,4'ü (56,8 trilyon m³) Avrupa ve Avrasya ülkelerinde, %8,4'ü (15,6 trilyon m³) Asya Pasifik ülkelerinde, %7,5'i (14,1 trilyon m³) Afrika ülkelerinde, %6,8'i (12,8 trilyon m³)

Kuzey Amerika ülkelerinde ve %4,1'i (7,6 trilyon m³) Güney ve Orta Amerika ülkelerinde bulunmaktadır.

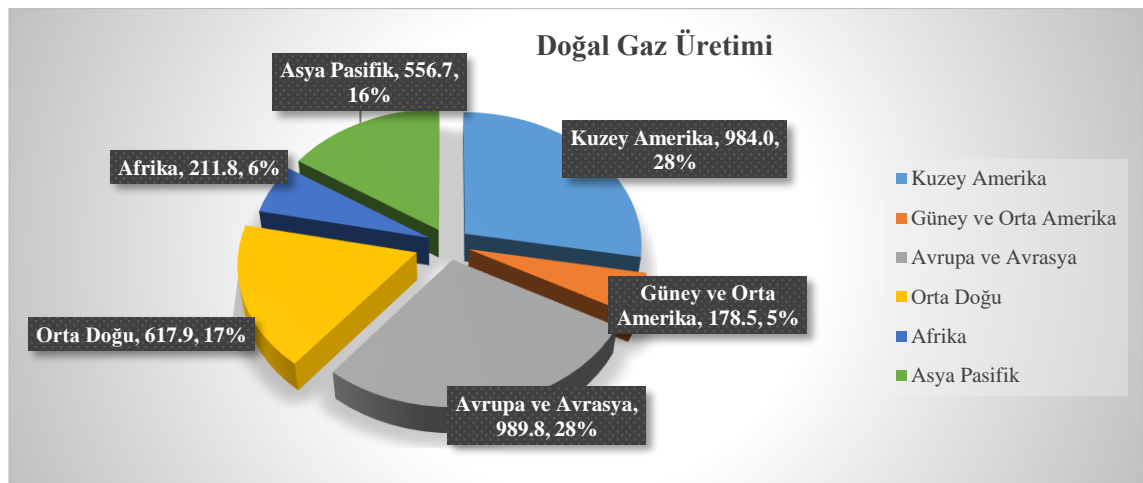
Dünyada yıllar itibariyle ülkeler bazında doğalgaz üretimi Tablo 1.5.'de yer almaktadır. 1970-2000 yılları arasındaki dünya doğalgaz üretimi yaklaşık 2,5 kat (%144) artmışken, 2000-2015 yılları için aynı oran %46 (yaklaşık 1,5 kat) olarak gerçekleşmiştir. 2015 yılı için en fazla doğal gaz üreten ülkelere bakıldığında; dünya payı bazında ilk sırada % 22 oranıyla ABD, ikinci sırada %16,1 oranıyla Rusya ve % 5,1 oranıyla İran yer almaktadır. İran'ı Katar, Kanada, Çin, Norveç ve Suudi Arabistan izlemektedir.

Tablo 1.5. En Fazla Doğal Gaz Üreten Ülkeler (milyar m³)

Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
ABD	595.1	549.4	504.3	543.2	603.6	767.3	22.0%
Rusya	n/a	n/a	590.0	528.5	588.9	573.3	16.1%
İran	3.7	4.8	26.2	59.6	152.4	192.5	5.4%
Katar	1.0	4.7	6.3	24.9	131.2	181.4	5.1%
Kanada	56.7	74.8	108.6	182.2	159.9	163.5	4.6%
Çin	3.0	14.7	15.8	28.1	99.1	138.0	3.9%
Norveç	-	25.1	25.5	49.8	107.3	117.2	3.3%
Suudi Arabistan	1.6	9.7	33.5	49.8	87.7	106.4	3.0%
Cezayir	2.5	14.7	49.4	87.8	80.4	83.0	2.3%
Endonezya	1.2	18.5	43.9	69.6	85.7	75.0	2.1%
Dünya	991.9	1434.7	1981.7	2421.0	3208.5	3538.6	67.8%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

2015 yılı için doğal gaz üretiminin bölgesel dağılımında ilk sırada Avrupa ve Avrasya, ikinci sırada Kuzey Amerika, sonrasında ise Orta Doğu ve Asya Pasifik yer almaktadır. Doğal gaz üretiminin bölgesel dağılımı Şekil 1.7.'de yer almaktadır.



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.7. 2015 Yılı Dünya Doğal Gaz Üretiminin Bölgesel Dağılımı (milyar m³)

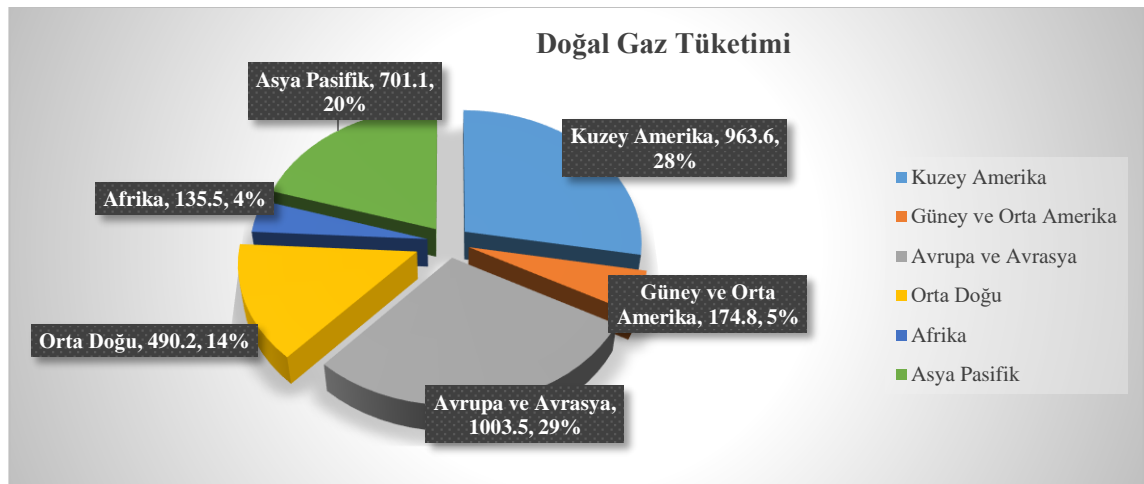
Şekil 1.7.'de görüleceği üzere en büyük üretimi %28'lik pay ile Kuzey Amerika ve Avrupa ve Avrasya gerçekleştirmektedir. Orta doğu %17'lik üretimiyle üçüncü sırada yer alırken Güney ve Orta Amerika %5'lik üretimiyle son sırada yer almaktadır.

Dünyada en fazla doğal gaz tüketen ülkeler yıllar itibariyle Tablo 1.6.'da yer almaktadır.1970-2000 yılları için doğal gaz tüketimindeki artış %147 iken, 2000-2015 yılları için aynı oran %43 olarak gerçekleşmektedir. Dünyadaki doğal gaz tüketimi 1970 yılında 978,6 milyar m³, 2015 yılında ise 3468,6 milyar m³'tür. 2015 yılı için en çok doğal gaz tüketen ülkeler arasındaki paylara bakıldığında; ilk sırada %22,8 ile ABD, %11,2 ile Rusya, %5,7 ile Çin yer almaktadır. Çin'i sırasıyla İran, Japonya, Suudi Arabistan, Kanada gibi ülkeler izlemektedir.

Tablo 1.6. En Fazla Doğal Gaz Tüketen Ülkeler (milyar m³)

Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Pay
ABD	598.6	562.9	542.9	660.7	682.1	778.0	22.8%
Rusya	n/a	n/a	407.6	360.4	414.1	391.5	11.2%
Çin	3.0	14.7	15.8	25.3	111.2	197.3	5.7%
İran	2.7	4.8	24.1	62.9	152.9	191.2	5.5%
Japonya	3.4	24.1	48.1	72.3	94.5	113.4	3.3%
Suudi Arabistan	1.6	9.7	33.5	49.8	87.7	106.4	3.1%
Kanada	36.4	52.2	66.9	92.7	95.0	102.5	2.9%
Meksika	10.2	23.0	27.5	40.8	72.5	83.2	2.4%
Almanya	15.3	58.3	60.9	79.2	84.1	74.6	2.1%
BAE	0.8	4.9	16.9	31.4	60.8	69.1	2.0%
Dünya	978.6	1433.2	1956.2	2421.8	3201.4	3468.6	61.0%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.8. 2015 Yılı Dünya Doğal Gaz Tüketiminin Bölgesel Dağılımı (milyar m³)

Şekil 1.8.'de görüldüğü gibi, 2015 yılı için doğal gaz tüketiminin bölgesel dağılımında ilk sırada %29 oranıyla Avrupa ve Avrasya, %28 oranıyla Kuzey Amerika,

%20'lik payla Asya Pasifik, %14 oranıyla Orta Doğu, %5 oranıyla Güney ve Orta Amerika, % 4'lik oranla Afrika yer almaktadır.

19. yüzyılın en önemli enerji kaynağı olan kömür, 20. yüzyılda yerini petrole ve 21. yüzyılda doğal gazla bırakmıştır. 21. yüzyılın en önemli yakıtının doğalgaz olduğu bilinmekte ve bu dönem doğal gaz çağı olarak adlandırılmaktadır. Bu yüzyılda çok miktarda ve dünyanın çeşitli yerlerinde yeni doğalgaz kaynakları keşfedilerek, üretilmeye başlanmıştır. Uzun dönemde de enerji karmasında doğalgazın payının artması, kömürün payının düşmesi beklenmektedir (Telli, 2016: 20).

1.1.1.3. Kömür

Kömürün içerdiği ana element karbon olmakla birlikte, içeriğinde hidrojen, oksijen, azot, kükürt ve diğer elementler de yer almaktadır. Kömür terimi, değişik fiziksel ve kimyasal karakteristikleri olan organik kökenli yakıtların tamamı için kullanılmaktadır. Kömür bataklıklarda veya zaman zaman çökmelere uğrayan geniş nehir deltalarında yetişen bitkilerin ayrışması sonucu ortaya çıkan malzemenin turba dönüşmesi ve yer kabuğunun hareketi sonucu turb katmanının daha derinlere gömülerek, ısı ve biyokimyasal tepkimelere girmesiyle oluşmaktadır. Kömürleşme sürecinde oksijen ve hidrojenin atılması, kömürün karbon içeriğini arttırmaktadır. Bu sırada oluşan metan ya atmosfere kaçar ya da petrol oluşumuna benzer bir biçimde jeolojik kapanlarda geçirgen olmayan katmanlar arasında doğal gaz rezervuarlarını meydana getirmektedir (Yücel, 1994: 51)

Farklı kömür türlerini uluslararası düzeyde kullanmak için sınıflandırmak iki nedenle güçtür. Kömür kategorileri arasındaki ayrımlar, kalori değeri, uçucu madde içeriği, sabit karbon içeriği, kekleşme ve koklaştırma özellikleri veya bu kriterlerden bazılarının bir arada ele alındığı ulusal ve uluslararası sınıflandırma sistemlerinde değişiklik göstermektedir. Kömürün, belirli bir kategori içindeki göreceli değeri, nem ve külün seyreltme derecesine ve kükürt, klor, fosfor ve bazı eser elementlerin bulaşmasına bağlı olsa da, bu faktörler kategoriler arasındaki ayrımları etkilememektedir. Kömür kalitesi çeşitlilik göstermekle birlikte, mevcut açıklayıcı ve analitik bilgilerin, ifade ettiği kömürün bütününe gerçekten temsil ettiğinden emin olmak her zaman mümkün değildir (IEA, 2016a: I.3-I.4).

Kömürlerin; kömürleşme süreci ve yataklanma, nem içeriği, kül ve uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, kükürt ve mineral madde içeriklerinin yanı sıra jeolojik,

petrografik, fiziksel, kimyasal ve termik özellikler bakımından gösterdiği farklılıklar, kömürlerin birbirine benzer özellikler ve yakın değerler temelinde sınıflandırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu bakımdan kömür rezervlerine sahip, kömür üretimi yapan ülkeler kendi kömürlerinin özelliklerine göre ulusal bir sınıflandırma yapmaktadırlar. Bununla birlikte, kömür üretimi ve ticareti noktasında ilk olarak 1957 yılında Uluslararası Kömür Kurulunca başlatılan ve Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO)'nün desteklediği genel uluslararası genel bir sınıflandırma da yapılmaktadır. Avrupa Ekonomik Komisyonunun Uluslararası Kömür Sınıflaması (UNECE) iki geniş kömür kategorisini açıklamaktadır. İlki taşkömürü (hard coal), ikincisi kahverengi kömürler (brown coals) dur. 1978 yılından itibaren IEA/OECD kömür pazar analizleri ve tahminlerinde aşağıdaki sınıflandırmayı kullanmaktadır (TTK, 2016: 1, IEA, 2016a: I.4):

Tablo 1.7. Uluslararası Genel Kömür Sınıflandırması

A. Taşkömürü (Hard Coal) (nemli ve külsüz bazda 5700 kcal/kg üzerinde kalorifik değere sahip)	B. Kahverengi Kömürler (Brown Coals) (nemli ve külsüz bazda 5700 kcal/kg altında kalorifik değere sahip)
1. Koklaşabilir Kömürler (Yüksek fırınlarda kullanıma uygun kok üretimine izin veren kalitede)	1. Alt Bitümlü Kömürler (4.165-5.700 kcal/kg arasında kalorifik değerde olup topaklaşma özelliği göstermez)
2. Koklaşmayan Kömürler a. Bitümlü Kömürler b. Antrasit	2. Linyit (4.165 kcal/kg'ın altında ısıl değerde olup topaklaşma özelliği göstermez)

Kaynak: TTK (2016), Taş Kömürü Sektör Raporu, s.1-2.

Linyit, ısıl değeri düşük, barındırdığı kül ve nem miktarı fazla olduğu için genellikle termik santrallerde yakıt olarak kullanılan bir kömür çeşidi olmakla beraber yer kabuğunda bolca bulunduğu için sıklıkla kullanılan bir enerji ham maddesidir. Taş kömürü ise yüksek kalorili kömürler grubunda yer almaktadır (WEB_4c). Taş kömürü, bitkisel maddelerin yeraltında depolanarak dönüşüme uğraması sonucu oluşmakla birlikte, bitkisel maddelerin kömürleşmesi olayı, birinci jeolojik zamanın karbon devrinde meydana gelmiştir (Özsabuncuoğlu ve Uğur, 2005: 168). Kömürün tarihi oldukça eskilere dayanmakla birlikte, dünyanın bazı bölgelerinde birkaç bin yıl önce yakıt olarak kullanılmış, Çin'deki Çengi madenleri milattan yüzlerce yıl önce çalıştırılmıştır (Yücel, 1994: 68).

Enerji kaynağı olarak kömürün, çok çeşitli avantajları vardır. Diğer fosil enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında dünya rezerv ömrü petrolde 50-60 yıl, doğal gazda 50-60 yıl arasında gözükmekte iken, kömürün rezerv ömrü 100-120 yıldır. Kömür elliden fazla ülkenin üretebildiği geniş bir coğrafyaya yayılmış, rezerv kıtlığı olmayan, petrol ve doğal gaza göre politik ve yönetim açısından daha istikrarlı bölgelerde bulunan bir

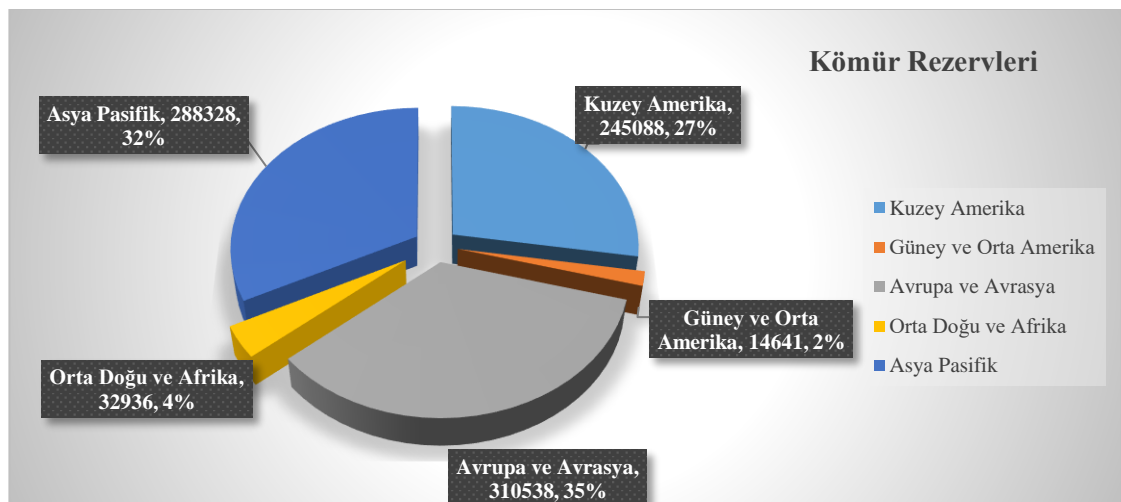
kaynaktır. Bunlara ek olarak, teknolojik gelişmelerle kömür madenciliğinde meydana gelen ilerlemelerin de etkisiyle düşük üretim maliyetleri, kömürün ucuz bir yakıt ve hammadde olarak önemini arttırmaktadır (TTK, 2016: 21).

Tablo 1.8.'de 2015 yılı için ülkelere göre dünya kanıtlanmış kömür rezervleri ve rezerv ömrü yer almaktadır. Antrasit ve bitümlü ile alt-bitümlü ve linyit kömür rezervlerinin dünya toplamı 891531 milyon ton 'dur. Dünya toplamı içindeki kömür rezervinin %26,6'sı ABD'de, %17,6'lık kısmı Rusya'da, %12,8'i Çin'de, %8,6 kadarı Avustralya'da yer almaktadır. Avustralya'yı ise Tablo 1.9.'da yer alan ülkeler izlemektedir. Kömürün rezerv ömrü ise dünya toplamı bazında 114 yıl olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 1.8. 2015 Yılı Dünya Kanıtlanmış Kömür Rezervleri (milyon ton)

Sıra	Ülkeler	Antrasit ve Bitümlü	Alt-Bitümlü ve Linyit	Toplam	Pay	Rezerv ömrü (yıl)
1	ABD	108501	128794	237295	26.6%	292
2	Rusya	49088	107922	157010	17.6%	422
3	Çin	62200	52300	114500	12.8%	31
8	Avustralya	37100	39300	76400	8.6%	158
4	Hindistan	56100	4500	60600	6.8%	89
5	Almanya	48	40500	40548	4.5%	220
6	Ukrayna	15351	18522	33873	3.8%	>500
7	Kazakistan	21500	12100	33600	3.8%	316
9	Güney Afrika	30156	-	30156	3.4%	120
10	Endonezya	-	28017	28017	3.1%	71
Dünya Toplamı		403199	488332	891531	91.1%	114

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.9. 2015 Yılı Dünya Kömür Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı (milyon ton)

2015 yılı için kömür rezervlerinin bölgesel dağılımı Şekil 1.9.'da gösterilmektedir. Dünya kömür rezervlerinin %35'i Avrupa ve Avrasya'da, %32'si Asya Pasifik'te, %27'si Kuzey Amerika'da, %4'ü Orta Doğu ve Afrika'da, %2'si ise Güney ve orta Amerika'da bulunmaktadır.

Aşağıda yer alan Tablo 1.9. ise 2015 yılı için kömür sınıflandırmasını içeren kömür rezervlerinin bölgesel dağılımını göstermektedir. Antrasit ve bitümlü kömür ile alt bitümlü kömür ve linyit açısından Kuzey Amerika bölgesindeki toplam %27,5'luk payın %26,6'sına ABD sahiptir. Kanada'nın payı oldukça düşüktür. OECD ülkeleri kömür rezervi toplamının %43,2'ine, AB ülkeleri ise %6,3'üne sahiptir. Ülkelere göre kömür rezerv ömürleri sıralamasında ise Kuzey Amerika 276 yıllık rezerv ömrüne, Avrupa ve Avrasya 273 yıl, ABD 292 yıllık rezerv ömrüne sahiptir.

Tablo 1.9. 2015 Yıl Sonu İtibariyle Kömür Rezervleri

Bölge	Antrasit ve Bitümlü Kömür (milyon ton)	Alt Bitümlü Kömür ve Linyit (milyon ton)	Toplam		Rezerv Ömrü
Kuzey Amerika	112835	132253	245088	27.5%	276
ABD	108501	128794	237295	26.6%	292
Kanada	3474	3108	6582	0.7%	108
Güney ve Orta Amerika	7282	7359	14641	1.6%	150
Avrupa ve Avrasya	92557	217981	310538	34.8%	273
Almanya	48	40500	40548	4.5%	220
Birleşik Krallık	228	-	228	◆	27
Türkiye	322	8380	8702	1.0%	192
Ortadoğu ve Afrika	32722	214	32936	3.7%	123
Asya Pasifik	157803	130525	288328	32.3%	53
Japonya	337	10	347	◆	296
Dünya Toplamı	403199	488332	891531	100.0%	114
OECD	155494	229321	384815	43.2%	206
OECD-hariç	247705	259011	506716	56.8%	85
AB	4883	51199	56082	6.3%	112
BDT	86524	141309	227833	25.6%	435

Not: ◆ 0.05'ten daha küçük bir oran

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Dünyada en fazla kömür üreten ülkelerin yıllara göre kömür üretim miktarları Tablo 1.10.'da yer almaktadır. 1981-2000 yılları arasında kömür tüketim miktarındaki değişim %20 iken, 2000-2015 yılları arasındaki artış %64 kadardır. 2015 yılında dünyadaki kömür üretim miktarı 3830 mtep'tir. 2015 yılında dünya kömür üretim payları dikkate alındığında; Çin %47,7 oranıyla ilk sırada, ABD %11,9'luk oranla ikinci sırada, Hindistan %7,4 oranıyla üçüncü sırada yer alırken; bu ülkeleri Avustralya, Endonezya, Rusya, Güney Afrika gibi ülkeler izlemektedir. 2014 yılında 3988,9 mtep olan dünya kömür üretimi 2015 yılında %4 gerileyerek 3830,1 mtep gerçekleşmiştir. BP veri

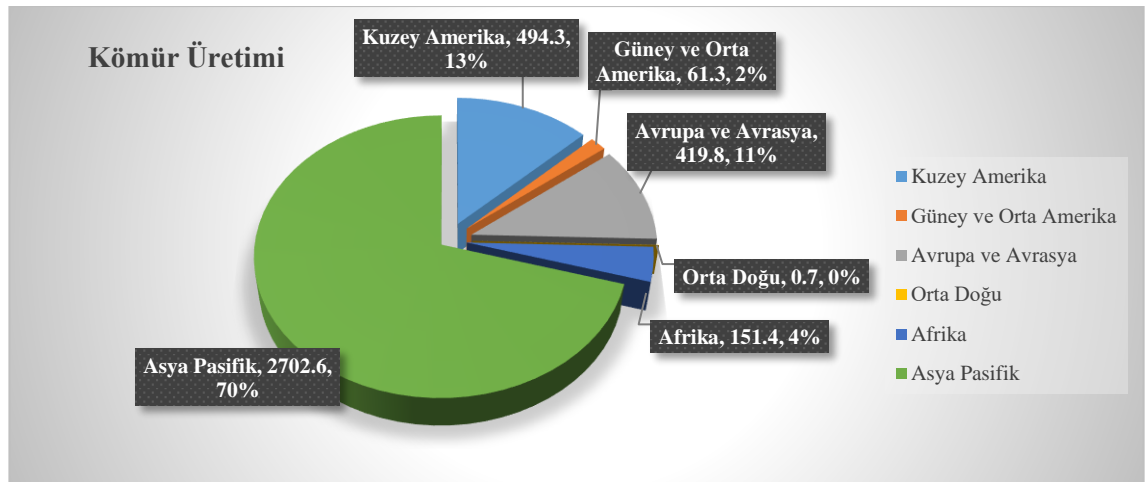
tabanında 1981 yılından itibaren yer alan üretim rakamları göz önünde bulundurulduğunda, bu en büyük düşüşün yaşandığı yıldır.

Tablo 1.10. En Fazla Kömür Üreten Ülkeler (mtep)

Ülke / Yıl	1981	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
Çin	310.8	539.9	707.3	1665.3	1827.0	47.7%
ABD	463.1	565.9	570.1	551.2	455.2	11.9%
Hindistan	63.8	106.3	152.3	252.4	283.9	7.4%
Avustralya	65.1	109.3	166.9	240.5	275.0	7.2%
Endonezya	0.2	6.6	47.4	169.2	241.1	6.3%
Rusya	n/a	185.6	121.5	151.0	184.5	4.8%
Güney Afrika	74.9	100.1	126.6	144.1	142.9	3.7%
Kolombiya	2.6	13.3	24.9	48.3	55.6	1.5%
Polonya	103.0	100.0	71.9	55.4	53.7	1.4%
Kazakistan	n/a	57.1	32.4	47.5	45.8	1.2%
Dünya	1863.2	2273.7	2325.6	3627.6	3830.1	93.1%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.10.'dan görüldüğü gibi kömür üretiminin bölgesel dağılımı bazında ilk sırada %70'lik oranla Asya Pasifik, %13'lük payla Kuzey Amerika ve %11'lik oranla Avrupa ve Avrasya yer almaktadır. Bu bölgeleri Afrika, Güney ve Orta Amerika Orta Doğu izlemektedir.



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.10. 2015 Yılı Dünya Kömür Üretiminin Bölgesel Dağılımı (mtep)

En fazla kömür tüketiminin yıllar ve ülkeler itibariyle dağılımı Tablo 1.11.'de yer almaktadır. 1970-2000 yılları arasında dünya kömür tüketimindeki artış %60 iken, 2000-2015 yılları arasında aynı oran %61 olarak gerçekleşmektedir. 2015 yılı dünya kömür tüketimi 3839,9 mtep'tir. 2014 yılında 3911,2 mtep olan dünya kömür tüketimi 2015 yılında %1,8 gerilemiştir. 2015 yılındaki dünya payı göz önüne alındığında en fazla tüketimi yapan ülke %50 oranıyla Çin olmaktadır. 2015 yılında Çin tüketimi %1,5

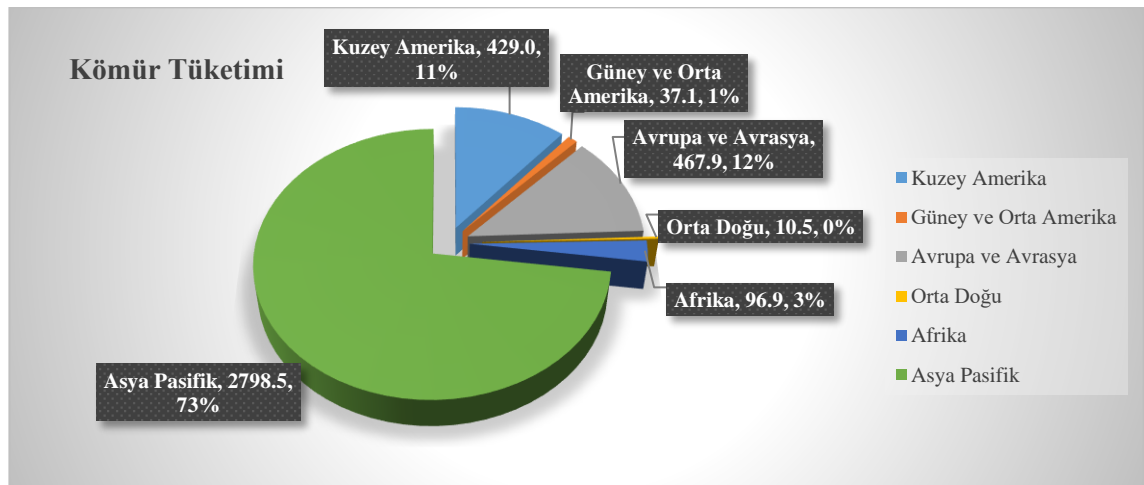
düşmüştür. Çin kömür tüketimi 1987 yılında ABD'nin önüne geçmiştir. Dünya kömür tüketiminde %10,6 paya sahip olan Hindistan'ın 2015 yılı kömür tüketimi ise 2014'e göre %4,8 artmıştır. ABD'nin tüketimi ise %12,7 oranında sert bir düşüş yaşamıştır. Bu düşüşle birlikte ABD kömür tüketiminde dünyada üçüncü ülke konumuna gelmiştir. IEA (2016) verilerine göre, 2015 yılında dünya toplamında kişi başı kömür tüketimi 0,52 tep düzeyindedir. Kişi başı kömür tüketiminde ilk sırada yaklaşık 2 tep ile Kazakistan yer almaktadır ve onu 1,94 tep ile Avustralya takip eder. Kişi başı kömür tüketimi ABD'de 1,14 tep, Almanya'da 0,96 tep ve Japonya'da 0,84 tep civarındadır.

Tablo 1.11. En Fazla Kömür Tüketen Ülkeler (mtep)

Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
Çin	165.9	304.3	525.7	701.3	1743.4	1920.4	50.0%
Hindistan	37.6	56.7	109.7	164.4	292.9	407.2	10.6%
ABD	309.1	388.6	483.1	569.0	525.0	396.3	10.3%
Japonya	60.4	58.2	78.0	95.5	115.7	119.4	3.1%
Rusya	n/a	n/a	182.3	105.8	90.5	88.7	2.3%
Güney Afrika	27.4	42.7	67.3	74.6	92.8	85.0	2.2%
Güney Kore	5.6	13.2	24.4	43.0	75.9	84.5	2.2%
Endonezya	0.1	0.3	3.4	13.2	39.5	80.3	2.1%
Almanya	149.1	141.3	131.5	85.3	77.1	78.3	2.0%
Polonya	70.2	101.6	78.4	56.2	55.1	49.8	1.3%
Dünya	1480.2	1810.6	2242.5	2379.1	3634.3	3839.9	86.2%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.11.'de yer aldığı gibi 2015 yılı kömür tüketiminin bölgesel dağılımında; ilk sırada %73 oranıyla Asya pasifik, %12 oranıyla Avrupa ve Avrasya, %11 oranıyla Kuzey Amerika gelmektedir. Söz konusu bölgeleri Afrika, Güney ve Orta Amerika ile Orta Doğu izlemektedir.



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.11. 2015 Yılı Dünya Kömür Tüketiminin Bölgesel Dağılımı (mtep)

IEA (2016a)'ya göre 2015 yılında Türkiye 50,5 milyon ton linyit tüketimiyle dünya linyit tüketiminde 6. sırada yer almaktadır. 2015 yılında 806,8 milyon ton olan dünya tüketimi, en yüksek tüketimin gerçekleştiği 1978 yılından bu yana en düşük değerdir ve 2014'e göre 11,8 milyon ton (%1,4) düşüş göstermektedir. Almanya, 177,2 milyo ton ile Rusya'nın (70,9 milyon ton) önünde en büyük linyit üreticisi ve tüketicisi konumunu korumuş, ABD'nin üretimi %12,5 düşüşle 66,9 milyon tona gerileyerek üçüncü sırada yer almıştır. Avustralya, linyit tüketimini 5,1 milyon ton artırarak Polonya ve Türkiye'nin önünde dördüncü büyük linyit tüketicisi konumuna gelmiştir.

1.1.2. Fosil Olmayan Enerji Kaynakları

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli girdilerinden biri olan enerji konusunda pek çok çalışma yapılmıştır. Nüfus artışı, refah artışı gibi sosyal gelişmelere cevap verebilecek üretim artışı ile belirli bir düzeyde ekonomik büyümenin gerçekleştirilmesi için gerekli olan enerji talebine cevap verebilmek, aynı zamanda enerji arz güvenliğini sağlayabilmek için değişik enerji kaynaklarından yararlanılması gündeme gelmiştir. Enerjinin ekonomi ile bağlantısı 1970'lerde meydana gelen enerji şokları ile kurulmuştur.

Fosil enerji kaynakları son iki yüzyıl içerisinde, fosil olmayan enerji kaynaklarına göre daha yaygın kullanılmıştır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına sağladığı üstünlük, üretim teknolojilerinin gelişmesi ve ucuz olması gibi nedenlerle meydana gelmiştir. Petrol ve kömür egemenliğine dayanan enerji çağı, 1973 Petrol Krizi ile oluşan güvensizlik ortamı sebebiyle yerini alternatif enerji (yeni ve yenilenebilir) kaynakları arayışına bırakmıştır. 1980'lerin ortalarında petrol fiyatlarının düşmesine rağmen, petrol krizi sonucu gündeme gelen "enerji güvenliği" kavramı ve "enerjinin çeşitlendirilmesi", enerji politikalarının en önemli unsurlarından biri haline gelmiştir (Büyükmihci, 2003: 15).

Doğada bulunan enerji kaynaklarının çoğunun tükenebilir kaynaklar olmasına ek olarak; 1973 ve 1978 yıllarında meydana gelen petrol fiyat şokları ile enerji ucuz kaynak olmaktan uzaklaşmıştır. Enerji kaynaklarına yeterince sahip olamayan veya enerji maliyetleri sürekli artan çoğu ülkede, alternatif enerji kaynaklarına yönelik araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması beraberinde gelmiştir (Öztürk, 2008: 196). Bu bakımdan fosil olmayan enerji kaynakları -her ne kadar insanlık tarihi boyunca kullanılmış olsa da (güneş, rüzgâr gibi)- ülkelerin alternatif enerji arayışlarının bir sonucu olarak kapsamlı şekilde kullanılmaya başlamıştır. Ayrıca, nükleer enerji gibi yeni

kaynaklardan yararlanılmaya başlanmış ve hala yeni ve yenilenebilir kaynakların verimliliğinin artırılması, fosil kaynaklar gibi etkin kullanılabilmesi için çalışmalar devam etmektedir.

1.1.2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Fosil enerji kaynaklarının yoğun kullanımı ve bazı alanlarda alternatifinin olmaması beraberinde bir takım sorunları getirmiştir. Fosil enerji kaynaklarının/rezervlerinin dünyada homojen dağılmadığı bir durumda; ülkelerin, enerji ihtiyaçlarını karşılaması, enerjiyi ithal etmelerini ya da geleneksel enerji kaynaklarının dışında alternatif enerji kaynaklarından (yeni/yenilenebilir) yararlanmak için çalışmalar yapmalarını beraberinde getirmiştir.

Fosil yakıt kullanımı ile birlikte ortaya çıkan başlıca problemlerden birisi, yanma sonucu ortaya çıkan CO₂, SO_x ve NO_x gibi zararlı gazların meydana getirdiği çevre sorunudur. Birim enerji başına ortalama CO₂ emisyonu; kömürde 85,5 kg/GJ, petrolde 69,4 kg/GJ ve doğal gazda 52 kg/GJ düzeyindedir (Ültanır, 1998: 119). BP verilerine göre 1970 yılında 14470,3 milyon ton olan dünya CO₂ emisyonu, 2,3 kat artarak 2015 yılında 33508,4 milyon ton olmuştur. Dünyanın en önemli çevre sorunu olan CO₂ emisyonunun meydana getirdiği sera etkisinden kaynaklanan küresel ısınma iken, diğer gazların ozon tabakasını tahrip etmesi gibi, fosil yakıtların üretim ve tüketimi doğal bitki örtüsüne, hayvan ve insan sağlığına da olumsuz etkilerde bulunmaktadır (Ültanır, 1998: 119).

Bununla birlikte fosil enerji kaynaklarından yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına geçişin sağlanmak istenmesinin diğer bir sebebi, sınırlı fosil kaynak rezervlerinin korunmasıdır. Toplam rezervler ve rezerv kullanım oranları ile enerji talebindeki artış göz önüne alındığında, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlamak için en uygun teknolojilerle yeni/yenilenebilir enerji eşliğinin üzerine çıkılması bir gereklilik olmaktadır (Ültanır, 1998: 120).

Enerji, insan refahı ve yaşam kalitesi için bir gereklilik olmakla beraber, ucuz, kesintisiz ve istikrarlı bir enerji arzı birey ve toplum düzeyinde sosyal ve ekonomik gelişmenin ön koşuludur. Bu bakımdan, enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında enerji kaynak seçimi, kaynakların verimliliği gibi konuların toplumsal mutabakatla sağlanması daha yerinde olacaktır. Çünkü verilen üretim ve tüketim kararlarının aynı zamanda beraberinde getirebileceği çevresel sorunlar belki de uzun dönemde ekosistemin

sürdürülebilirliğini etkileyebilecek sonuçlara sebep olacaktır (Kaygusuz ve Bilgen, 2009: 296).

Montgomery (2011) çalışmasında, günümüzde sıkça telaffuz edilen enerjiye dair sıfatlar olarak “temiz” ve “kirli” kavramlarına farklı bir bakış açısı ile yaklaşmaktadır. Temiz ve kirli enerji nitelendirmesinin, tüm enerji kaynaklarının çevreye olan etkisinin tam anlamıyla değerlendirilmeden yapıldığını vurgulamaktadır. Temiz enerji diye nitelendirilen kaynaklarla ilgili olarak, güneş enerji panellerinin üretiminin CO₂ ve zehirli atık ürettiği, rüzgâr tribünlerinin endüstriyel tesisler olup kuşların göç yollarını değiştirerek gökyüzünü etkilediği, biyoyakıtların yağmur ormanının tahrip edilmesine sebep olduğu, kirli enerji kaynağı denilen fosil yakıtların yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminde ve nakliyesinde kullanıldığı ve benzer alternatif kaynakları geliştirmek için ekonomik etkilerinin bulunduğu unutulmamalıdır (Montgomery, 2011: 18).

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili mevzuat ilk olarak 2005 yılında kabul edilen 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ile oluşturulmuş ve sonrasında ilgili kanunlar ve yönetmeliklerle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının desteklenmesi sağlanmaya çalışılmıştır. 5346 sayılı kanunun amacı; “yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir” şeklinde ifade edilmiştir. Bu kanuna göre yenilenebilir enerji kaynakları (YEK); hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel git gibi fosil olmayan enerji kaynakları olarak belirtilmiştir.

Türkiye bulunduğu konumu itibariyle hem fosil enerji kaynakları rezervlerinin yoğunlaştığı bölgelere yakın bulunmakta hem de coğrafi konumu itibariyle uygunluğu yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olmasına elverişli bulunmaktadır. Fosil kaynaklara yakınlığı enerji arzı ve enerji talebi yoğun bölgeler arasında köprü pozisyonu görmesini sağlarken, yenilenebilir enerji potansiyelini kullanması hava kirliliği, sera gazı salınımı olmadan çevreye duyarlı sistemlerle, yurtiçi enerji ihtiyaçlarını karşılmasını beraberinde getirecektir (Basaran vd., 2015: 82).

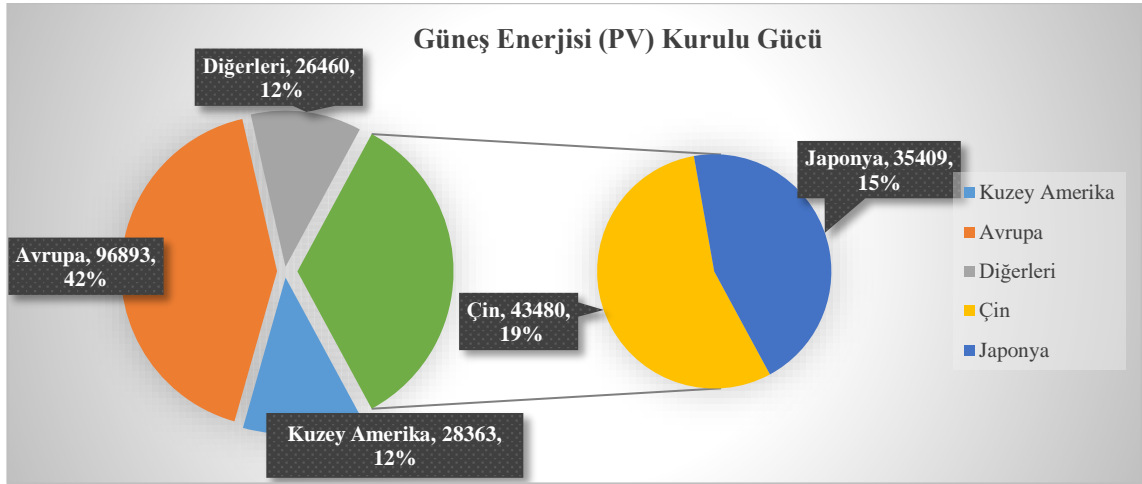
1.1.2.1.1. Güneş Enerjisi

Doğrudan veya dolaylı olarak kullanılabilir enerji kaynaklarımızın çoğunun kaynağı olan güneş, yaklaşık 5,5 milyar yıl önce oluşmuştur (Dahl, 2015: 15).

Güneş ısısı üretimi ilkeleri 18. yüzyıldan beri bilinmekle beraber termodinamik devrenin bulunmasıyla 19. yüzyılda ilk güneş motorunun çalışması gerçekleştirilmiştir. 1960 yılında Fransa Odeillo'da kurulan, 3600 °C'ye kadar sıcaklık veya 1 MW elektrik gücüne çıkabilen güneş fırını, güneş enerjisini yoğunlaştırmanın ilk örneği olmuştur. Fotovoltaik elektrik üretimi 1954 yılında ABD'de bulunmuş, yeni teknoloji ürünleri olan hücrelerin yüksek maliyetli olması sebebiyle, kullanım alanı 1973'e kadar uzayda uydulara elektrik temini olarak sınırlı kalmıştır. Petrol krizinden sonra güneş enerjisinden daha fazla yararlanılmaya çalışılmıştır (Yücel, 1994: 133).

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) ile açığa çıkan ışımaya enerjisi olarak ifade edilmektedir. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey bakımından farklılık göstermekle birlikte fotovoltaik güneş teknolojisi ve ısı güneş teknolojileri olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Fotovoltaik güneş teknolojisinde, fotovoltaik hücreler (yarı-iletken malzemeler) güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler. Isıl güneş teknoloji sistemlerinde ise öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir ve bu hem doğrudan ısı olarak hem de elektrik üretiminde kullanılabilir. Güneş enerjisinden yararlanmaya yönelik çalışmalar 1970'li yıllardan sonra hız kazanmıştır. Bilimsel çalışmalar ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle güneş enerji sistemleri geliştirilmiş ve maliyetlerde düşüşler yaşanmıştır (WEB_4j). ETKB'nin hazırladığı Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'na (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2737 saat (günlük toplam 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1527 kWh/m².yıl (günlük toplam 4,2 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir (WEB_4d).

Gelişen bir güneş enerjisi-ısıtma pazarı olan Türkiye, 20.000 doğrudan ve dolaylı iş imkânı sağlayan 90 üreticiye, 700-800 perakendeciye ve 3.000'den fazla sistem kurulumcusuna sahiptir.



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.12. 2015 Yılı Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Dünya Görünümü (MW)

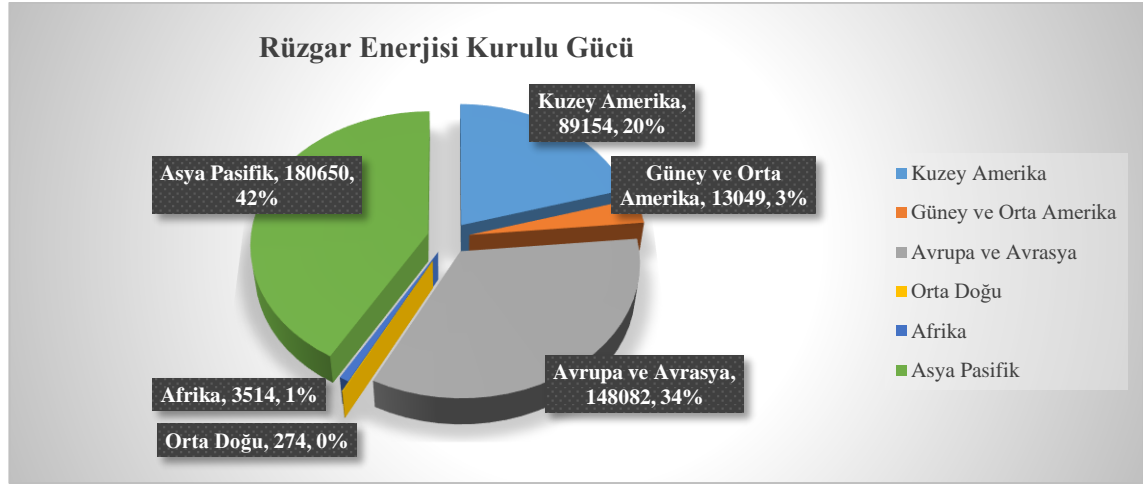
1.1.2.1.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisinin kaynağı güneş enerjisidir. Rüzgâr, güneş radyasyonunun yer yüzeyini farklı ısıtmasından kaynaklanmakta, yer yüzeyinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, basınç farkı da havanın hareketine neden olmaktadır. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si kadarı rüzgâr enerjisine çevirmektedir (WEB_4e).

Rüzgâr enerjisi, başlıca çevirici güç kaynaklarından biri olarak (yel değirmenleri, yelkenli gemiler gibi) yüzyıllar boyunca kullanılmış, 19. yüzyılda içten yanmalı motorlar tarafından ikame edilerek terkedilmeye başlanmıştır. İlk büyük rüzgâr jeneratörlerinden biri 1941 yılında işletmeye alınmış 1250 kW'lık Smith-Putnam rüzgâr tribünü, 1945'te kanat arızası sebebiyle çalışmamış fakat deney rüzgâr tribünleri Batı Avrupa'nın çeşitli ülkelerinde (Almanya, Fransa gibi) elektrik şebekelerine bağlanmıştır. Yaşanan petrol krizi ile birlikte alternatif enerji kaynağı olarak tekrar kullanılmaya ve üzerinde çalışılmaya başlanmıştır (Yücel, 1994: 127).

Rüzgâr enerjisi herhangi bir zararlı gaz salınımı olmayan, küresel ısınma ve iklim değişikliği katkısı olmaması itibarıyla çevreye duyarlı bir enerji kaynağı olmasına rağmen, çevreye verdiği gürültü ve görsel etkileri, televizyon ve radyo yayınları ile etkileşimi, kuşların göç yollarını değiştirmesi gibi doğal yaşam üzerinde olumsuz etkileri mevcuttur (Kumbur vd., 2005: 35).

Şekil 1.13.'de 2015 yılı için kurulu rüzgâr tribünü kapasitelerinin bölgesel dağılımı yer almaktadır. Kurulu rüzgâr tribünü kapasitelerinin %42'si Asya Pasifik'te, %34'ü Avrupa ve Avrasya'da, %20'si Kuzey Amerika'da bulunmaktadır.



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.13. 2015 Yılı Kurulu Rüzgâr Tribünü Kapasitesinin Bölgelere Göre Dağılımı (MW)

1.1.2.1.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş olan ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli olarak 20 °C'den fazla ve çevresindeki normal yeraltı ve yer üstü sulara nispeten daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen, basınç altındaki sıcak su ve buhar (akışkan) ile sürekli yüzeye taşınan ısı enerji olarak ifade edilebilir (Öztürk, 2008: 196). Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal elektrik santrallerinde CO₂, NO_x, SO_x gazlarının salınımı çok düşük olması sebebiyle, jeotermal enerji temiz bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir (WEB_4f).

Jeotermal kaynaklar akışkanların sıcaklıklarına ve taşıdıkları ısı enerjisine bağlı olarak 3 farklı kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar; düşük entalpili (akışkan sıcaklığı MTA'ya göre 20-70 °C arasında, yeni literatürlere göre 160 °C'den düşük), orta entalpili (akışkan sıcaklığı MTA'ya göre 70-180 °C arasında, yeni literatürlere göre 160-190 °C arasında) ve yüksek entalpili (akışkan sıcaklığı 180 °C'den daha yüksek veya 190 °C) olarak sınıflandırılmaktadır. Düşük ve orta entalpili kaynaklar özellikle ısıl amaçlı kullanılmaktadırlar. Düşük entalpili akışkanlar özellikle kaplıca-termalizm uygulamalarında önemli yer tutmaktadır. Orta entalpili jeotermal akışkanın elektrik üretiminde kullanılabilmesi yeni teknolojiler sayesinde olanaklı hale gelmiştir. Yüksek

entalpili akışkanlar ise elektrik üretimi ve buna bütünleşik diğer işlemlerde kullanılmaktadır (Ültanır, 1998: 122).

Tablo 1.12. Jeotermal Kaynakların Sınıflandırılması (°C)

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Düşük entalpili kaynaklar	<90	<125	<100	<=150	<=190
Orta entalpili kaynaklar	90-150	125-225	100-200	-	-
Yüksek entalpili kaynaklar	>150	>225	>200	>150	>190

Not: (a)-Muffler ve Cataldi (1978), (b) Hochstein (1990), (c) Benderitter ve Cormy (1990), (d) Nicholson (1993), (e) Axelsson ve Gunnlaugsson (2000).

Kaynak: Dickson ve Fanelli (2004), What is Geothermal Energy?, International Geothermal Association, https://www.geothermalenergy.org/what_is_geothermal_energy.html.

Yeraltı sıcak su kaynaklarının varlığı, yeryüzüne fişkıran kaynaklar itibariyle eski çağlardan itibaren bilinmekte, sağlık ve ısınma gibi amaçlarla kullanılmaktaydı. Kömür ve petrolün üretimi ile ilgili sondaj araçlarının gelişmesiyle yeraltı jeotermal rezervlere ulaşma imkânı sağlanmıştır. Bu açıdan ilk jeotermik sondaj 1841 yılında Fransa’da yapılmıştır. İtalya 1904 yılında Lardarello buhar kaynaklarından elektrik üretmiş, bu uygulaması I. Dünya Savaşı’ndan sonra dünyanın farklı yerlerine yayılmıştır (Yücel, 1994: 134).

Jeotermal doğrudan kullanım projeleri büyük başlangıç sermaye yatırımları ve daha sonra küçük yıllık işletme ve bakım maliyeti gerektirmektedir. Fosil yakıt sistemin ise ilk yatırım maliyetleri nispeten düşük, jeotermalle karşılaştırıldığında artan yakıt maliyeti sebebiyle yüksek yıllık işletme maliyeti vardır. Bu sebeple ekonomik açıdan uygulanabilir alternatifi belirlemek için fayda maliyet analizi (karşılaştırmak) gerekmektedir (Aydın, 2016: 206).

Dünyada en fazla jeotermal kurulu güç kapasitesine sahip ülkelere bakıldığında; ilk sırada ABD, sonrasında Filipinler ve Endonezya yer almaktadır. 2000 yılında ABD’de 2828 MW olan kapasite 2015 yılında 3596 MW’dir. 2015 yılı dünya payına bakıldığında ABD’nin payı %27,7 iken, Filipinlerin payı %14,8’dir. Endonezya’da ilgili oran %10,8 iken, diğer ülkelerde %10’un altında seyretmektedir.

Tablo 1.13. Dünyada En Fazla Jeotermal Kurulu Güç Kapasitesine Sahip Ülkeler (MW)

Ülke / Yıl	2000	2005	2010	2014	2015	2014-2015 Değişimi	2015 Dünya Payı
ABD	2828	2893	3308	3525	3596	2.0%	27.7%
Filipinler	1931	1978	1966	1917	1917	0.0%	14.8%
Endonezya	590	850	1193	1401	1401	0.0%	10.8%
Yeni Zelanda	365	425	723	971	971	0.0%	7.5%
İtalya	785	791	883	916	916	0.0%	7.0%
Meksika	843	960	965	834	887	6.4%	6.8%
İzlanda	172	202	575	665	665	0.0%	5.1%
Türkiye	20	20	94	405	624	54.1%	4.8%
Kenya	45	167	209	450	605	34.4%	4.7%
Japonya	535	534	502	539	544	1.0%	4.2%
Dünya	8594	9396	11152	12492	12995	4.0%	93.3%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

1.1.2.1.4. Hidrolik Enerji

Suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile hidrolik enerji elde edilmektedir. Su sürekli bir dolanım içerisinde ve bu sayede de suyun akışının sürekliliğinin sağlanması mümkün olmaktadır. Hidrolik enerjinin elde edilmesi süreci sonucunda suyun niteliğinde herhangi bir değişim meydana gelmemektedir (Öztürk, 2008: 111). Diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında, hidroelektrik enerji santralleri çevre dostu olmaları veya düşük potansiyel risk taşımaları, yüksek verimli ve uzun ömürlü ve işletme gideri düşük olmaları gibi sebeplerle tercih edilmektedir (WEB_4g). Hidroelektrik santralleri sera gazı gibi zararlı gaz salınımı olmaması itibarıyla çevreye olumlu etkisi varken, arazi kullanımında yarattığı değişiklikler, flora ve fauna üzerindeki etkileri ve baraj alanında toprak kaybına sebep olması gibi nedenlerle doğal ve jeolojik dengenin bozulması riskini taşımaktadır (Kumbur vd., 2005: 34).

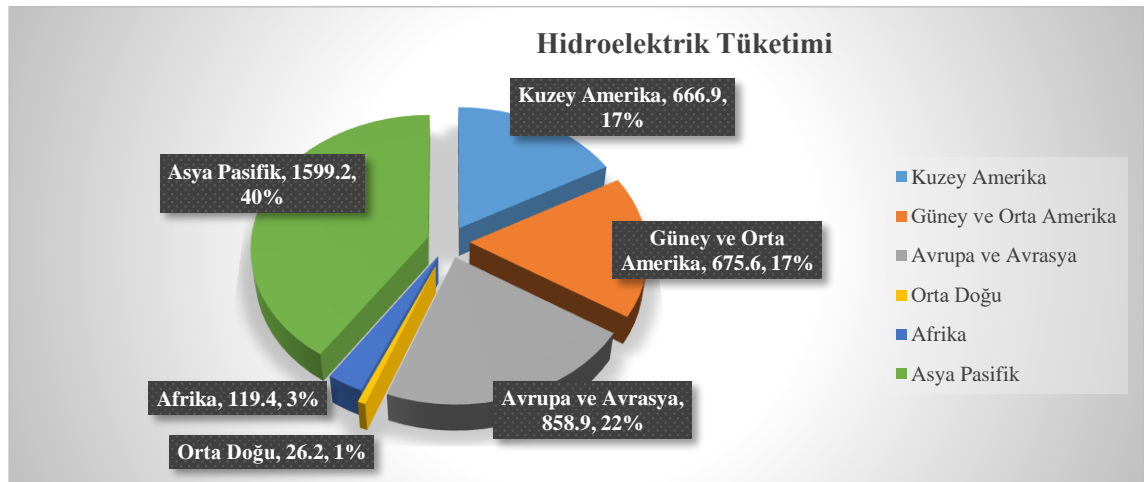
Tablo 1.14. 2015 yılı itibarıyla en fazla hidroelektrik tüketimi yapan ülkelerin, hidroelektrik tüketimlerinin gelişimini göstermektedir. Tabloya göre, 1970-2000 yılı için dünya hidroelektrik tüketimindeki değişim %125 iken, 2000-2015 yılları için oran %48'dir. 2015 yılı dünya tüketimi dikkate alındığında, Çin %28,5 oranıyla en fazla hidroelektrik tüketimi yapan ülke konumundadır. Çin'i %9,7 oranıyla Kanada, %9,1 oranıyla Brezilya takip etmektedir.

Tablo 1.14. Yıllar İtibariyle En Fazla Hidroelektrik Tüketimi Yapan Ülkeler (TWh)

Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
Çin	24.0	58.2	126.7	222.4	722.2	1126.4	28.5%
Kanada	155.3	222.5	295.8	356.9	351.5	383.1	9.7%
Brezilya	39.8	128.9	206.7	304.4	403.3	360.9	9.1%
ABD	253.5	282.0	295.8	278.4	262.8	253.7	6.4%
Rusya	n/a	n/a	166.8	165.3	168.4	169.9	4.3%
Norveç	57.9	84.0	121.4	142.2	116.8	137.5	3.5%
Hindistan	30.4	55.4	66.4	77.0	110.7	124.4	3.2%
Japonya	73.4	86.4	87.3	81.8	90.9	96.6	2.4%
Venezüella	4.1	14.6	37.0	62.9	76.7	76.3	1.9%
İsveç	41.5	59.3	73.0	78.6	67.3	74.5	1.9%
Dünya	1179.0	1695.6	2162.8	2657.0	3465.9	3946.3	71.0%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.14.'te görüldüğü üzere hidroelektrik tüketiminin bölgesel dağılımında %40 orana sahip olan Asya Pasifik ilk sırada, %22 oran ile Avrupa ve Avrasya ikinci sırada, %17 oranıyla Güney ve Orta Amerika üçüncü sırada yer almaktadır.



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.14. 2015 Yılı Dünya Hidroelektrik Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı (TWh)

1.1.2.1.5. Biyokütle ve Biyomas Enerji

Aynı zamanda organik karbon olarak da kabul edilen biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak ifade edilebilir. Biyokütle kaynaklarını, bitkisel ve tarımsal atıklar, hayvansal atıklar, odun ve orman atıkları, organik çöpler, şehir ve endüstri atıkları oluşturmaktadır (WEB_4h). Biyokütle enerji kullanımı klasik ve modern olmak üzere gruplandırılır. Klasik biyokütle enerjisi kaynakları; odun, bitki ve hayvan atıklarından oluşmakla birlikte, temel özelliği enerjinin biyokütle materyalden doğrudan yanma tekniği ile elde edilmesidir. Modern biyokütle kaynaklarını orman ve ağaç endüstrisi

atıkları, tarım kesimindeki hayvansal ve bitkisel atıklar, kentsel atıklar ve enerji amaçlı orman ürünleri şeklinde sıralamak mümkündür (Öztürk, 2008: 257-259).

Klasik biyokütle enerji kaynakları binlerce yıl boyunca tek ısıl enerji kaynağı olarak kullanılmış ve endüstride yoğun kullanılması 18. yüzyılda ormanların toplu halde yok olmasına ve odun kıtlığına sebebiyet vermiştir. Bu enerji bunalımı, odun kullanım alanlarında alternatiflerin (ısıl kullanım için taş kömürü, yapılar için metaller gibi) kullanılmasıyla 19. yüzyılda aşılabılmıştır (Yücel, 1994: 127).

Biyokütlenin havasız ortamlarda fermantasyonu ile oluşan biyogaz, bileşiminde %60-70 oranında metan, %30-40 oranında karbondioksit ve az miktarda hidrojen, hidrojen sülfür, karbon monoksit ve azot gibi gazlar bulunan yanıcı bir gaz karışımını ifade eder. Isıl değeri 4700-6000 kcal/m³ olmakla beraber bileşimindeki metan oranına göre değişebilmektedir (Kumbur vd., 2005: 35).

Tablo 1.15. Yıllar İtibariyle En Fazla Biyoyakıt Tüketimi Yapan Ülkeler (mtep)

	1973	1980	1990	2000	2005	2010	2014	2015	Dünya Oranı
Hindistan	100,22	116,46	133,46	148,82	160,99	178,31	193,39	196,35	14,89%
Çin Halk Cumhuriyeti	161,72	179,93	200,41	198,14	168,36	133,28	113,63	113,51	8,61%
Nijerya	32,65	39,37	52,42	69,69	81,78	97,72	108,67	111,57	8,46%
Brezilya	36,62	40,48	47,22	45,75	64,19	83,34	84,27	86,23	6,54%
Endonezya	26,94	30,28	43,56	50,05	50,08	51,16	58,5	57,25	4,34%
Etiyopya	14,22	16,15	22,03	30,46	35,12	40,24	44,67	45,81	3,47%
Pakistan	11,33	14,03	18,77	24	26,62	29,52	32,12	32,8	2,49%
Almanya	2,5	4,42	4,8	7,87	14,25	24,98	29,79	30,48	2,31%
Demokratik Kongo Cumhuriyeti	5,88	7,22	10	13,22	15,75	18,63	26,33	27,25	2,07%
Tayland	7,91	10,65	14,69	14,59	17,16	22,57	25,62	25,22	1,91%
Dünya	640,84	741,59	908,69	1021,82	1095,78	1212,43	1302,73	1319,00	55,08%

Kaynak: IEA, 2017 World Energy Balances

Çin biyoyakıt üretiminde 1973 yılında 161,72 Mtoe ile birinci sırada iken, 2015 yılına gelindiğinde Hindistan ilk sırada yer almaktadır. 2015 yılı itibariyle bakıldığında en çok biyoyakıt üretimini gerçekleştiren ülke 196,35 mtep ile Hindistan'dır. Hindistan'ın bu üretimi 2015 yılı dünya toplam üretiminin %14,89'una denk düşmektedir. Hindistan'ı 113,51 ile Çin Halk Cumhuriyeti izlemektedir ve dünya üretimi içerisindeki payı da %8,61'dir.

1.1.2.1.6. Okyanus ve Deniz Kaynaklı Enerjiler

Deniz kökenli yenilenebilir enerjiler; deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (boğazlarda) ve gel-git (med-cezir) enerjisidir. Bu enerjilerden faydalanılabilmesi teknolojik ve konumsal şartların sağlanmasına bağlıdır. Deniz trafiğinin yoğun olduğu alanlarda bu enerji türlerinden faydalanmak pek mümkün olmamaktadır (Ültanır, 1998: 80).

Denizler ve okyanuslar henüz tamamen kullanılmamış büyük bir enerji ihtiva etmektedirler. Dalga ve gel-git enerjileri rüzgâr ve güneş enerjisine kıyasla daha yeni ve önemli ölçüde henüz keşfedilememiş enerji türleridir (Öztürk, 2008: 330). Deniz ve okyanus kaynaklı enerji türleri öngörülebilir bir yapıda olması sayesinde enerji üretimi portföyünde ciddi bir yer kaplayabilir. Doğru projelerin uygulanması ve teknolojik gelişmenin sağlanması varsayımı altında okyanus ve deniz kaynaklı enerji kaynaklarından üretilen enerjinin 2050 yılında Avrupa enerji ihtiyacının %10'unu karşılayacağı tahmin edilmektedir (WEB_7).

Gel-git akıntısı; güneş, dünya ve ayın çekim kuvvetleri ile merkezkaç kuvvetleri arasındaki etkileşim sonucunda ortaya çıkmaktadır. Gel-git meydana getiren gücün büyüklüğü yaklaşık olarak %68 ayın ve %32 oranında da güneşin kütlesine ve dünyaya olan uzaklığına göre şekillenmektedir. Su, gün içerisinde iki kez yükselip ve iki kez alçalarak bir hareket ortaya çıkarmaktadır. Meydana gelen bu hareket sonucunda da gel-git oluşur. Gel-git olayından elektrik üretimi gerçekleştirmek adına iki yöntem bulunmaktadır. Birinci yöntemde su bir haznede biriktirilerek, hazne ile deniz seviyesi arasında yükselti farkı oluşturulması sonucunda potansiyel enerjiden elektrik üretilir. Diğer yöntemde ise su, yükselir ve alçalırken önüne yerleştirilen türbinleri döndürür. Bu dönüş sayesinde de türbine bağlı jeneratörlerden elektrik üretimi gerçekleştirilir (Öztürk, 2008: 334-335).

1.1.2.2. Nükleer Enerji

Fisyon (ağır elementin bölünmesi) ve füzyon (iki hafif elementin birleşmesi) tepkimeleri ile elde edilen enerji çekirdek enerjisi veya nükleer enerji olarak adlandırılır.

Nükleer enerji II. Dünya Savaşında ilk olarak askeri amaçlarla kullanılmıştır. İlerleyen yıllarda barışçıl amaçlarla nükleer denizaltılarda ve nükleer enerji santrallerinde kullanılmasına rağmen (Özsabuncuoğlu ve Uğur, 2005: 177) meydana gelen nükleer

kazalar ve olası askeri kullanım tehditleri sebebiyle olumlu ve olumsuz büyük tartışmalar yaratmıştır.

Nükleer enerjinin tarihi 1896 yılında Henry Becquerel tarafından radyoaktivitenin keşfine dayanır, 1905'te Albert Einstein madde ve enerji arasında eşdeğerlik yasasını açıklamış, 1911'de Ernst Rutherford çekirdekli atom modelini ortaya koymuş ve Niels Bohr 1913'te atom modelinde elektronların yörüngelerinde enerjiyi yitmeden kalabileceklerini açıklamıştır. 1934'te yapay radyoaktivitenin keşfedilmesini 1938'te Otto Hahn ve Fritz Strassmann'ın fisyonun prensibini bulması takip etmiş, 1940'ta ABD'de ilk zenginleştirilmiş U_{235} mikrogramları ayrılmış ve plütonyum bulunmuştur (Yücel, 1994: 109-110). Günümüzdeki nükleer reaktörlerin ilkel hali, Enrico Fermi tarafından fisyon reaksiyonunu zincirleme devam ettirmek için 1942 yılında Chicago Üniversitesinde (ABD) tasarlanan, grafit bloklar arasına yerleştirilmiş metal uranyum çubuklarından oluşan ve havayla soğutulan 2 kW gücündeki sistem kabul edilmektedir. Nükleer güç enerji üretimi alanında ilk defa, 20 Aralık 1951 tarihinde ABD'deki Arco Idaho'da 4 tane lambanın yakılmasını sağlayan deneme reaktörü ile kullanılmıştır (Sevim, 2015: 212).

Tablo 1.16.'da görüldüğü gibi Ocak 2017 tarihi itibariyle toplam 30 ülkede 447 nükleer reaktör faal durumda bulunmaktadır. Bunlar, toplam 391386 Mwe kapasiteyle dünya elektrik ihtiyacının %11,5'ini karşılamaktadır. Bununla birlikte, 60 nükleer reaktör inşaatı devam etmekte olup toplam kapasitesi 64500 Mwe'dir. İleri dönemler için henüz yapımı başlamamış 170844 Mwe kapasiteli 164 reaktör yapımı planlanırken, dünya toplamında önerilen ise 391300 Mwe kapasiteli, 347 reaktördür. Ülkeler açısından planlanan ve önerilen reaktör sayılarının yüksek olduğu ülkeler; Çin, Hindistan, Rusya ve ABD'dir.

En çok nükleer santral bulunan ülke 99 santral ile ABD'dir ve elektrik üretiminin %19,5'ini nükleer enerjiden sağlamaktadır. Elektrik üretiminde nükleer enerjiyi en çok kullanan ülke ise %76,3 pay ile Fransa'dır ve 58 nükleer santralle üretim yapmaktadır. İnşaat halindeki en çok nükleer santrale sahip olan ülke 22 santralle Çin'dir. Çin'in 35 nükleer santrali üretim yapmakla birlikte elektrik üretiminin %3'ünü karşılamaktadır. Bununla birlikte önerilen santral sayıları itibariyle en çok santrale sahip olan ABD için 22 santral, Çin için 136 santral önerilmekte ve gelecekte nükleer enerjiyi en çok Çin'in kullanacağı görülmektedir.

Tablo 1.16. Dünyadaki Nükleer Reaktörlerin Ülkeler Bazında Genel Değerlendirilmesi

Ülke	Nükleer Elektrik Üretim 2015		İşletilen Reaktörler		İnşaat Halindeki Reaktörler		Planlanan Reaktörler		Önerilen Reaktörler		Gereken Uranyum
	billion kWh	% e	1 Ocak 2017		1 Ocak 2017		Ocak 2017		Ocak 2017		2016
			Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe)	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe)	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe)	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe)	
Arjantin	6.5	4.8	3	1627	1	27	2	1950	2	1300	215
Ermenistan	2.6	34.5	1	376	0	0	1	1060			88
Bangladeş	0	0	0	0	0	0	2	2400	0	0	0
Belarus	0	0	0	0	2	2388	0	0	2	2400	0
Belçika	24.8	37.5	7	5943	0	0	0	0	0	0	1015
Brezilya	13.9	2.8	2	1901	1	1405	0	0	4	4000	329
Bulgaristan	14.7	31.3	2	1926	0	0	1	950	0	0	327
Kanada	95.6	16.6	19	13553	0	0	2	1500	3	3800	1630
Şili	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4400	0
Çin	161.2	3	35	31617	22	24166	40	45700	136	156000	5338
Çek Cumhuriyeti	25.3	32.5	6	3904	0	0	2	2400	1	1200	565
Mısır	0	0	0	0	0	0	2	2400	2	2400	0
Finlandiya	22.3	33.7	4	2764	1	1700	1	1200	1	1500	1126
Fransa	419	76.3	58	63130	1	1750	0	0	1	1750	9211
Almanya	86.8	14.1	8	10728	0	0	0	0	0	0	1689
Macaristan	15	52.7	4	1889	0	0	2	2400	0	0	356
Hindistan	34.6	3.5	22	6219	5	3300	20	18600	44	51000	997
Endonezya	0	0	0	0	0	0	1	30	4	4000	0
İran	3.2	1.3	1	915	0	0	2	2000	7	6300	178
İsrail	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1200	0
İtalya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Japonya	4.3	0.5	43	40480	2	2756	9	12947	3	4145	680
Ürdün	0	0	0	0	0	0	2	2000			0
Kazakistan	0	0	0	0	0	0	2	600	2	600	0
Kuzey Kore	0	0	0	0	0	0	0	0	1	950	0
Güney Kore	157.2	31.7	25	23017	3	4200	8	11600	0	0	5013
Litvanya	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2700	0
Malezya	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2000	0
Meksika	11.2	6.8	2	1600	0	0	0	0	2	2000	282
Hollanda	3.9	3.7	1	485	0	0	0	0	1	1000	102
Pakistan	4.3	4.4	4	1040	3	2662	0	0	0	0	270
Polonya	0	0	0	0	0	0	6	6000	0	0	0
Romanya	10.7	17.3	2	1310	0	0	2	1440	1	655	179
Rusya	182.8	18.6	35	26865	7	5904	25	27755	23	22800	6264
Saudi Arabistan	0	0	0	0	0	0	0	0	16	17000	0
Slovakya	14.1	55.9	4	1816	2	942	0	0	1	1200	917
Slovenya	5.4	38	1	696	0	0	0	0	1	1000	137
Güney Afrika	11	4.7	2	1830	0	0	0	0	8	9600	304
İspanya	54.8	20.3	7	7121	0	0	0	0	0	0	1271
İsveç	54.5	34.3	9	8849	0	0	0	0	0	0	1471
İsviçre	22.2	33.5	5	3333	0	0	0	0	3	4000	521
Tayland	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5000	0
Türkiye	0	0	0	0	0	0	4	4800	4	4500	0
Ukrayna	82.4	56.5	15	13107	0	0	2	1900	11	12000	2251
BAE	0	0	0	0	4	5600	0	0	10	14400	0
İngiltere	63.9	18.9	15	8883	0	0	4	6100	9	11800	1734
ABD	798	19.5	99	99535	4	5000	18	8312	24	26000	18161
Vietnam	0	0	0	0	0	0	4	4800	6	6700	0
Dünya**	2,441	c 11.5	447	391,386	60	64,500	164	170,844	347	391,300	63,404

Kaynak: World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx>

İşeri ve Özen (2012), nükleer enerji politikasının konuyla ilgili tartışmaları teknik konular olmanın ötesinde siyasi iradenin toplumla kuracağı samimi uzlaşıyla yürütüldüğü takdirde başarıya ulaşacağını savunmaktadır.

Nükleer enerjinin askeri amaçlarla kullanılması, nükleer kazalar veya nükleer artıklar önemli sorunlar olarak anılsa da anılmaya değer asıl nükleer sorun, dünya uranyum kaynaklarının, klasik kaynaklar gibi tükenebilir (sonlu) olduğudur. Bu noktada, yıllık yaklaşık 40 bin ton doğal uranyum tüketimine karşılık, dünyada bilinen yaklaşık 6 milyon ton uranyum bulunmakta, yani yaklaşık yarım asır talebi karşılayabilecektir. Bu açıdan bir yandan nükleer yakıt tüketen ve bir yandan da nükleer yakıt üreten üretken reaktörlerin kullanılması devreye girmektedir (Yarman, 2012: 59-63).

Nükleer santraller sadece enerji üretimi teknolojisi değil, nükleer teknoloji tarım ve gıda, endüstri, tıp gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Tablo 1.17. 2015 Yılı Tarımsal Ürün İhracatı

Sıra	Ülke	İhracat (milyar dolar) (2015)	Santral Sayısı (2017)
1	AB (28)	585	128
2	ABD	163	99
3	Brezilya	80	2
4	Çin	73	35
5	Kanada	63	19
6	Endonezya	39	-
7	Tayland	36	-
8	Avustralya	36	-
9	Hindistan	35	22
10	Arjantin	35	3
Toplam		1146	308
Dünya Toplam		1572	447
Dünya Payı (%)		72.7	68.9

Kaynak: ETKB, 2014a: 42’de yer alan tablo WTO (World Trade Organization) 2016 ve World Nuclear Association 2017 verileri ile tarafımızdan güncellenmiştir.

2015 yılı itibarıyla dünyada en çok tarımsal ürün ihraç eden ilk 10 ülkenin toplam ihracatı dünya ihracatının yaklaşık %73’ünü oluşturmakta ve bu ülkelerin şu anda sahip olduğu reaktör sayısı dünya toplam reaktör sayısının yaklaşık %69’unu oluşturmaktadır. Türkiye tarımsal ürün ihracatında 17 milyar dolar ile 25. sırada yer almaktadır.

Tarım alanında toprak verimliliğinin artırılması ve tarım ürünlerinin korunması; gıdada maden suyu ve içme sularının radyasyon ölçümleri ile gıdaların uzun süre bozulmadan kalmasının sağlanmasında; zararlı haşerelerin temizlenmesinde; tıpta kanser hastalarının tedavisinde, çeşitli ilaçların üretiminde ve MR gibi tıbbi görüntüleme teknolojisinde sıklıkla kullanılmaktadır (ETKB, 2014b). Türkiye’de 1979 yılında Ankara

Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ANAEM) bünyesinde Nükleer Tarım Merkezi Kurulmuş ve 1999 yılında yeniden yapılandırılarak Saraköy'de faaliyetlerini sürdürmüş, en son 2005 yılında yapılan düzenleme ile Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SANAEM) adıyla faaliyetine devam etmektedir (WEB_8).

İstanbul'un yakın çevresinde de (900 km) birçok nükleer güç santrali bulunmakla birlikte Ermenistan'da bulunan ve 1977 kurulan ve 2 üniteden oluşan Metzamor nükleer santralının Iğdır'a uzaklığı 30 km'dir. Romanya'daki Cernovoda nükleer güç santrali ve Bulgaristan'daki Kozloduy nükleer güç santrali sınırimıza yaklaşık 300 km uzaklıktadır. Bulgaristan'ın Belene santralının inşaatı devam etmektedir. Bu santrallerin İstanbul'a uzaklıkları Tablo 1.18.'de yer almaktadır ve gerek en çok turist çeken gerekse de en yoğun nüfusun yaşadığı şehrimiz olan İstanbul'da sosyal ve kültürel hayata herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

Tablo 1.18. Türkiye Sınırlarındaki Nükleer Reaktörler

Nükleer Reaktör	Ülke	Sınırimıza En Yakın Uzaklık	İstanbul'a Uzaklık	Iğdır'a Uzaklık
Kozloduy	Bulgaristan	310 km	530 km	-
Belene	Bulgaristan	230 km	400 km	-
Cernavode	Romanya	270 km	370 km	-
Zaporozhye	Ukrayna	-	880 km	-
South Ukrain	Ukrayna	-	780 km	-
Metzamor	Ermenistan	16 km	-	30 km

Kaynak: ETKB, 2014b:18

Bununla beraber, Çernobil nükleer santral kazasından sonra, nükleer reaktörlerde olabilecek tehlikelerden erken haberdar olabilmek için uygun yerlerde ölçüm istasyonlarının kurulması yönünde pek çok ülkede yoğun çalışmalar başlatılmıştır. Bu kapsamda TAEK tarafından 1986 yılından itibaren, ülkemizin potansiyel nükleer tehlikelere karşı önceden hazırlıklı olması yönündeki esaslar doğrultusunda, Radyasyon Erken Uyarı Sistemi (RESA) olarak adlandırılan bir sistem kurulması çalışmalarına başlanmıştır. Eş-zamanlı olarak 24 saat kesintisiz çalışan sistemde yer alan 193 istasyon ülkemiz bölgelerindeki radyasyon seviyeleri, havadaki gama radyasyon düzeyindeki artış, bu sistemle kontrol edilmekte ve belli bir düzeyin üzerine çıktığında kontrol merkezini otomatik olarak uyarmaktadır. Ayrıca istasyonların tüm parametreleri merkezden kontrol edilmektedir. İstasyonlar, Bulgaristan ve Romanya'da bulunan reaktörlere yönelik olarak Trakya Bölgesinde ve acil önlemlerin alınması açısından büyük öneme sahip, Doğu Anadolu Bölgesinde daha sık yerleştirilmiştir (WEB_5).

Dünyada artan enerji talebini karşılamak için, enerji kaynaklı çevresel negatif dışsallıkları önlemek, enerji arz güvenliğini sağlamak için nükleer enerji ekonomilerin öncelikleri arasında yer almaktadır (Yoo ve Jung, 2005: 102). Arz güvenliği için enerji çeşitlendirilmesine gidilmesi, yükselen fosil yakıt fiyatları ve artan sera gazı emisyonları fosil yakıtlara göre düşük karbon alternatifi sağlayan nükleer enerjiye ayrı önem vermektedir (Wolde-Rufael ve Menyah, 2010: 550).

1.2. İkincil Enerji Kaynakları

İkincil enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi sonucunda kullanıma sunulan enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarının çevrimi ya da dönüşümü sonucunda elde edilen enerji kaynaklarıdır. Buradan hareketle ikincil enerji kaynaklarının temel üretim girdisinin birincil enerji kaynakları olduğunu söylememiz mümkündür. İkincil enerji kaynakları temel olarak; elektrik, petrol ya da akaryakıt ürünlerini örnek vermek mümkündür (Aydın, 2016: 29).

1.2.1. Elektrik Enerjisi

İkincil enerji kaynakları arasında yer verilen elektrik enerjisi, birincil yakıtların yanmasıyla elde edilmektedir. Elektrik enerjisi, nükleer yakıtların nükleer bölünmesiyle oluşan ısıdan, güneş ısısından, jeotermal ısıdan, yenilenebilir kaynaklardan veya petrol, kömür doğal gaz gibi fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Bununla birlikte, birincil enerji olarak da hidro, rüzgar, gelgit ve dalga gücü gibi doğal kaynaklardan üretildiği kabul edilmektedir (IEA, 2005: 39). Bu manada elektrik enerjisi, birincil enerji olmayıp, bir enerji taşıyıcısı niteliğindedir.

Geçtiğimiz yüzyılın ve günümüzün en önemli enerji kaynağı elektrik enerjisidir. Fosil veya fosil olmayan enerji kaynaklarından üretilebilmekle birlikte, temizliği ve verimliliği arttıran yapısıyla elektrik enerjisinin pazar payının artması beklenmektedir (Toth ve Rogner, 2006: 23).

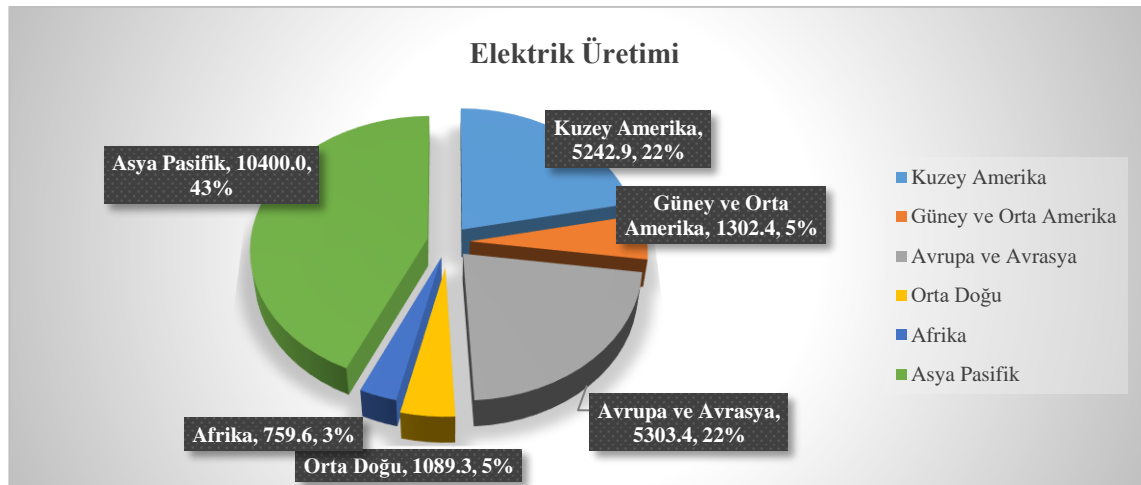
Yıllar itibariyle en çok elektrik enerjisi üretimi yapan ülkeler Tablo 1.19.'da yer verilmektedir. 1985-2005 yılları arasında dünya elektrik üretimindeki değişim %118 iken, 2005-2015 yılları arasındaki değişim %31 olarak gerçekleşmektedir. 2015 yılında dünya elektrik üretimi toplam 24097,7 TWh olarak ifade edilmektedir. 2015 yılı dünya payı bazında elektirik üretimi yapan ülkeler sırasıyla Çin, ABD, Hindistan, Rusya ve Japonya olarak sıralanmaktadır. Sırasıyla ilgili ülkelerin dünya payları; %24,1; %17,9; %5,4; %4,4 ve %4,3'tür.

Tablo 1.19. Yıllar İtibariyle En Çok Elektrik Üretimi Yapan Ülkeler (TWh)

Ülke / Yıl	1985	1995	2005	2010	2015	2015 Dünya Payı
Çin	410.7	1007.0	2500.3	4207.2	5810.6	24.1%
ABD	2591.1	3516.8	4257.5	4332.8	4303.0	17.9%
Hindistan	179.8	409.9	689.6	950.7	1304.8	5.4%
Rusya	962.0	862.1	954.1	1038.0	1063.4	4.4%
Japonya	672.0	968.6	1153.1	1156.0	1035.5	4.3%
Almanya	522.5	536.8	622.6	633.1	647.1	2.7%
Kanada	460.4	551.3	604.4	588.2	633.3	2.6%
Brezilya	193.7	275.6	403.0	515.8	579.8	2.4%
Fransa	344.0	493.9	575.2	573.8	568.8	2.4%
Güney Kore	62.7	203.5	389.5	495.0	522.3	2.2%
Dünya	9830.3	13252.8	18358.1	21493.8	24097.7	68.3%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

2015 yılı için elektrik üretiminin bölgeler itibariyle dağılımı Şekil 1.15.'te verilmektedir. İlk sırada %43 oranıyla Asya Pasifik, sonrasında Avrupa ve Avrasya bölgesi ile Kuzey Amerika yer almaktadır. İzleyen bölgeler ise aynı şekilde yer aldığı gibi Güney ve Orta Amerika, Orta Doğu ve Afrika olmaktadır.



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.15. 2015 Yılı Dünya Elektrik Üretimini Bölgeler İtibariyle Dağılımı (TWh)

Tablo 1.20. ise, en fazla yenilenebilir enerji tüketimi yapan ülkeleri göstermektedir. 1970-2000 yılları arasında hidroelektrik hariç dünya yenilenebilir enerji tüketiminde 155 kat artış söz konusu iken, 2000-2015 yılları arasında yenilenebilir enerji tüketimi 7,2 katına çıkmıştır. 2015 yılı dünya yenilenebilir enerji tüketimi 1612,5 TWh olarak belirtilmektedir. Dünya payı baz alındığında; ABD; Çin, Almanya, İngiltere ve Brezilya gibi ülkeler en fazla yenilenebilir enerji tüketimi yapan ülkelerdir.

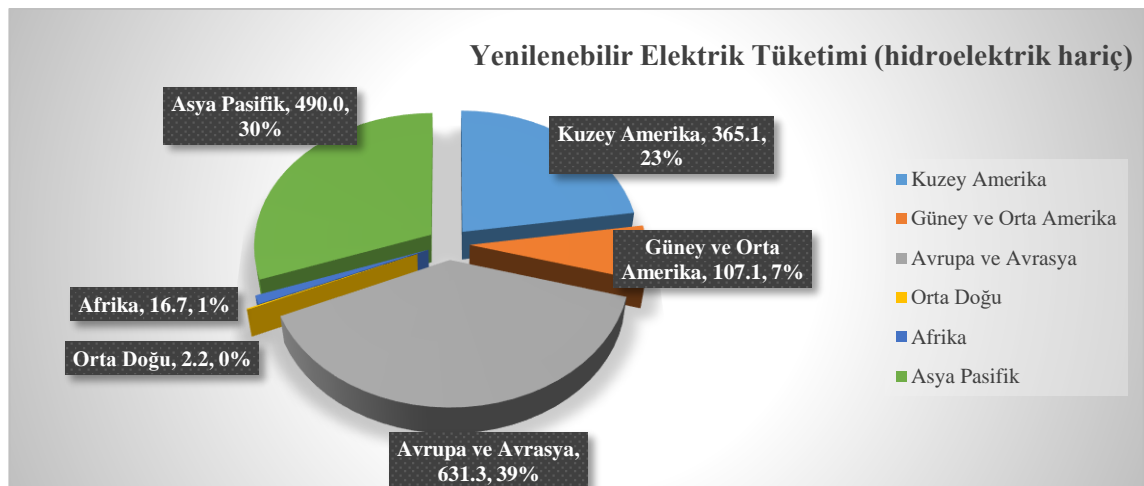
Tablo 1.20. En Fazla Yenilenebilir (Hidroelektrik Hariç) Enerji Tüketimi Yapan Ülkeler (TWh)

Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
ABD	0.8	5.7	63.8	78.2	173.7	317.1	19.7%
Çin	-	-	0.1	3.1	70.2	277.2	17.2%
Almanya	0.9	2.0	1.5	14.3	83.9	176.6	10.9%
İngiltere	-	-	0.6	4.8	22.2	77.0	4.8%
Brezilya	0.5	1.8	3.9	7.9	33.7	71.8	4.5%
Hindistan	-	-	0.1	3.3	31.7	68.5	4.2%
İspanya	^	0.4	0.7	6.7	55.2	68.1	4.2%
İtalya	4.2	4.0	3.4	7.2	25.8	64.9	4.0%
Japonya	0.2	1.1	12.2	19.0	31.7	64.0	4.0%
Fransa	1.4	1.5	1.7	3.0	15.0	34.7	2.2%
Dünya	10.4	29.1	121.7	223.9	751.0	1612.5	75.7%

Not: Rüzgar, jeotermal, güneş, biyomas ve atıklardan yapılan toplam üretim rakamlarıdır, sınır ötesi elektrik arzını kapsamamaktadır.

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.16. yenilenebilir enerji tüketiminin bölgesel dağılımını göstermektedir. %39 oranı ile Avrupa ve Avrasya ilk sırada yer alırken, %30 oranıyla Asya Pasifik ikinci sırada, %23'lük oranla Kuzey Amerika üçüncü sırada yer almaktadır. Yenilenebilir enerji tüketiminde en alt sıralarda yer alan bölgeler ise Orta Doğu, Afrika ve Güney ve Orta Amerika olmaktadır.



Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Şekil 1.16. Yenilenebilir (Hidroelektrik Hariç) Enerji Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı (TWh)

1.2.2. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen doğada bileşiklerin içerisinde bulunması ve serbest halde bulunamaması sebebiyle doğal bir enerji kaynağı olarak sınıflandırılmamaktadır. Hidrojen birincil enerji kaynakları sayesinde farklı hammaddelerden elde edilebilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemlerine başvurulabilmektedir. Bu sebeple de elektrik enerjisinden yüz yıl sonra teknoloji sayesinde ortaya çıkan ve gelecekteki alternatif kaynak olarak değerlendirilen bir enerji kaynağıdır. Hidrojenin yapısında karbon atomları yer almadığından karbon bazlı fosil yakıtların sebep olduğu çevresel hasarlara sebebiyet vermemektedir. Elektrik üretiminden ısınmaya kadar birçok alanın ihtiyaçlarına cevap verebilecek kapasiteye sahiptir. Sıvı ve gaz halde bulunabildiğinden uzun mesafeler arasında taşınması sırasında kayıplar meydana gelmeyecek ve taşınma süreci oldukça kolay olacaktır. 2010 yılı itibariyle hidrojenin ticari amaçlar doğrultusunda kullanılabilmesi düşünülmektedir. Bütün maliyetler göz önüne alındıktan sonra ilk yıllarda benzine oranla daha pahalı olacağı beklenmekte ancak, ilerleyen süreçte çevresel avantajları da göz önüne alınarak bu maliyetin çok daha fazla düşürülebileceği değerlendirilmektedir (Kumbur vd., 2005: 36).

Hidrojen, kömür doğalgaz gibi birincil enerji kaynaklarından ve özellikle su, biyokütle gibi değişik hammaddelerden üretilen, fosil yakıtlarda CO₂ olan yanma ürünü yerine yanma ürünü su buharı olan çevreye duyarlı, bir enerji taşıyıcısı durumdadır (Ültanır, 1998: 20). Elektrik, 20. yüzyılı şekillendiren ve politikalara yön veren enerji taşıyıcısı iken, hidrojenin 21. yüzyılın enerji taşıyıcısı olacağına inanılmaktadır.

Hidrojen, yakıt pili teknolojisi ile elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Yakıt piller 1839'da İngiltere'de Sir William Grove tarafından icat edilmiş, yakıtlardan doğrudan elektrik enerjisi elde etmeye yarayan, böylelikle klasik çevrim teknolojilerinde meydana gelen enerji kaybının azaltıldığı, verimliliği yüksek çevrim yöntemidir (Ültanır, 1998: 193). Yakıt pilleri 1950'lerde NASA tarafından uzay teknolojilerinde başarılı bir şekilde kullanılmış, 1960'lardan itibaren dünyanın enerji problemlerinin tamamına çözüm olabileceği öngörüsüyle üzerinde çalışılmaya başlanmış ve kara ulaşımında uygulanmış, 1980'lerde yakıt hücreli tren, 1990'larda yakıt hücreli denizaltı ve uçak ile gelişim göstermiş, son yıllarda ulaştırma sektörünün yanında sanayi ve hizmet sektörlerinde kullanılmaya başlanmıştır. 2000'li yıllardan itibaren ülkelerin enerji politikalarında yer almaya başlamıştır (WEB_4i). Yakıt pillerinde, yakıt olarak metanol,

etanol, doğal gaz, LPG ve hidrojen kullanılmakla birlikte verimi en yüksek olan hidrojendir (Ültanır, 1998: 193).

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü (UNIDO) arasında, Birleşmiş Milletler Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi'nin (ICHET) kurulmasına ilişkin anlaşma, 21 Ekim 2003 tarihinde Viyana'da imzalanmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ PİYASALARININ GENEL GÖRÜNÜMÜ VE G7 ÜLKELERİ İLE TÜRKİYE KARŞILAŞTIRILMASI

Enerji ve enerji kaynakları ile ilgili genel bilgilerden sonra, bu bölümde Türkiye ve G7 ülkelerinin enerji piyasalarının genel görünümüne yer verilmektedir. Bu kapsamda, enerji türleri itibarıyla, ülkelerde bulunan rezerv ve potansiyel değerler, ülkelerin üretim ve tüketim miktarları hakkında bilgiler sunulmaktadır. Bununla birlikte, enerjinin ekonomideki yeri, enerji piyasasına kamunun müdahalesinin nedenleri ve müdahale araçları genel olarak değerlendirilmektedir.

2.1. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Genel Enerji Görünümü

2000’lerden sonra Dünya enerji talebindeki-tüketimindeki² artışın asıl nedeni gelişmekte olan ülkelerdir. Bununla birlikte, belirleyici unsurun gelişmişlik ve kalkınma olduğu unutulmamalıdır. İnsanların enerji tüketen gereçleri daha fazla kullanması, modern yaşam biçimlerini benimsemesi, yeni sanayiler oluşturması enerji tüketimini artırmaktadır (Montgomery, 2011: 48-52).

Dünya enerji talebinin Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’nın farklı senaryolar için yaptığı bütün projeksiyonlarda arttığı gözlenmektedir. Bu artışın hızını ve derecesini belirlemede devlet politikaları önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla aynı oranda ortaya çıkacak olan sera gazı salınımında devlet politikalarının etkisi bulunmaktadır. Yeni politikalar senaryosuna (merkezi senaryo) göre, enerji talebi 2013-2040 döneminde yaklaşık üçte bir oranında artacağı, bu artışın OECD dışı ülkelere kaynaklanırken, OECD ülkelerinde ise talebin %3 oranında azalacağı tahmin edilmektedir. Küresel ekonomik büyüme, enerji talebi ve enerji kaynaklı emisyonlar arasındaki ilişki, bazı piyasalarda (Çin gibi) ekonomilerin yapısal değişimden geçmesi, diğerlerinin enerji hizmetlerine olan talebinin doyma noktasına ulaşması ve bu ülkelerin tamamının daha verimli enerji teknolojilerini benimsemesi sebebiyle zayıflamaktadır. Küresel sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağı olarak enerji sektörü, iklim değişikliği ile mücadele çabalarının merkezi olmalıdır. Ancak, düşük karbon geçişinin devam etmesine rağmen, enerjinin neden olduğu CO₂ emisyonunun 2040 yılında %16 daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2015a:1).

² Sistemin işleyişini sağlayan talebin son noktası, tüketimdir (Montgomery, 2011: 48)

Bölgesel enerji tüketiminin artışıdaki eğilimler, ekonomik yapı ve büyüme, teknolojik gelişmeler ve politika farklılıklarını kapsayan birçok faktöre göre değişmektedir. Zamanla değişen bu faktörler analistlerin tahminlerini zorlaştırmaktadır. Küresel enerji tüketim tahminlerinin yukarı yönlü revize edilmesi örneği, asya ekonomilerinin geçtiğimiz 20 yılda beklenenden daha hızlı büyümesinden kaynaklanmıştır. (Newell vd., 2016: 7).

Enerji talebindeki artışın en önemli belirleyicileri arasında nüfus ve büyüme hızı gibi faktörler yer almaktadır. Söz konusu değişkenlere ait dünya, OECD, AB ve OECD-Dışı bazı ülkelerin reel büyüme oranları ve nüfus tahminleri Tablo 2.1. ve Tablo 2.2.'de yer almaktadır.

Tablo 2.1. Reel Büyüme Oranı Tahminleri

	Yıllık bileşik ortalama büyüme oranı				
	2000-2014	2014-2020	2020-2030	2030-2040	2014-2040
OECD	1.6%	2.0%	1.9%	1.7%	1.9%
Amerika	1.8%	2.3%	2.2%	2.1%	2.2%
Birleşik Devletler	1.7%	2.3%	2.0%	2.0%	2.0%
Avrupa	1.4%	2.0%	1.7%	1.5%	1.7%
Asya Okyanusya	1.7%	1.4%	1.6%	1.3%	1.4%
Japonya	0.7%	0.4%	0.8%	0.7%	0.7%
OECD-dışı	6.0%	4.6%	4.9%	3.8%	4.4%
Doğu Avrupa/Avrasya	4.4%	1.1%	3.0%	2.7%	2.4%
Rusya	4.1%	0.0%	2.6%	2.5%	2.0%
Asya	7.6%	6.1%	5.5%	3.9%	5.0%
Çin	9.6%	6.2%	5.2%	3.2%	4.6%
Hindistan	7.2%	7.5%	7.0%	5.3%	6.5%
Güneydoğu Asya	5.3%	5.0%	4.9%	3.7%	4.5%
Ortadoğu	4.6%	3.0%	3.8%	3.4%	3.4%
Afrika	4.7%	4.0%	4.8%	4.3%	4.4%
Güney Afrika	3.1%	1.7%	2.8%	2.9%	2.6%
Latin Amerika	3.5%	0.8%	3.1%	3.1%	2.6%
Brazilya	3.3%	-0.5%	2.9%	3.1%	2.2%
Dünya	3.7%	3.5%	3.7%	3.1%	3.4%
AB	1.3%	1.9%	1.6%	1.4%	1.6%

Kaynak: IEA, 2016b: 42

Tablo 2.1. ve Tablo 2.2.'den görüldüğü üzere, artan nüfus ve büyüme hızı beraberinde daha fazla enerji talebini getirecektir. Bu kapsamda fosil enerji kaynak rezervlerinin mevcut tüketim hızı ve ispatlanmış rezerv miktarı ile belirlenen rezerv ömrü dikkate alındığında yakın gelecekte, fosil yakıtların alternatif enerji kaynakları ile ikamesini zaruri kılan bir gerçeklik ortadadır.

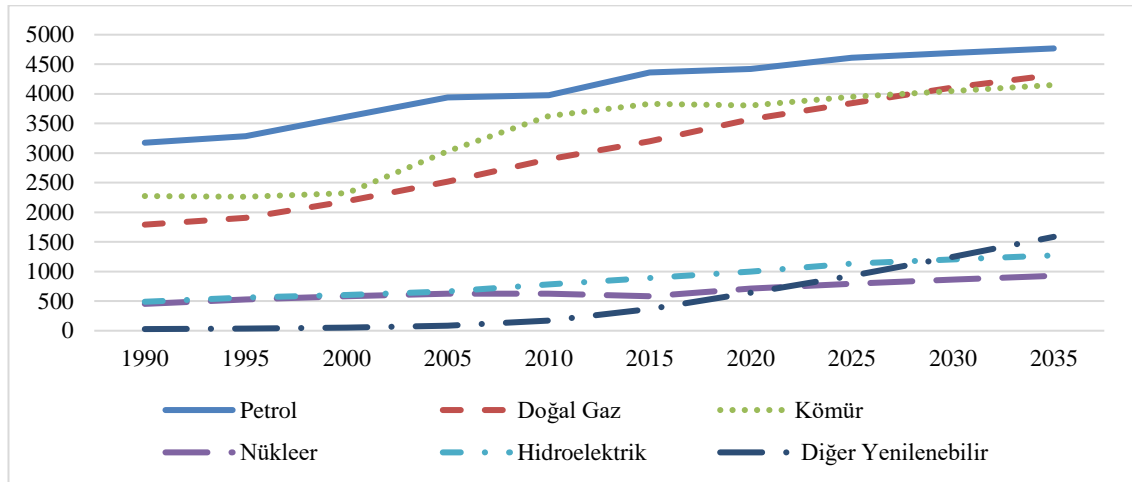
Tablo 2.2. Bölgelere Göre Nüfus Tahminleri

	Nüfus Artış Oranı*			Nüfus (milyon)		Kentleşme	
	2000-2014	2014-2025	2014-2040	2014	2040	2014	2040
OECD	0.7%	0.5%	0.4%	1 272	1 394	80%	85%
Amerika	1.0%	0.8%	0.7%	496	592	81%	86%
Birleşik Devletler	0.9%	0.7%	0.6%	323	377	82%	86%
Avrupa	0.6%	0.3%	0.2%	570	599	76%	82%
Asya Okyanusya	0.3%	0.1%	0.0%	206	203	90%	93%
Japonya	0.0%	-0.3%	-0.4%	127	114	93%	97%
OECD-dışı	1.4%	1.2%	1.0%	5 983	7 758	48%	59%
Doğu Avrupa/Avrasya	0.0%	0.1%	-0.1%	343	335	63%	68%
Rusya	-0.1%	-0.1%	-0.3%	144	133	74%	79%
Asya	1.1%	0.8%	0.6%	3 779	4 459	43%	57%
Çin	0.6%	0.3%	0.1%	1 372	1 398	55%	73%
Hindistan	1.5%	1.1%	0.9%	1 295	1 634	32%	45%
Güneydoğu Asya	1.3%	1.0%	0.8%	623	763	47%	60%
Ortadoğu	2.4%	1.7%	1.4%	224	323	70%	75%
Afrika	2.5%	2.4%	2.3%	1 156	2 062	40%	51%
Güney Afrika	1.5%	0.7%	0.6%	54	63	64%	75%
Latin Amerika	1.2%	0.9%	0.7%	481	578	79%	85%
Brazilya	1.1%	0.7%	0.5%	206	236	85%	90%
Dünya	1.2%	1.0%	0.9%	7 255	9 152	53%	63%
AB	0.3%	0.1%	0.0%	510	511	75%	81%

*Yıllık bileşik ortalama büyüme oranları

Kaynak: IEA, 2016b: 44

Grafik 2.1.'de dünya enerji üretimi, enerji sınıflandırması baz alınarak yıllar itibariyle yer almaktadır. Dünyada en fazla petrol üretimi gerçekleşmekte iken, petrolü kömür, doğal gaz üretimi izlemektedir. Hidroelektrik, nükleer ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları ise üretim miktarı olarak fosil kaynaklardan oldukça azdır. Petrol üretiminde sürekli bir artış trendi gözlenirken, kömür üretiminde 2000-2010 yılları arasında bir sıçrama trendi söz konusudur. Doğal gaz üretiminde de oransal olarak gözle görülen bir artış mevcuttur. Hidroelektrik enerjisi üretimindeki artış 2005 yılı sonrasında ivme kazanmaktadır. Dolayısıyla, yenilenebilir enerji kaynakları, hidroelektriğin de dâhil olduğu şekilde dikkate alındığında, özellikle 2010 yılı sonrasında büyük bir artış göstermektedir.

Grafik 2.1. Dünya Enerji Üretimi 1990-2015 (mtep)

Kaynak: BP (2017), Energy Outlook

Tablo 2.3.'den görüldüğü gibi G7 ülkelerinin birincil enerji tüketimi, dünya birincil enerji tüketiminin %30'undan fazladır. Kanada'nın birincil enerji tüketimi 1970-2015 yılları arasında %110 değişim gösterirken, söz konusu dönemler için Fransa'daki birincil enerji tüketimindeki değişim daha az gerçekleşmiştir. Almanya çok farklı bir görünüm sergilemektedir. Almanya'nın 1970 yılındaki birincil enerji tüketimi Fransa ve Kanada'nın yaklaşık iki katı olmakla birlikte, 2015 yılına doğru tüketimi Kanada ve Fransa'ya yakın değerlerdedir. Sadece ABD, dünya birincil enerji tüketiminin %17.3'ünü gerçekleştirmektedir. ABD'yi G7 ülkeleri içinde Japonya takip etmektedir.

Tablo 2.3. Birincil Enerji Tüketimi 1970-2015 (mtep)

Ülke/Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
Kanada	156.6	218.0	251.4	303.1	316.4	329.9	2.5%
Fransa	151.6	192.5	217.4	254.8	253.2	239.0	1.8%
Almanya	307.2	358.5	352.4	332.9	323.7	320.6	2.4%
İtalya	121.1	144.6	154.7	176.1	172.2	151.7	1.2%
Japonya	280.1	356.2	434.6	512.7	497.4	448.5	3.4%
İngiltere	217.0	201.6	211.3	224.2	210.5	191.2	1.5%
ABD	1626.7	1811.6	1967.3	2312.4	2285.3	2280.6	17.3%
Türkiye	12.5	25.0	47.3	74.1	111.0	131.3	1.0%
Dünya	4909.9	6638.3	8136.1	9388.3	12181.4	13147.3	31.1%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Bu kapsamda, bu bölümde sınıflandırılması birinci bölümde yapılan enerji kaynaklarına göre, G7 ülkeleri ve Türkiye'nin enerji genel görünümüne yer verilmektedir.

2.1.1. Birincil Enerji Kaynakları

Dünya birincil enerji tüketimi son 10 yılda ortalama %1.9 artarken, 2015 yılında %1 artış göstermiş ve son 10 yıl ortalamasının altında kalmıştır. Küresel finans krizinin yaşandığı 2009 yılında gerçekleşen %1.5 düşüş dikkate alınmadığında, 1998 yılından bu yana tüketim artışının en az gerçekleştiği yıl olmuştur. Birincil enerji tüketiminde ilk sırada %22.9 dünya payı ile yer alan Çin, 2015 yılında %1.5 tüketim artışı ile miktar olarak en fazla tüketim artışını gösteren ülkedir. Rusya ise miktar baz alındığında en fazla düşüş yaşayan ülke konumundadır. ABD birincil enerji tüketiminde %17.3 dünya payı ile ikinci ülke konumundadır (BP, 2016).

Dünya birincil enerji tüketiminin 2015 yılı itibariyle, enerji kaynaklarına göre dağılımı Tablo 2.4.'te yer almaktadır. BP'nin yaptığı 2035 yılı tahminine göre, toplam birincil enerji tüketimi 2035 yılında, 2015 yılına göre %31 artmakta ve bu artışta en büyük katkı yenilenebilir enerji kaynaklarından gelmektedir. Fosil enerji kaynaklarının, 2015 yılı için birincil enerji tüketimindeki payı %85 iken, 2035 yılı için yapılan tahminde %77'ye düşmesi beklenmektedir. Küresel enerji kaynaklarından ağırlıklı enerji kaynağı olarak fosil enerji kaynakları kullanılmaya devam edilecektir. Kömür tüketiminin payının 2035 yılında %24'e düşeceği öngörülmekte ve Sanayi Devrimi'nden bu yana en düşük paya işaret ettiği görülmektedir (BP, 2017).

Tablo 2.4. Dünya Birincil Enerji Tüketimi 2035 Projeksiyonu

Kaynak / Yıl	2015		2035		1995-2015			2015-2035		
	Miktar	Payı	Miktar	Payı	Değişim Miktarı	Değişim Oranı	Yıllık Büyüme	Değişim Miktarı	Değişim Oranı	Yıllık Büyüme
Petrol [†]	93	32%	106	29%	23	32%	1.40%	14	15%	0.70%
Doğal Gaz	336	24%	462	25%	129	63%	2.50%	127	38%	1.60%
Kömür	3840	29%	4032	24%	1595	71%	2.70%	193	5%	0.20%
Nükleer	583	4%	927	5%	57	11%	0.50%	344	59%	2.30%
Hidroelektrik	893	7%	1272	7%	330	59%	2.30%	379	42%	1.80%
Yenilenebilir	439	3%	1715	10%	394	870%	>10%	1276	291%	7.10%
Toplam	13147	100%	17157	100%	4559	53%	2.20%	4010	31%	1.30%

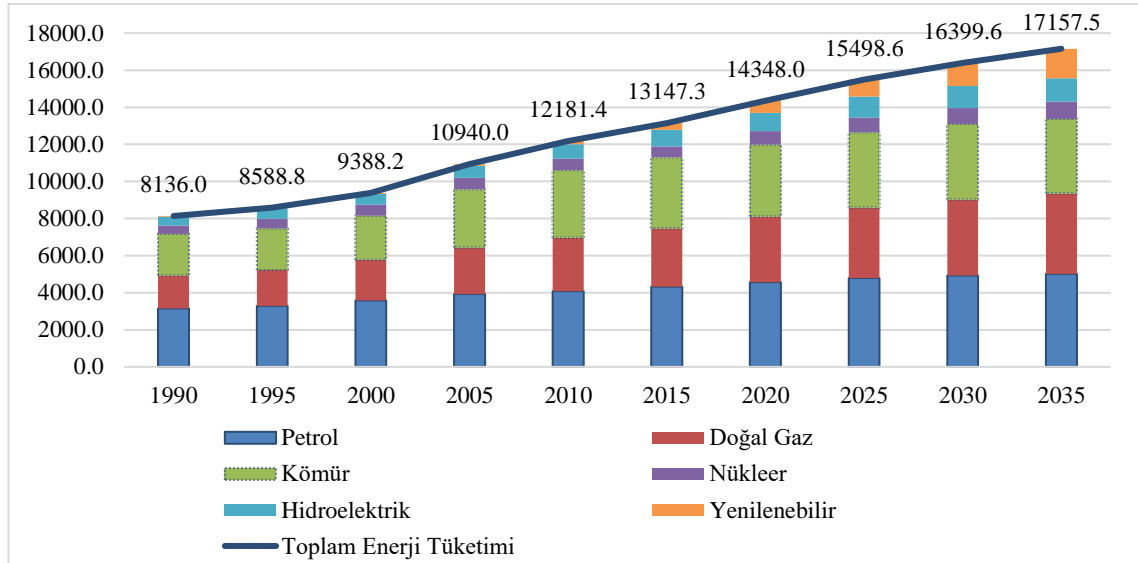
Not: Petrol için milyon varil/günlük, doğal gaz için milyar kübik feet/günlük, diğer enerji kaynakları için mtep ölçü birimi geçerlidir.

Kaynak: BP (2017)

Bununla birlikte fosil olmayan enerji kaynakları olarak nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları (hidroelektrik dâhil) payının 2035 yılında %15'den %23'e

yükseleceği öngörülmektedir. Bu artış aynı zamanda enerji arzındaki büyümenin yarısını oluşturmaktadır.

Grafik 2.2. Kaynaklarına Göre Enerji Tüketimi 1990-2035 (mtep)



Not: Petrol tüketimi serisi; petrol, biyoyakıt, gaz sıvıları ve kömür sıvılarını içermektedir.

Kaynak: BP (2017), Statistical Review of World Energy

Tablo 2.5. 2015 yılı için birincil enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımını G7 ülkeleri ve Türkiye bazında ele almaktadır. 2015 yılında Kanada'da gerçekleşen enerji tüketiminin en yüksek kalemini petrol, doğal gaz ve hidroelektrik oluşturmaktadır. Fransa'da birincil enerji tüketiminin temel kaynağı nükleer enerji olmaktadır. Almanya, İtalya, İngiltere ve Japonya'da da temel kaynak petrol iken, ABD'de birincil enerji tüketiminin temelini petrol, doğal gaz ve kömür oluşturmaktadır.

Tablo 2.5. G7 Ülkeleri ve Türkiye'de 2015 Yılı Birincil Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (mtep)

Ülke/ Kaynaklar	Petrol	Doğal Gaz	Kömür	Nükleer	Hidroelektrik	Yenilenebilir	Toplam
Kanada	100.3	92.2	19.8	23.6	86.7	7.3	329.9
Fransa	76.1	35.1	8.7	99.0	12.2	7.9	239.0
Almanya	110.2	67.2	78.3	20.7	4.4	40.0	320.6
İtalya	59.3	55.3	12.4	-	9.9	14.7	151.7
Japonya	189.6	102.1	119.4	1.0	21.9	14.5	448.5
İngiltere	71.6	61.4	23.4	15.9	1.4	17.4	191.2
ABD	851.6	713.6	396.3	189.9	57.4	71.7	2280.6
Türkiye	38.8	39.2	34.4	-	15.1	3.8	131.3
Dünya	4331.3	3135.2	3839.9	583.1	892.9	364.9	13147.3

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

2.1.1.1. Fosil Enerji Kaynakları

Toplam birincil enerji tüketiminin gelişimi ve 2015 yılı itibariyle kaynaklarına göre enerji tüketimi incelendiğinde, dünyada ve incelenen ülkelerde enerji talebi fosil kaynaklı enerji türleri ile sağlanmaktadır. Gelecek projeksiyonları fosil enerji kaynaklarının payının düşeceğini işaret etse de, ülkelerin enerji bileşiminde fosil enerji kaynaklarının ağırlığının kısa dönemde devam edeceği söylenebilir. Bu kapsamda, fosil enerji kaynaklarının G7 ülkeleri ve Türkiye'deki önemi ile enerji piyasalarına ait temel bilgiler bu bölümde yer almaktadır.

2.1.1.1.1. Petrol

Petrol rezervlerine sahip olan G7 ülkeleri Tablo 2.4'de gösterilmektedir. Kanada dünyanın en büyük petrol rezervine sahip üçüncü ülkesi olarak, 1980 yılında 39,5 milyar varil petrol rezervine sahipken, 2015 yılında 172,2 milyar varile rezerv kaynaklarına ulaşmıştır. Tablodan görüldüğü gibi, ABD dünya sıralamasında 9., İngiltere 31., İtalya ise 43. sırada yer almaktadır. 2015 yılı için Kanada'nın rezervleri dünya toplam rezervinin %10,1'ini oluşturmakta ve rezerv ömrü 107.6 yıl olarak hesaplanmaktadır. ABD'nin dünya petrol rezerv payı %3,2 iken, İngiltere ve İtalya'da çok düşük oranlar söz konusudur.

Tablo 2.6. G7 Ülkelerinin Petrol Rezervleri (milyar varil)

Dünya Sıra	Ülke / Yıl	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Pay	Rezerv Ömrü (yıl)
3	Kanada	39.5	40.3	181.5	174.8	172.2	10.1%	107.6
9	ABD	36.5	33.8	30.4	35.0	55.0	3.2%	11.9
31	İngiltere	8.4	4.0	4.7	2.8	2.8	0.2%	8.0
43	İtalya	0.4	0.8	0.6	0.6	0.6	◆	14.7

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Tablo 2.7, G7 ülkeleri açısından petrol üretimi değerlerini göstermektedir. ABD'nin 1970 yılındaki petrol üretimi 2015 yılına kadarki en yüksek değerini göstermektedir. 1970 yılında ABD'nin petrol üretimi 11297 bin varil (günlük) iken, 2010 yılında 7550 bin varil (günlük), 2015 yılında ise 12704 bin varil (günlük) olarak gerçekleşmektedir. Her ne kadar Kanada, büyük rezervlere sahip olsa da, ABD petrol üretiminde %13'lük dünya payı ile G7 ülkeleri arasında petrol üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Kanada'da 1970 yılından sonraki yıllarda petrol üretiminde bir artış eğilimi gözlenmektedir. Dünya payı bazında %4,9 oranına sahip bir ülkedir. İngiltere'de 1970 yılında 4 bin varil olan günlük petrol üretimi 1980 yılında sıçrama yaparak, 1764 bin varile ulaşmaktadır.

Tablo 2.7. Petrol Üreten G7 Ülkeleri (bin varil/günlük)

Ülke / Yıllar	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
ABD	11297	10170	8914	7732	7550	12704	13.0%
Kanada	1473	1764	1968	2703	3332	4385	4.9%
İngiltere	4	1676	1933	2714	1361	965	1.0%
İtalya	32	35	97	95	106	115	0.1%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Tablo 2.8, G7 ülkeleri ve Türkiye için günlük petrol tüketimini göstermektedir. Tablodan görüldüğü üzere, petrol tüketiminde ABD dünyada birinci sırada, Japonya dördüncü, Almanya dokuzuncu ve Türkiye yirmidördüncü sırada yer almaktadır. 1970-2000 yılları arasında söz konusu ülkeler arasında petrol tüketiminde oran olarak en yüksek artış %390 ile Türkiye’de, miktar olarak en yüksek artış yaklaşık 5 milyon varil ile ABD’de gerçekleşmiştir. 2000-2015 yılları arasındaki en yüksek değişim oran olarak %25 ile Türkiye’de ikinci olarak %13 ile Kanada’da gerçekleşmiştir. Diğer ülkelerin tamamında bir düşüş söz konusudur. ABD’nin petrol tüketiminde dünyada birinci sırada yer alması önemli bir göstergedir. Nitekim tabloda yer alan ABD dışındaki diğer ülkelerin 2015 yılı için petrol tüketimi, ABD’nin tek başına yaptığı tüketimin ancak %72’sine tekabül etmektedir. Tabloda dikkat çeken diğer durum ise Almanya, Fransa ve İngiltere’de 1970 yılına göre 2015 yılında petrol tüketiminin düşmüş olmasıdır.

Tablo 2.8. G7 Ülkeleri ve Türkiye’nin Petrol Tüketimi (bin varil/günlük)

Dünya Sıra	Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
1	ABD	14710	17062	16988	19701	19180	19396	19.7%
4	Japonya	3876	4905	5240	5542	4442	4150	4.4%
9	Almanya	2765	3014	2685	2746	2445	2338	2.5%
10	Kanada	1472	1898	1747	2043	2324	2322	2.3%
13	Fransa	1860	2220	1895	1994	1763	1606	1.8%
15	İngiltere	2031	1649	1751	1713	1623	1559	1.7%
18	İtalya	1659	1929	1924	1928	1532	1262	1.4%
24	Türkiye	136	306	476	667	694	835	0.9%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

2.1.1.1.2. Doğal Gaz

G7 ülkelerinde doğal gaz rezervleri Kanada için 1990’lı yıllarda 1980’li yıllara göre artış gösterirken, 2000’li yıllarda 1990’lı yıllara göre bir azalış sergilemektedir. ABD’de 2000, 2010 ve 2015 yıllarında bir artış gözlemlenirken, Kanada’da 2000’de azalış, 2010 ve 2015 yılında eşitlik değişmeyen bir artış söz konusudur. İngiltere için ise aynı yıllarda sırasıyla bir artış bir azalış şeklinde trend izlenmektedir. 2015 yılında dünya

payı oranları bazında ABD, %5,6 oranıyla ilk sırada, Kanada %1,1 oranıyla ikinci sırada yer almaktadır.

Tablo 2.9. G7 Ülkelerinin Doğal Gaz Rezervleri (trilyon m³)

Dünya Sıra	Ülke	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı	Rezerv Ömrü (yıl)
5	ABD	5.6	4.8	5.0	8.6	10.4	5.6%	13.6
15	Kanada	2.5	2.7	1.7	2.0	2.0	1.1%	12.2
42	İngiltere	0.7	0.5	0.7	0.3	0.2	0.1%	5.2
49	İtalya	0.1	0.3	0.2	0.1	^	♦	7.3
50	Almanya	0.2	0.2	0.2	0.1	^	♦	5.4

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Tablo 2.10. G7 ülkeleri açısından doğal gaz üretimi değerlerini göstermektedir. ABD'nin 1970 yılındaki doğal gaz üretimi 595,1 milyar m³ iken, 2000 yılında 543,2 milyar m³, 2010 yılında 603,6 milyar m³, 2015 yılında 767,3 milyar m³ olarak gerçekleşmektedir. ABD'nin 2015 yılı dünya payı bazında doğal gaz üretimi oranı ise, %22'dir. Kanada'nın 1970 yılından 2000 yılına kadar artan bir doğal gaz üretimi söz konusudur. Ancak, 2010 yılında bir düşüş, 2015 yılında da 2000 yılının altında kalan bir değerle doğal gaz üretimi mevcuttur. Dünya bazında doğal gaz üretim payı ise %4,6 olarak belirtilmektedir. İngiltere'de 1970 yılından 2000'li yıllara kadar doğal gaz üretimi artmakla beraber, 2010 yılında 2000 yılının üretimini yarısı kadar gerileme, 2015 yılında da bir azalma gözlenmektedir. Dünya payı ise %1,1 olarak Tablo 2.10'da görülmektedir. G7 ülkesi olan Almanya ve İtalya'nın ise doğal gaz üretimi dünya bazında %0,2 oranıyla oldukça düşük düzeylerde bulunmaktadır.

Tablo 2.10. Doğal Gaz Üreten G7 Ülkeleri (milyar m³)

Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
ABD	595.1	549.4	504.3	543.2	603.6	767.3	22.0%
Kanada	56.7	74.8	108.6	182.2	159.9	163.5	4.6%
İngiltere	10.5	34.8	45.5	108.4	57.1	39.7	1.1%
Almanya	11.0	18.5	15.9	16.9	10.6	7.2	0.2%
İtalya	12.0	11.4	15.6	15.2	7.6	6.2	0.2%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Tablo 2.11. yıllar itibariyle doğal gaz tüketimini, G7 ülkeleri ve Türkiye için göstermektedir. 1970-2000 yılları arasında doğal gaz tüketiminde oran olarak en fazla artış gösteren ülke Japonya'dır. Japonya'nın doğal tüketimi yirmi kat artmıştır. Miktar olarak, ilk sırada İngiltere, ikinci sırada Japonya yer almaktadır. 2000-2015 yılları arasında ise oran olarak ilk sırada, 1980'lerin ortasında doğal gaz kullanımına başlanan Türkiye yer almaktadır. Miktar olarak ise 117.3 milyar m³ artışla ABD ilk sırada bulunmaktadır.

2015 yılı dünya payı bazında doğal gaz tüketimine göre ilk sırada ABD yer alırken, ABD'yi Japonya, Kanada ve Almanya izlemektedir. Türkiye'de ise doğal gaz tüketiminin 2015 yılında Fransa'nın üzerinde ancak diğer ülkelerin altında seyrettiği tablodan izlenebilmektedir.

Tablo 2.11. G7 Ülkeleri ve Türkiye'nin Doğal Gaz Tüketimi (milyar m³)

Dünya Sıra	Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Pay
1	ABD	598.6	562.9	542.9	660.7	682.1	778.0	22.8%
5	Japonya	3.4	24.1	48.1	72.3	94.5	113.4	3.3%
7	Kanada	36.4	52.2	66.9	92.7	95.0	102.5	2.9%
9	Almanya	15.3	58.3	60.9	79.2	84.1	74.6	2.1%
11	İngiltere	11.3	44.8	52.4	96.8	94.2	68.3	2.0%
12	İtalya	13.6	25.4	43.4	64.9	75.6	61.4	1.8%
25	Fransa	9.1	24.0	28.1	39.7	47.3	39.1	1.1%
20	Türkiye	-	-	3.4	14.6	39.0	43.6	1.3%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

2.1.1.1.3. Kömür

Tablo 2.12.'de G7 ülkelerinde kömür rezervlerinin 2014 ve 2015 yılı için dağılımı yer almaktadır. 2015 yılında dünyadaki toplam taş kömürü ve linyit rezervlerinin yaklaşık %0,73'ü Kanada'da, %4,5'i Almanya'da, %0,03'ü Japonya'da, %0,02'si İngiltere'de, %26,6'sı ABD ve %0,97'si Türkiye'de bulunmaktadır. 2014 yılına göre Kanada'daki toplam kömür rezervinde bir değişiklik olmazken, Almanya ve İngiltere'de bir artış, Türkiye, ABD ve Japonya'da bir azalış gözlenmektedir.

Tablo 2.12. G7 Ülkeleri Kömür Rezervleri

Ülke	2014 Rezerv			2015 Rezerv	2014 Kaynaklar		2014 Kalan Kaynak Potansiyeli	
	Taş Kömürü	Linyit	Toplam	Toplam	Taş kömürü	Linyit	Taş Kömürü	Linyit
Kanada	4346	2236	6582	6582	183260	118270	187606	120506
Fransa	-	n.s.	-	-	160	114	160	114
Almanya	21	36300	36321	40548	82961	40500	82982	76800
İtalya	10	7	17	-	600	22	610	29
Japonya	340	10	350	347	13543	1026	13883	1036
İngiltere	70		70	228	186700	1000	186770	1000
ABD	222641	30483	253124	237295	6457688	1367877	6680329	1398360
Türkiye	380	12466	12846	8702	802	362	1182	12828
Dünya	698660	285964	984624	891531	17713376	4418658	18412036	4704622

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy; WEC (2016), World Energy Resources Coal 2016

Kömür üretiminde G7 ülkelerinin yıllar itibariyle kömür üretim miktarlarını gösteren tablo aşağıda yer almaktadır. Tablo 2.13.'e göre, G7 ülkeleri içinde kömür üretiminde ikinci sırada Almanya yer alırken, üçüncü sırada Kanada bulunmaktadır.

Dünya kömür üretimi bazında, ABD en yüksek orana sahipken, ABD'yi Almanya, Kanada, İngiltere ve Japonya izlemektedir. Ancak Japonya'nın kömür üretimindeki payı oldukça düşük düzeylerde iken, Türkiye'de kömür üretim miktarı 1981 yılında 6,9 mtep'ten 2015 yılında 11,7 mtep'e yükselmiştir. Dünya payı içinde de G7 ülkeleri ile kıyaslandığında ülkemizin payı düşük olmakla beraber, İngiltere ve Japonya'nın üzerinde bir üretim gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 2.13. Kömür Üreten G7 Ülkeleri (mtep)

Ülke / Yıl	1981	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
ABD	463.1	565.9	570.1	551.2	455.2	11.9%
Almanya	148.9	125.0	60.7	45.9	42.9	1.1%
Kanada	23.2	40.0	39.1	35.4	32.1	0.8%
İngiltere	78.0	56.4	19.6	11.4	5.3	0.1%
Japonya	11.1	4.6	1.7	0.5	0.6	♦
Türkiye	6.9	11.7	12.5	17.5	11.7	0.3%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Tablo 2.14.'te, G7 ülkeleri ve Türkiye için yıllar itibariyle kömür tüketimi yer almaktadır. G7 ülkeleri içinde ABD en fazla kömür tüketimi olan üçüncü ülke konumundadır. ABD'nin dünya payı 2015 yılı için %10,3 olarak gözlemlenmektedir. Japonya'nın da kömür tüketiminde önemli bir yeri varken, Almanya dünya kömür tüketimi sıralamasında dokuzuncu sırada yer almaktadır. Ancak, Almanya'nın kömür tüketimi 1970 yılında Japonya'nın iki katından fazla iken, 2015 yılında Japonya'nın tüketiminin yarısından biraz fazladır. Almanya'daki kömür tüketiminde yıllar itibariyle düşüş gözlenmektedir. Aynı durum tüketim miktarları farklı olmakla beraber İngiltere ve Fransa için de söz konusudur. Türkiye'de ise kömür tüketimi 1970 yılında 4,7 mtep iken, 2015 yılında 34,4 mtep'tir.

Tablo 2.14. G7 Ülkeleri ve Türkiye'nin Kömür Tüketimi (mtep)

Dünya Sıra	Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
3	ABD	309.1	388.6	483.1	569.0	525.0	396.3	10.3%
4	Japonya	60.4	58.2	78.0	95.5	115.7	119.4	3.1%
9	Almanya	149.1	141.3	131.5	85.3	77.1	78.3	2.0%
16	İngiltere	96.0	71.1	64.9	36.7	30.9	23.4	0.6%
18	Kanada	16.9	22.2	27.1	30.6	25.2	19.8	0.5%
25	İtalya	9.9	12.6	14.1	12.6	13.7	12.4	0.3%
28	Fransa	34.7	31.2	19.0	14.2	11.5	8.7	0.2%
13	Türkiye	4.7	7.0	16.1	22.9	31.4	34.4	0.9%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Bu kapsamda, en fazla CO₂ emisyonuna sahip olan kömür tüketimi 1970-2015 döneminde Almanya, İngiltere ve Fransa'da düşmüşken, ABD, Kanada ve İtalya'da aynı

seviyeleri korumaktadır. Karbon emisyonlarının azaltılması çabası dâhilinde, kömür tüketiminin azaltılması bir politika amacıdır. Bununla birlikte, Japonya ve Türkiye’de kömür tüketimi artışı gözlenmektedir. Özellikle, 2011 yılında Japonya’da, meydana gelen nükleer kaza sonrası, enerji arzında kömüre yer verilmiştir. Geliştirilen yeni teknolojili santraller ile karbon emisyonu azaltılmaya çalışılsa da, Japonya’nın taahhütte bulunduğu üzere emisyon azaltımı yapması kömür tüketimini kısması ile mümkün olacaktır. Türkiye’de kömür tüketiminin artmasının en önemli sebebi ise, enerji bağımlısı olan Türkiye’nin yerli kaynakların kullanımı ile enerji portföyünü genişletme ve bir iyileştirme sağlanma çabasıdır.

2.1.1.2. Fosil Olmayan Enerji Kaynakları

Fosil enerji kaynaklarının tüketiminde kömür hariç olmak üzere G7 ülkeleri dünyada çok önemli bir paya sahiptir. G7 ülkeleri içinde ABD petrol ve doğal gazda (sırasıyla, %19,7 ve %22,8) dünyada en fazla tüketimi olan ülke iken, kömür tüketiminde (%10,3) dünyada üçüncü sırada yer almaktadır. Artan enerji talebine, gelişmiş ülkeler fosil enerji kaynaklarını kullanarak yanıt vermeye çalışsa da fosil kaynaklarının rezerv ömürleri göz önüne alındığında, enerji bileşiminde alternatif enerji kaynaklarının yer alması zorunlu hale gelmiştir. Bu kapsamda, fosil enerji kaynaklarının alternatifi olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve nükleer enerji kullanımının durumu bu kısımda yer almaktadır. Gelişen teknolojilerle birlikte, 1990’lı yıllardan itibaren yaygınlaşmaya başlayan ve yenilenebilir enerji kaynakları içinde yeni enerji türlerinin gelişimi hakkında genel bir bilgi verebilmek için yenilenebilir enerji tüketimi, hidroelektrik tüketimi ve diğer yenilenebilir (rüzgâr, güneş, biyomas ve atıklar, jeotermal) enerji tüketimi olarak farklı tablolar halinde sunulmaktadır.

2.1.1.2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil enerji kaynaklarında olduğu kadar olmasa da ülkelerin coğrafi ve fiziki koşulları ile yakından ilgilidir. Hidroelektrik santralleri için su kaynakları, rüzgâr tribünleri ve güneş panelleri için uygun rüzgâr ve güneşlenme süresi önem arz etmektedir. Dolayısıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarında rezerv söz konusu olmasa da uygun şartların varlığı ve ülkenin kaynak potansiyelini kullanması ile net enerji ithalatçısı olmasının önüne ancak geçilmesi sağlanabilir. Bu noktada, G7 ülkeleri ve Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarından ne ölçüde yararlandığı bu kısımda, hidroelektrik ayrı tutularak verilmektedir.

Tablo 2.15. G7 ülkeleri ve Türkiye için yıllar itibariyle hidroelektrik tüketimini göstermektedir. Hidroelektrik enerjisi tüketiminde Kanada, ABD ve Japonya ilk 10 ülke içinde yer almaktadır. 2015 yılı itibariyle Kanada ikinci, ABD dördüncü, Japonya yedinci ve Türkiye dünyada en çok hidroelektrik kullanan onbirinci ülkedir. 1970 ve 2015 yılları karşılaştırıldığında; hidroelektrik enerjisi tüketiminde artış gösteren ülkeler arasında Kanada, Türkiye, Japonya, Almanya, İngiltere yer almaktadır. ABD ise söz konusu yıllarda hidroelektrik tüketiminde 0,2 TWh'lık bir artış göstermektedir. İtalya ise hiç değişim sergilememektedir. Türkiye ise 2015 dünya payı bazında hidroelektrik tüketiminde İngiltere, Almanya, İtalya ve Fransa'nın üzerinde yer almaktadır.

Tablo 2.15. G7 Ülkeleri ve Türkiye'nin Hidroelektrik Tüketimi (TWh)

Dünya Sıra	Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
2	Kanada	155.3	222.5	295.8	356.9	351.5	383.1	9.7%
4	ABD	253.5	282.0	295.8	278.4	262.8	253.7	6.4%
7	Japonya	73.4	86.4	87.3	81.8	90.9	96.6	2.4%
13	Fransa	56.7	69.5	54.8	67.8	63.2	53.9	1.4%
15	İtalya	43.9	40.8	31.6	44.2	51.1	43.9	1.1%
25	Almanya	17.5	19.1	17.4	21.7	21.0	19.3	0.5%
38	İngiltere	4.5	4.0	5.1	5.1	3.6	6.3	0.2%
11	Türkiye	3.1	11.3	23.2	30.9	51.8	66.9	1.7%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

G7 Ülkeleri ve Türkiye için hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji tüketimi ile ilgili değerler Tablo 2.16.'da ortaya konulmaktadır. Hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji tüketiminde ABD, %19,7 dünya payı ile dünyada ve G7 ülkeleri içinde ilk sırada yer almaktadır. ABD'yi 2015 yılı dünya payı %10,9 olan Almanya takip etmektedir. Bu oranıyla Almanya üçüncü sırada, İngiltere %4,8 oranıyla dördüncü sırada, İtalya da %4 oranıyla sekizinci sırada yer almaktadır. Tablodan görüldüğü gibi, özellikle 2000 yılından sonra yenilenebilir enerji tüketiminde büyük bir artış meydana gelmiştir. 2010-2015 döneminde ise özellikle ABD ve Almanya'da tüketim miktarı büyük ölçüde artmıştır. Türkiye ise 1970 yılında 0,2 TWh tüketim gerçekleştirirken, 2015 yılında 16,6 TWh tüketim sergileyerek, dünya payı ortalamasını, birincil enerji tüketiminde olduğu gibi %1 seviyesine çıkarmaktadır.

Tablo 2.16. G7 Ülkeleri ve Türkiye'nin Yenilenebilir (Hidroelektrik Hariç) Enerji Tüketimi (TWh)

Dünya Sıra	Ülke / Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2015 Dünya Payı
1	ABD	0.8	5.7	63.8	78.2	173.7	317.1	19.7%
3	Almanya	0.9	2.0	1.5	14.3	83.9	176.6	10.9%
4	İngiltere	-	-	0.6	4.8	22.2	77.0	4.8%
8	İtalya	4.2	4.0	3.4	7.2	25.8	64.9	4.0%
9	Japonya	0.2	1.1	12.2	19.0	31.7	64.0	4.0%
10	Fransa	1.4	1.5	1.7	3.0	15.0	34.7	2.2%
11	Kanada	-	1.3	4.0	8.5	17.9	32.4	2.0%
16	Türkiye	0.2	0.1	0.1	0.3	4.1	16.6	1.0%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

2015 yılı itibariyle güneş enerjisi kurulu gücünde Almanya %17,2 ve Japonya %15,4 pay ile takip etmektedir. 2011 yılında 4914 MW kurulu gücü olan Japonya, nükleer kazanın ardından 2012'de 6701 MW, 2013'te 13669 MW, 2014'te 23409 MW'ya, 2015 yılı itibariyle güneş enerjisi kurulu gücünü yedi kat arttırmıştır. Türkiye'de de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ağırlık verilmeye başlanmış, bu kapsamda uygulanan kamu politikaları ile güneş enerjisi potansiyelinden daha fazla yararlanılmaya, kurulu gücü çok hızlı bir biçimde arttırmaya yönelinmiştir. Buna rağmen, hala mevcut potansiyelinin çok altındadır. İnceleme yaptığımız ülkeler arasında yer almamakla birlikte, güneş enerjisi kurulu gücünde %18,9 dünya payı ile Çin ilk sırada yer almaktadır.

Tablo 2.17. G7 Ülkeleri ve Türkiye Toplam Güneş Enerjisi (FV) Kurulu Gücü (MW)

Ülke / Yıl	2000	2005	2010	2014	2015	2014-2015 değişimi	2015 Dünya Payı
Almanya	114	2056	17944	38343	39698	3.5%	17.2%
Japonya	330	1422	3618	23409	35409	51.3%	15.4%
ABD	19	190	2040	18317	25577	39.6%	11.1%
İtalya	19	38	3502	18622	18922	1.6%	8.2%
İngiltere	2	11	95	5461	9071	66.1%	3.9%
Fransa	11	26	1207	5678	6557	15.5%	2.8%
Kanada	7	17	281	1904	2504	31.5%	1.1%
Türkiye	0	2	6	58	266	360.5%	0.1%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

G7 ülkeleri ve Türkiye'de toplam kurulu rüzgâr tribünü kapasiteleri Tablo 2.18.'de gösterilmektedir. 2000-2015 yılı arasındaki rüzgâr tribünü kapasitesindeki en yüksek artış oran olarak Kanada'da, miktar olarak ise ABD'de gerçekleşmiştir. Söz konusu ülkelerin her birinde rüzgâr tribünü kapasitesinde yıllar itibariyle artışın olduğu Tablo 2.18.'den izlenebilmektedir. 2015 yılı dünya payı bazında ise, ilk sırada ABD yer alırken, ABD'yi Almanya, İngiltere, Kanada ve Fransa takip etmektedir. Türkiye'nin dünya payındaki oranı ise, Japonya hariç G7 ülkelerinin altında kalmaktadır. Yine

incelediğimiz ülkeler içinde yer almamakla birlikte, 2015 yılı itibariyle rüzgâr enerjisi kurulu gücünde %33,4 dünya payı ile Çin ilk sırada yer almaktadır. En fazla kurulu gücü bulunan Çin'i, sırasıyla; ABD %17,2 pay ile ve Almanya %10,4 pay ile takip etmektedir. BP (2017) Enerji Görünümü Raporu'na göre, güneş ve rüzgâr enerjisi en hızlı gelişim gösteren yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bu kapsamda, güneş enerjisi sekiz kattan fazla, rüzgâr enerjisi dört kattan fazla artmaktadır.

Tablo 2.18. G7 Ülkeleri ve Türkiye Toplam Kurulu Rüzgâr Tribünü Kapasitesi (MW)

Ülke / Yıl	2000	2005	2010	2014	2015	2014-2015 değişimi	2015 Dünya Payı
ABD	2610	9181	40274	66146	74740	13.0%	17.2%
Almanya	6097	18375	27092	39193	45018	14.9%	10.4%
İngiltere	425	1336	5401	12987	14191	9.3%	3.3%
Kanada	139	683	4011	9684	11190	15.6%	2.6%
Fransa	63	775	5940	9337	10269	10.0%	2.4%
İtalya	424	1713	5814	8703	9126	4.9%	2.1%
Japonya	142	1159	2429	2840	3084	8.6%	0.7%
Türkiye	19	20	1320	3630	4503	24.1%	1.0%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

Jeotermal enerji kaynakları açısından değerlendirilecek olursa, Tablo 2.19.'da görüldüğü üzere, ABD en yüksek jeotermal kurulu güç kapasitesine sahiptir. G7 ülkelerinden İtalya %7 dünya payı ile ABD'yi takip etmekte, Almanya'da ise %4.2 dünya payı ile önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye jeotermal enerji kurulu güç kapasitesinde G7 ülkeleri içinde üçüncü sırada yer almaktadır. Bununla birlikte, jeotermal enerji kaynakları bakımından dünyada ilk on ülke içinde yer alan Türkiye, jeotermal enerji potansiyelini yeterince kullanmamaktadır.

Tablo 2.19. G7 Ülkeleri ve Türkiye Jeotermal Kurulu Güç Kapasitesi (MW)

Ülke / Yıl	2000	2005	2010	2014	2015	2014-2015 Değişimi	2015 Dünya Payı
ABD	2828	2893	3308	3525	3596	2.0%	27.7%
İtalya	785	791	883	916	916	0.0%	7.0%
Japonya	535	534	502	539	544	1.0%	4.2%
Almanya	0	0	8	27	27	0.0%	0.2%
Fransa	4	15	16	17	17	0.0%	0.1%
Türkiye	20	20	94	405	624	54.1%	4.8%
Dünya	8594	9396	11152	12492	12995	4.0%	44.0%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

REN21 Yenilenebilir Enerji (Renewables 2016 Global Status Report) raporuna göre, yenilenebilir enerji yatırımları 2014 senesinde 273 milyar ABD doları iken, 2015 yılında 285.9 milyar ABD dolarına yükselmiştir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynakları bazında yeni yatırımlar dikkate alındığında, jeotermal güç kapasitesine yeni

yatırımlarda ilk sırada Türkiye, ikinci sırada ABD gelmektedir. Almanya ve Japonya jeotermal kapasite arttırıcı en fazla yatırım yapan beşinci ülkelerdir. Hidro güç kapasitesine yönelik yatırımlarda Türkiye en fazla yatırım yapan üçüncü ülkedir. Güneş enerjisi (FV) dikkate alındığında ise, Çin ilk sırada yer almakta, Çin'i sırasıyla; Japonya, ABD ve İngiltere takip etmektedir. Rüzgâr güç kapasitesine yapılan yatırımlarda ABD ve Almanya ön plana çıkmakta, biyodizel üretiminde ise; ABD ilk sırada, Almanya üçüncü sırada ve Fransa dünya genelinde beşinci sırada yer almaktadır.

Tablo 2.20. Yenilenebilir Enerji Yıllık Yatırım/Net Kapasite İlaveleri/Biyoyakıt Üretiminde İlk Beş Ülke

	1	2	3	4	5
Yenilenebilir güç ve yakıtlara yatırım (Hidro hariç > 50 MW)	Çin	ABD	Japonya	İngiltere	Hindistan
Yenilenebilir güç ve yakıtlara birim GSYH bazında yatırımlar	Moritanya	Honduras	Uruguay	Fas	Jamaika
Jeotermal güç kapasitesi	Türkiye	ABD	Mexico	Kenya	Almanya/ Japonya
Hidro güç kapasitesi	Çin	Brezilya	Turkey	Hindistan	Vietnam
Güneş (FV) güç kapasitesi	Çin	Japonya	ABD	İngiltere	Hindistan
Güneş termal güç kapasitesi	Fas	Güney Afrika	ABD	-	-
Rüzgar güç kapasitesi	Çin	ABD	Almanya	Brezilya	Hindistan
Güneş su ısıtma güç kapasitesi	Çin	Türkiye	Brezilya	Hindistan	ABD
Biyodizel üretimi	ABD	Brezilya	Almanya	Arjantin	Fransa
Yakıt etanol üretimi	ABD	Brezilya	Çin	Kanada	Tayland

Kaynak: REN21 (2016), Renewables 2016 Global Status Report

Yenilenebilir enerji güç kapasitesi dikkate alınarak değerlendirilecek olursa, Tablo 2.21.'e göre, toplam yenilenebilir güç kapasitesinde en büyük beş ülkeden üçü sırasıyla, G7 ülkeleri olan ABD, Almanya ve Kanada'dır. Bununla birlikte, hidro güç hariç tutulursa yenilenebilir enerji güç kapasitesine göre Japonya, Kanada'yı geride bırakmakta ve Almanya'dan sonra G7 ülkeleri içinde üçüncü, dünya genelinde dördüncü sırada yer almaktadır.

Tablo 2.21.'de görüldüğü üzere, teknolojik gelişmelere paralel olarak çevresel şartların da zorunlu kılmasıyla yenilenebilir enerjiye olan kamu sektörü ve özel sektör ilgisi her geçen gün artmaktadır. Yüksek maliyetler sebebiyle hala rekabetçi bir enerji olduğu tam anlamıyla söylenemeyen, yenilenebilir enerji kaynakları, ülke politikalarına göre şekillenmektedir. Gelişmiş ülkelerde, yapılan yatırımlar ve araştırma geliştirme faaliyetleri ile maliyet azaltıcı çözümler üretilebilirken, hazır teknoloji kullanan ülkelerin yenilenebilir enerji ile tanışmaları uzun zaman alabilecektir. Dünya genelinde, ülkelerde yenilenebilir enerji alanına ilgi artmakta, yenilenebilir enerji sektörüne yönelik ülkelerin uyguladıkları destekleme politikaları da farklılık arz etmektedir.

Tablo 2.21. Yenilenebilir Enerjide 2015 Yıl Sonu İtibariyle En Büyük Toplam Kapasiteye Sahip Beş Ülke

GÜÇ	1	2	3	4	5
Yenilenebilir enerji (toplam)	Çin	ABD	Brezilya	Almanya	Kanada
Yenilenebilir enerji (hidroelektrik hariç)	Çin	ABD	Almanya	Japonya	Hindistan
Kişi başına yenilenebilir güç kapasitesi (hidro hariç)	Danimarka	Almanya	İsveç	İspanya	Portekiz
Biyogüç üretimi	ABD	Çin	Almanya	Brezilya	Japonya
Jeotermal güç kapasitesi	ABD	Filipinler	Endonezya	Meksika	Yeni Zelanda
Hidro güç kapasitesi	Çin	Brezilya	ABD	Kanada	Rusya
Hidro güç üretimi	Çin	Brezilya	Kanada	ABD	Rusya
Güneş termal güç kapasitesi	İspanya	ABD	Hindistan	Fas	Güney Afrika
Güneş (FV) güç kapasitesi	Çin	Almanya	Japonya	ABD	İtalya
Kişi başına güneş (FV) güç kapasitesi	Almanya	İtalya	Belçika	Japonya	Yunanistan
Rüzgar güç kapasitesi	Çin	ABD	Almanya	Hindistan	İspanya
Kişi başına rüzgar güç kapasitesi	Danimarka	İsveç	Almanya	İrlanda	İspanya

Kaynak: REN21 (2016), Renewables 2016 Global Status Report

Buradan hareketle, raporda yer alan hedefler ve 2013/2014 yıllarına ait birincil ve nihai enerji içinde yenilenebilir enerjinin payları şu şekildedir (REN21, 2016: 160-164):

Fransa, nihai enerjide %14.3 olan yenilenebilir enerjinin payını, 2020’de %23’e 2030’da %32’ye yükseltmeyi hedeflemektedir. Almanya, nihai enerjide %13.8 olan yenilenebilir enerji payını, 2020’de %18’e, 2030’da %30’a, 2040’da %45’e, 2050’de %60’a yükseltmeyi planlamaktadır. İtalya, nihai enerjide %17.1 olan yenilenebilir enerji payını, 2020’de %17’de tutmayı hedeflemektedir. Japonya, birincil enerji içindeki %5.8 olan yenilenebilir enerji payını, 2030’da %14’e çıkarmayı hedeflemektedir. İngiltere, nihai enerjide %7 olan yenilenebilir enerjinin payını, 2020’de %15’e çıkarmayı hedeflemektedir.

Ayrıca, elektrik üretiminde de yenilenebilir enerjinin 2014 yılında aldığı pay ve yenilenebilir enerjinin payının artırılması yönünde belirlenmiş olan ülke hedefleri, şu şekildedir (REN21, 2016: 165-168):

Kanada’da, 2014 yılında elektrik üretiminde %59 oranında bir paya sahip olan yenilenebilir enerji ile ilgili ulusal bir hedef bulunmamakla birlikte, yerel düzeyde 2020 yılına kadar en az %40 oranında artırılması ve bir bölgede %93 oranında gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Fransa’nın elektrik üretiminde %18.3 paya sahip olan yenilenebilir enerjinin 2020’de %27 yapılması hedefine, yeni hedef olarak 2030 yılında %40 yapılması eklenmiştir. Almanya ise, %28.2 orana sahip olan yenilenebilir enerjiyi, 2025 yılında %40-45, 2035 yılında %55-60 ve 2050 yılında %80 oranında elektrik

üretiminde pay sahibi yapmayı hedeflemektedir. İtalya’da %33.4 olan elektrik üretimdeki yenilenebilir enerji payı, 2020 yılında %26 olarak belirlenmiştir. Japonya’da %12.2’lik bir paya sahip olan yenilenebilir enerji, eski hedeflerinde 2020’de %13.5 ve 2030’da %20 iken, yeni belirledikleri politikalarla bu hedefi revize etmişler ve 2030 yılında %22-24 oranında gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. İngiltere’de bu konuda ulusal bir hedef olmamakla birlikte, 2014 yılı itibariyle yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payı %17.8’dir. Bununla beraber, yerel düzeyde, İskoçya 2020 yılında elektrik üretiminin tamamını yenilenebilir enerji kaynaklarından yapmayı planlamaktadır. ABD için de ulusal bir hedef noktası bulunmamaktadır. Ayrıca, eyaletler düzeyinde birbirinden çok farklı hedefler belirlemişlerdir. Örneğin Hawai’de 2045 yılında elektrik üretiminin tamamının yenilenebilir enerjiden yapılması, Kaliforniya ve New York’ta 2030 yılında %50 elektrik üretiminin yenilenebilir enerjiden yapılması hedeflenmektedir. Son olarak Türkiye’de belirlenen ve ulaşılmak istenen hedef 2023 vizyonu kapsamında, elektrik üretiminin %30’unun yenilenebilir enerjiden sağlanmasına yöneliktir.

Tablo 2.22. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Destek Politikaları

POLİTİKALAR/ÜLKE		Kanada	Fransa	Almanya	İtalya	Japonya	İngiltere	ABD	Türkiye
Yenilenebilir enerji hedefleri		R*	R	o	o	R	o	R*	R
DÜZENLEYİCİ POLİTİKALAR	Tarife garantisi/prim ödemesi	R*	R	R	R	R	o	•	o
	Elektrik şirketi kota zorunluluğu/ Yenilenebilir enerji portföyü standartları	R*					o	R*	
	Net ölçüm/ Net faturalandırma	•			R			R*	
	Ulaştırma zorunluluğu/direktifi	o	o	R	R		o	R	o
	Isıtma zorunluluğu/direktifi		o	o	o			•	
	Alıp satılabilir yenilenebilir enerji ruhsatları		o		o	o	o	•	
	İhale	o	★	★	o	o			★
MALİ TEŞVİKLER VE KAMU FİNANSMANI	Sermaye sübvansiyonu, hibesi veya iadesi	o	o	o	o	o	o	o	o
	Yatırım veya üretim vergisi indirimleri	o	o	o	o			R	
	Satış, enerji, KDV veya diğer vergilerde indirimler	o	o	o	o	R	o	o	
	Enerji üretimi ödemesi						o		
	Kamu yatırımı, krediler veya hibeler	o	R	o	o	o	o	R	o

Not: o; ulusal düzeyde, •; yerel düzeyde, ★; yeni (bir veya daha fazla) politika, R; değiştirilmiş, ★; yeni yerel, R*; değiştirilmiş yerel politikaları ifade etmektedir.

Kaynak: REN21 (2016), Renewables 2016 Global Status Report

Görüldüğü üzere, bazı ülkelerde hedefler yerel düzeyde bazı ülkelerde ulusal olarak belirlenmektedir. Bazı ülkelerin hedefleri ise, sonradan da revize edilebilmektedir.

2.1.1.2.2. Nükleer Enerji

Tablo 2.23.'te görüldüğü gibi Ocak 2017 tarihi itibarıyla dünyada planlanan reaktör sayısı 164 iken, önerilen reaktör sayısı 347'dir. 60 nükleer reaktör inşaatı devam etmekte ve toplam kapasitesi 64500 Mwe'dir. Ülkeler açısından planlanan reaktör sayısı dikkate alındığında; Kanada'da 2, Japonya'da 9, İngiltere'de 4, ABD'de 18, Türkiye'de 4 tanedir. Önerilen reaktör sayılarına göre ise, Kanada'da 3, Fransa'da 1, Japonya'da 3, İngiltere'de 9, ABD'de 24, Türkiye'de ise 4 adettir. Planlanan ve önerilen reaktör sayıları itibarıyla ilk sırada ABD bulunmaktadır. İtalya, nükleer santrallerin riskleri göz önünde bulundurularak tepkiyle karşılanan nükleer enerji uygulamalarından kamu baskısı ile referandum sonucunda 1987 yılında vazgeçmiştir. 2015 yılında İtalya'nın elektrik üretiminin % 38.3'ünü doğalgaz oluştururken, onu %16.6 ile kömür, %15.6 ile hidroelektrik izlemiştir. Elektrik üretimindeki %4,8'lik petrolün payının da eklenmesiyle, fosil yakıtlar elektrik üretiminin toplam %59,8'lik büyük bir kısmını oluşturmaktadır (IEA, 2016d: 101). İtalya, G7 ülkeleri içinde nükleer enerji kullanmayan tek ülkedir. Türkiye ise, attığı nükleer enerji adım ile enerji bağımlılığında önemli ölçüde iyileşme yapmayı planlamaktadır.

Tablo 2.23. Nükleer Reaktörlerin Ülkeler Bazında Genel Değerlendirilmesi

Ülke	Nükleer Elektrik Üretim 2015		İşletilen Reaktörler		İnşaat Halindeki Reaktörler		Planlanan Reaktörler		Önerilen Reaktörler		Gereken Uranyum
	milyar kWh	% e	1 Ocak 2017		1 Ocak 2017		Ocak 2017		Ocak 2017		2016
			Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe net)	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe gross)	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe gross)	Reaktör Sayısı	Toplam Güç (MWe gross)	
Kanada	95.6	16.6	19	13553	0	0	2	1500	3	3800	1630
Fransa	419	76.3	58	63130	1	1750	0	0	1	1750	9211
Almanya	86.8	14.1	8	10728	0	0	0	0	0	0	1689
İtalya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Japonya	4.3	0.5	43	40480	2	2756	9	12947	3	4145	680
İngiltere	63.9	18.9	15	8883	0	0	4	6100	9	11800	1734
ABD	798	19.5	99	99535	4	5000	18	8312	24	26000	18161
Türkiye	0	0	0	0	0	0	4	4800	4	4500	0
Dünya	2,441	11.5	447	391,386	60	64,500	164	170,844	347	391,300	63,404

Kaynak: World Nuclear Association, Erişim: 1 Şubat 2017 (<http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx>)

Nükleer teknolojilerin stratejik bir öneme sahip olması sebebiyle her ülkenin kendine ait bağımsız bir nükleer güç programı bulunmaktadır. G7 ülkeleri içinde bulunan

aynı zamanda AB üyesi ülkelerden Fransa, Almanya ve İngiltere'nin kendilerine ait nükleer teknolojileri varken, diğer AB üyesi ülkeler, nükleer reaktörleri ithal ederek nükleer enerjiden yararlanmaktadır (IEA, 2014a: 253). Bununla birlikte, dünya genelinde ABD, nükleer enerji gelişiminin öncüsüdür ve şu anda nükleer enerji endüstrisi alanında dünyanın en büyüğü konumundadır. İlk ticari tesis olan General Electric tarafından tasarlanan Dresden 1 (250 MWe), 1960 yılında güç üretimine başlamıştır ve o tarihten bu yana nükleer enerjiden üretilen elektrik kullanımı büyük bir artış göstermiştir (IEA, 2014b: 95). 2017 yılı itibariyle 99 nükleer reaktör aktif çalışırken, toplam kapasitesi 99.5 GWe'dir. Kanada'da, 1957'de inşa edilmiş olan ilk reaktör, dünyanın en eski araştırma reaktörlerinden biridir ve tıbbi teşhis ve kanser terapisi için tıbbi radyoizotopların tedarikinde en önemli kaynaktır. Kanada, uzun yıllardır kendi nükleer reaktör hattını geliştirmesiyle birlikte nükleer teknolojide önde gelen ülkelerden biri olmuştur (IEA, 2015b:230). Fransa'nın 2017 yılı itibariyle kurulu nükleer enerji kapasitesi net 63.1 GWe seviyesindedir ve Électricité de France (EDF) tarafından işletilen 58 ticari reaktöre sahiptir. Fransa'nın 2015 yılındaki elektrik üretiminin %77.6'sı nükleer enerji ile sağlanmaktadır. Diğer IEA üyesi ülkelerle karşılaştırıldığında, Fransa, toplam birincil enerji arzında ve elektrik üretiminde en yüksek nükleer paya sahip olan ülke konumundadır (IEA, 2016c: 163).

Japonya'da 2011 yılında meydana gelen Fukushima Daiichi nükleer kazası, son dönemde nükleer enerjiye yaklaşımı etkileyen en önemli olaydır. Almanya'da 2017 yılı itibariyle 8 tane aktif reaktör bulunmakta ve enerji kapasitesi 10.7 GWe düzeyindedir. Almanya, ilk nükleer enerji santralının devreye girdiği 1960'dan beri nükleer güç kullanmaktadır. Ancak, Çernobil kazası sonrasında nükleer enerjiye yönelik şüphecilik büyümeye başlamış ve hükümet 2000 yılında nükleer enerjinin terkedilmesiyle ilgili ilk anlaşmayı imzalamıştır. Ayrıca, Fukushima Daiichi kazasından sonra da federal hükümet, 14 Mart 2011'de 1980'den önce görevlendirilmiş tüm Alman nükleer güç santrallerini kapatan bir moratoryum yayınlamıştır (IEA, 2013: 173-176). Tabi ki bu uygulamaların enerji sektörü başta olmak üzere, ekonomik ve çevresel etkileri ile birlikte enerji üretim yapısı üzerinde de etkileri ortaya çıkmıştır. Örneğin, Japonya'nın nükleer kaza sonrasında tüm santrallerini aşamalı olarak kapatması, elektrik üretiminden gelen CO₂ emisyonlarının 100 milyon ton (Mt) (% 21) artmasına neden olmuştur (2010 yılında 477 milyon mt'dan 2013 yılında 594 mt'a, 2014 yılında 577 mt'a gerilemiştir). 2014 yılında

emisyonunda meydana gelen düşüş, enerji verimliliği kazanımlarına ve petrol üretiminden doğalgaza ve güneş (FV) enerjisine geçişten kaynaklanmaktadır (IEA, 2016e: 134).

2.1.2. İkincil Enerji Kaynakları

G7 ülkeleri ve Türkiye için yıllar itibariyle elektrik üretimi Tablo 2.24.'te yer almaktadır. G7 ülkeleri içinde yer alan ABD, elektrik üretiminde dünyada ikinci sırada bulunmakla birlikte, ülkenin elektrik üretimindeki değişiklik 1985-2015 yılları arasında %66 olarak görünmektedir. Yıllar itibariyle elektrik üretiminde artış gösteren ABD'nin 2015 yılı dünya payı %17,9 ile yüksek bir oran olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim Japonya'nın ve Almanya'nın da yıllar itibariyle elektrik üretiminde bir artış söz konusudur. Japonya'nın 2015 yılı dünya genelinde elektrik üretimi payı %4,3 ve Almanya'nın %2,7 olarak gerçekleşmektedir. Kanada'nın elektrik üretiminde 1985 yılı sonrası artış trendi olsa da, 2010 yılında bir azalış mevcuttur. 2015 yılında tekrar artışla beraber dünya payı 2015 yılı için %2,6'dır. Elektrik üretiminde 2015 yılı için Kanada'yı, Fransa, İngiltere, İtalya izlemektedir. Türkiye'nin elektrik üretimi ise 1985-2015 döneminde altı kattan fazla artış göstermektedir.

Tablo 2.24. Yıllar İtibariyle G7 Ülkeleri ve Türkiye'nin Elektrik Üretimi (TWh)

Dünya Sıra	Ülkeler	1985	1995	2005	2010	2015	Dünya Payı
2	ABD	2591.1	3516.8	4257.5	4332.8	4303.0	17.9%
5	Japonya	672.0	968.6	1153.1	1156.0	1035.5	4.3%
6	Almanya	522.5	536.8	622.6	633.1	647.1	2.7%
7	Kanada	460.4	551.3	604.4	588.2	633.3	2.6%
9	Fransa	344.0	493.9	575.2	573.8	568.8	2.4%
11	İngiltere	298.1	337.4	398.4	381.8	337.7	1.4%
15	İtalya	185.7	241.5	303.7	302.1	281.8	1.2%
17	Türkiye	34.2	86.2	162.0	211.2	259.7	1.1%

Kaynak: BP (2016), Statistical Review of World Energy

G7 ülkeleri ve Türkiye için elektrik üretiminin, üretim kaynaklarına göre oranları 2015 yılı için Tablo 2.25.'te gösterilmektedir. Tablo 2.25 incelendiğinde, fosil enerji kaynaklarından elektrik üretiminde ilk sırada %82.6 pay ile Japonya yer almaktadır. İkinci sırada ise, ABD ve Türkiye elektrik üretimini %67 oranında fosil kaynaklardan üreten ülkeler olarak yerini almaktadır. Görüldüğü üzere, üç ülkede fosil enerji kaynaklarına bağımlılık düzeyi elektrik üretiminde oldukça fazladır. Nükleer enerjiden elektrik üretimi değerlerine bakılacak olursa, Fransa %77 pay ile nükleer enerjiden en fazla yararlanan ülke konumundadır. Bu bakımdan elektrik üretiminde dışa bağımlılığı bulunmamaktadır. Fransa'nın dışında kalan G7 ülkelerinde -İtalya hariç- nükleer enerjiden elektrik üretimi yaklaşık %15 ile %20 arasında değişmektedir. Türkiye ve

İtalya'da nükleer enerji kullanılmamakla birlikte, İtalya'da yaklaşık %40 oranında elektrik üretimi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Bu oranla, G7 ülkeleri içinde ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye ise, elektrik üretiminin %32.2'sini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamaktadır ve sıralamada İtalya'yı takip etmektedir. Türkiye'de yenilenebilir enerji ile elektrik üretimine en büyük katkı hidroelektrikten gelmektedir. Hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji kaynaklarını elektrik üretiminde en çok kullanan ülke ise Almanya'dır. Bununla birlikte, toplam yenilenebilir enerjiden en fazla yararlanan ülke %63.8 ile Kanada'dır. Kanada hidroelektrik üretiminin toplam elektrik üretimindeki payı %56.7'dir. Görüldüğü üzere, hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji kullanımında dört G7 ülkesi ve Türkiye'nin kat etmesi gereken oldukça fazla yol vardır.

Tablo 2.25. 2015 Yılı Elektrik Üretiminde Enerji Kaynaklarının Payı

	Kömür	Petrol	Doğal Gaz	Nükleer	Hydro	Diğer	Toplam
Kanada	9.8	1.2	10.0	15.1	56.7	7.1	100
Fransa	2.2	0.4	3.5	77.6	9.7	6.7	100
Almanya	44.3	1.0	9.8	14.3	3.0	27.7	100
İtalya	16.1	4.8	39.4	-	16.2	23.6	100
Japonya	33.2	9.9	39.6	0.9	8.2	8.2	100
İngiltere	22.8	0.6	29.7	20.9	1.9	24.0	100
ABD	34.2	0.9	31.9	19.3	5.8	7.8	100
Türkiye	29.1	0.9	37.9	-	25.7	6.5	100

Kaynak: IEA (2017)

2.2. Enerji Piyasası ve Kamu Maliyesi İlişkisi

Gelişen ekonomi ve artan nüfusun enerji taleplerinin giderilmesi için belirlenecek olan enerji politikası, tutarlı, nitelikli ve güvenli bir şekilde düşük maliyetli ve kesintisiz enerji arzı sağlamak üzerine kurulmalıdır (Basaran vd., 2015: 90). Enerji, modern sanayileşmiş ülkelerde ekonomik faaliyetin devamı için gerekli temel girdilerden biridir. Sosyal ve ekonomik refahın geliştirilmesindeki rolü oldukça önemlidir. Gelişmekte olan ülkelerdeki düşük ekonomik ve sosyal gelişmenin sebeplerinden biri de modern enerji hizmetlerinin eksikliğidir. Son iki yüzyılda görülen hızlı ekonomik büyüme ve hayat standartlarındaki büyük iyileşmelerin en önemli sebebi teknolojik gelişme ile insanın gücünün yerine makine gücünün alması, dolayısıyla enerji kaynaklı olmasıdır (Evans ve Hunt, 2009: 89). Gerek nüfus artışı, kentleşme gibi demografik faktörler, gerekse de sanayileşme ve üretim yapısının değişmesine bağlı ekonomik ve teknolojik faktörler göz önüne alındığında, kamu kesiminin değişimlerdeki rolü göz ardı edilemez.

2.2.1. Enerjinin Kamusal Niteliği

Enerjinin kamusal niteliği başlığı altında; enerji sektörünün kamu maliyesi ile ilişkisi piyasa başarısızlıkları kapsamında doğal tekel oluşumları, enerjinin kamusal mal/kamu kolaylıkları niteliği, vergiler ve dışsallıklar göz önüne alınarak kamu kesiminin enerji piyasasına müdahale araçları çerçevesinde irdelenmektedir.

İktisadi örgütlenmede kamu kesiminin varlık nedenini ve amaçlarını açıklayan çeşitli devlet anlayışlarının görüşleri bulunmakla birlikte, temelde kamu kesiminin varlık nedeni piyasa mekanizmasının aksaklıklarının giderilmesi üzerine kuruludur. Piyasa mekanizmasının etkin çalışabilmesi için, üretim araçlarının özel mülkiyeti ilkesinin belirlediği sınırlar içinde, üretici ve tüketici kararlarının etkin bir kaynak dağılımını sağlayabilmesi gerekmektedir. Piyasa mekanizmasının etkin kaynak dağılımını yerine getirebilmesinin ön koşulları şu şekilde özetlenebilir (Uluatam, 2011: 20-22): Tüm piyasalarda serbest rekabet, mallar arasında azalan marjinal ikame oranı, üretim faktörleri arasında azalan marjinal ikame oranı, ölçeğe göre artan maliyet, tam bilgi, tam hareketlilik, ayırma ilkesi ve dışa taşan yararların bulunmaması ile dışa taşan maliyetlerin bulunmaması gerekmektedir. Bazı durumlarda, piyasanın Pareto-optimal kaynak tahsisini başaramadığı, piyasa başarısızlığı kısaca; “birinci en iyi durumu” -pareto optimumu- ifade eden, bir kişinin durumunu iyileştirebilmenin ancak başka bir kişinin durumunun kötüleştirilmesi ile mümkün olduğu durumun gerçekleştirilememesi, dolayısıyla optimal kaynak tahsisinin gerçekleştirilemediği “ikinci en iyi” durumu göstermektedir (Akalin, 2000: 6; 2002: 127).

Piyasa başarısızlığı çeşitleri ile ilgili değişik görüşler olmakla birlikte, piyasa ekonomisinin etkin kaynak tahsisi sağlayamadığı durumlarda ortak noktalar, kamusal mallar, dışsallıklar ve ölçeğe göre artan getiriler etrafında şekillenmektedir (Akça, 2007: 12). Enerji sektöründe de, sektörün bazı unsurları, rekabetçi bir piyasa modelinin temel varsayımlarının ihlali anlamına gelen teknik veya diğer bazı özelliklere sahiptir. Bununla birlikte, piyasa başarısızlıklarını ortadan kaldırmak için kamu kesiminin kullandığı bazı müdahale araçları bulunmaktadır. Bu müdahale araçları; maliye ve para politikaları, KİT’ler, regülasyonlar, merkezi/yol gösterici planlama, konsolide bütçe, gelir ve fiyat politikaları, sosyal refah devleti hizmetleri, gümrükler ve kotalar, borçlanma, fonlar olarak geniş anlamda değerlendirilebilir (Akalin, 2000: 22-24; 2002: 133-135).

Bu kapsamda, enerji sektörü açısından piyasa başarısızlıkları değerlendirilecek olursa, tekel, doğal tekel, dışsallık ve kamusal mal özellikleri enerji alanında kendini gösteren alanlar olmaktadır. Doğal tekelin ve rantın varlığı, bu sorunların çözülmesi için düzeltici müdahaleleri gerektirmektedir. Dışsallıklar enerji sektöründe oldukça yaygındır ve daha fazla müdahale gerektirmektedirler. Ayrıca modern dünyada kritik öneme sahip olan enerji; toplumsal, eşitlik ve güvenlikle ilgili konularla yakından ilişkilidir. Dolayısıyla bu piyasa başarısızlıkları -hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde her ne kadar piyasa serbestleşmesi çalışmaları artmış olsa da- hükümetlerin enerji sektörüne müdahalesini gerekli kılmaktadır. Bu kapsamda hükümetler enerji piyasalarına çeşitli araçlarla müdahalede bulunmaktadır. Bu araçlar aşağıdaki tablodaki gibi sınıflandırılabilir (Bhattacharyya, 2011: 285-296);

Tablo 2.26. Kamu Kesiminin Enerji Sektörüne Müdahale Araçları

Ekonomik/Mali	Ticaret	İdare, Yönetim ve Sahiplik	Regülasyon	AR-GE
Vergi, harç, lisans	İthalat/İhracat tarifesi	Enerji şirketlerine sermaye katkısı veya mülkiyet hakkı	Fiyat ve hacim kontrolleri	Kamu sektöründe AR-GE
Vergi muafiyetleri	İthalat/İhracat lisansları	Kamu hizmet sunumu	Piyasa düzenlemesi (giriş/çıkış, tekel hakları, kartele karşı yasalar)	Özel sektör AR-GE kaynak sağlama
Hibeler, sübvansiyonlar, transfer ödemeleri	Kotalar		Çevresel düzenlemeler	Uluslararası işbirliği
Kredi araçları (faiz sübvansiyonları, kredi garantileri, yumuşak krediler)	Seçici yasaklar/ambargolar		Teknik düzenlemeler	
	Yerli ve yabancı tedarikçilerin farklı muameleleri			

Kaynak: IEA (1996)'dan aktaran; Bhattacharyya, 2011: 295.

Doğal tekel, yüksek üretim düzeyinde ölçeğe göre artan getirinin bulunduğu sektörleri veya hizmetleri ifade etmektedir. Doğal tekel özelliğine sahip sektör veya hizmetlerde ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir (Demiryolları, elektrik dağıtım şebekesi, su ve kanalizasyon hizmetleri, doğal gaz dağıtım gibi hizmetler). Bununla beraber, değişken maliyetler küçük ve neredeyse sabittir. Ölçeğe göre artan getiri, üretim düzeyi arttıkça maliyetlerin düşmesini ifade etmektedir. Bu yüzden üretim düzeyi arttıkça, ortalama maliyet azalmaktadır. Doğal tekel söz konusu olduğunda, kaynakların

etkin kullanılmasının gereği olarak, hizmet tek bir firma tarafından üretilmelidir (Savaşan, 2013: 146).

Kamusal mal tanımı modern anlamda ilk defa Samuelson (1954) tarafından yapılmıştır. Samuelson kamu mallarını, kişisel mallar ve sosyal mallar olarak iki kategoride incelemektedir. Kişisel mallar, bireyler arasında bölünebilen mallar iken, sosyal mallar; ortak kullanılan ve bir bireyin tüketiminin başka bir bireyin tüketiminde eksilme yaratmayan mallar olarak ifade edilmektedir (Samuelson, 1954: 387). Bu noktada, sosyal (kamusal) malların en önemli özelliği, tüketiminde rekabetin olmaması ve dışlanamama özelliklerine sahip olmasıdır. Tüketimde rekabetin olmaması, bir mal veya hizmet sunulduktan sonra, başka bir bireyin tüketiminin ek kaynak maliyetinin olmamasını ifade ederken, dışlanamama; hiç kimseyi bir malın tüketimi için engelleyememeyi ifade eder. Özel mallar ise; tüketiminde rekabetin ve dışlamanın olduğu mallardır. (Rosen, 2002: 56).

Serbest Mallar	Ekonomik Mallar	
Hava, su, toprak	<u>Kişisel Mallar</u>	<u>Sosyal (Kamusal) Mallar</u>
	Salt kişisel mallar	Salt sosyal mallar
	Kamu kolaylıkları	Karma mallar
		Erdemli mallar

Malların sınıflandırılması yapılırken önce serbest ve ekonomik mallar olarak ikiye ayrılmakta, sonra ekonomik mallar kişisel ve sosyal (kamusal) mallar olarak kendi içinde ikiye ayrılmaktadır (Akalin, 2000: 56; 2006: 86-87). Bu noktada, kişisel mal grubunda yer alan kamu kolaylıkları, tekel veya tekele yakın özelliklere sahip ihtiyaçların özel şirketler tarafından sunulması durumunu içermektedir. Elektrik, su ve gaz şirketleri gibi bazı kamu kolaylıkları tam bir tekel özelliği gösterirken, kablolu televizyon, telekomünikasyon gibi bazıları az da olsa rekabet koşullarına sahip alanlardır. Bununla birlikte, kamu kolaylıklarının kamu kesiminin finanse ettiği kamusal mallardan ayrılan en önemli özelliği, tüm kamu kolaylıklarının kar maksimizasyonu amacıyla hareket eden özel sektör işletmeleri olmalarıdır. Bu bakımdan, bağımsız tekeller yüksek fiyatlama yapabilme özelliğine sahip olduğu için, piyasa gücünü kötüye kullanmasını engellemek geniş hükümet regülasyonlarının uygulanması ile mümkün olmaktadır (Flint, 2011: 75).

Hükümetler zor kullanma gücüne başvurmadan, kamu kolaylıkları aracılığıyla, özel sektör kararlarının değişmesini sağlayabilmektedir. Hükümetin kamusal direktiflerle yönettiği kamu kolaylıklarını, ekonominin diğer sektörlerinden ayıran dört temel

düzenleyici bileşen vardır. Bunlar; giriş kontrolü, fiyat belirlemesi, servis şartları ve hizmet kalitesi, hizmetin uygun şartlarda her isteyene sunulması zorunluluğu olarak sıralanabilir (Akça, 2007: 20). Bununla beraber, kamu kolaylıkları alanının temelinde iki özelliği bulunmaktadır. İlk olarak bu hizmetler yasal olarak herkese sunulmak zorundadır. Bu kolaylık hizmetlerinden, kimi durumlar dışında (kuraklık sebebiyle su kullanımının geçici olarak sınırlandırılması gibi), herkesin istediği ölçüde yararlanmasına izin verilir. İkinci olarak, kullanıcılara uygulanan fiyatlar özel şirketlerce değil, oluşturulan kamu komisyonları tarafından belirlenmektedir (Flint, 2011: 75). Bu özellikler göz önünde bulundurulduğunda, enerji sektörü yapısı gereği kamu kolaylığı özelliğini taşımaktadır ve devlet tarafından regüle edilen enerji piyasaları mevcuttur.

Vergi teorisine bakıldığında vergiler kaynaklarına göre gelir, harcamalar ve servet üzerinden alınmaktadır. Türk Vergi Sistemi'nde gelir üzerinden alınan vergiler; kişisel gelir vergisi ve kurumlar vergisidir. Harcamalar üzerinden alınan vergiler; katma değer vergisi (KDV), özel tüketim vergisi (ÖTV), özel iletişim vergisi (ÖİV), banka ve sigorta muameleleri vergisi (BSMV) vb. olarak sıralanabilir. Servet üzerinden alınan vergiler de emlak vergisi, veraset ve intikal vergisi (VİV), motorlu taşıtlar vergisini (MTV) ihtiva etmektedir. Bununla birlikte, gelir ve servet üzerinden alınan vergiler doğrudan vergiler, harcamalar üzerinden alınan vergiler ise dolaylı vergiler olarak nitelendirilmektedir. Klasik iktisadi yaklaşıma göre doğrudan vergiler kişisel geliri ve serveti vergilendirdiği için müşevvik etkisi kapsamında yatırımları azaltıcı bir etkiye sahip olabilmektedir. Bununla birlikte dolaylı vergiler fiyatlar içine gizlendiği için, vergi direncinin az olduğu ve tahsilatı kolay olan vergilerdir. Öte yandan herkesten eşit miktar ve oranda alındığı için gelir dağılımını bozucu etkisi de söz konusudur.

Türk Vergi Sistemi'nde enerji sektörünü doğrudan vergilendiren ve enerji vergisi olarak nitelendirilebilecek bir vergi türü bulunmamaktadır. Enerji tüketimi harcamalar üzerinden alınan KDV, ÖTV, ETV veya BDV gibi vergiler ile enerji fonu ve TRT payı gibi ek mali yükümlülükler ile vergilendirilmektedir. Dolayısıyla enerji tüketimi, önemli bir ekonomik büyüme girdisi olarak, kamunun vergi, sübvansiyon gibi maliye politikası araçları ile yarattığı şoklardan etkilenebilmektedir. Enerji tüketiminin şoklara karşı tepkisi ekonomik büyümeyi ilgilendiren en önemli kısımdır.

Bir vergi sistemi analiz edilirken, vergilemede etkinlik, eşitlik ve basitlik, göz önünde bulundurulması gereken üç önemli kriterdir. Etkinlik kriteri, ekonomik kararlara en az seviyede müdahale edilmesi ile vergilemede tarafsızlığa işaret ederken, eşitlik

kriteri bireylere adil bir şekilde davranılmasını ve basitlik kriteri hem mükelleflere hem de idareye aşırı maliyetler yüklemeyecek şekilde vergi hasılatının toplanmasını ifade etmektedir (Karayılmazlar ve Güran, 2005: 151).

Kamu maliyesine ilişkin diğer önemli bir alan dışsallıklardır. Fosil enerji kaynaklarının kullanımı karbon emisyonlarını arttıran temel neden olmakla birlikte, fosil enerji kaynaklarının alternatifi olan, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları, üretimleri ve/veya tüketimleri sebebiyle hiç veya çok az karbon emisyonu oluşmasına sebep olmaktadır. Bununla birlikte, fosil olmayan, temiz enerji kaynaklarının kullanımı, toplam enerji içindeki payı dikkate alındığında, oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise, dışsal maliyetleri dikkate alınmadığında fosil enerji kaynaklarının özel maliyetlerinin düşük olmasıdır. Bu bakımdan, temiz enerji kaynakları yüksek üretim maliyetleri sebebiyle kar maksimizasyonu ile hareket eden ekonomik birimler tarafından, ekonomik anlamda tercih edilmemektedir. Karbon salınımı gibi fosil enerji kaynaklarının yarattığı dışsallıkları içselleştirmek, enerji yapısını değiştirerek temiz enerji kullanımını arttırmak ve CO₂ emisyonunu azaltmak için kamu kesiminin elindeki en önemli enstrüman ise vergilerdir (Chen vd., 2014: 203-210).

Bu kapsamda, Chen vd. (2014) çalışmasında temiz enerji ve fosil enerjinin dâhil olduğu bir içsel büyüme modeli oluşturarak, hükümet politikalarının ekonomik büyüme ve sosyal refah üzerindeki etkilerini teorik model üzerinden ele almıştır. Edinilen bulgulara göre; uzun dönemde temiz enerji kullanımının fosil enerjiye nazaran ekonomik açıdan daha faydalı olduğu görülmüştür. Dışsallıkları içselleştirmek için uygulanacak yüksek enerji vergilerinin (pigou vergileri) fosil enerji tüketimini azaltacağı, lakin ekonomik büyüme ve sosyal refah üzerindeki etkisinin belirsiz olduğu sonucuna ulaşımlardır. Çünkü, böyle bir vergi ile, emisyon azaltımı ve çevre kalitesinin yükseltilmesi ile çalışma verimliliğinin, ekonomik büyüme oranının, arttırılması sağlanabilirken, dışsallıkların içselleştirilmesi ile üretim maliyetlerinin artışı firma karlılığını düşürecek ve ekonomik büyüme olumsuz etkilenecektir. Aynı çalışmada, gelir vergisi ile yapılan analizde, gelir vergisi artışının, uzun dönemde ekonomik büyüme ve sosyal refah üzerinde, çevresel dışsallığın göreceli büyüklüğüne göre iki karşıt etkisinin olacağı ifade edilmiştir. Buna göre, gelir vergisi sermayenin marjinal verimliliğini düşürerek, sermayenin gölge fiyatı ve ekonomik büyüme oranını düşürmektedir. Ancak, gelir vergisinin artması, devletin daha fazla vergi geliri elde etmesine ve kirliliği önlenmesi için daha fazla pay ayırabilmesine imkân tanıyabilmekte, çevre ve çıktı

anlamında bir faydanın geri dönüşü sağlanabilmektedir. Dolayısıyla, eğer çevresel dışsallık göreceli olarak daha büyük ise, ikinci etki birinci etkiye hakim olacak ve gelir vergisi artışı ekonomik büyümeyi olumlu etkileyecektir (Chen vd., 2016: 208).

Farklı kaynaklardan elde edilen gelirlerin hepsinin ortak özelliği, özel kesimden kamu kesimine kaynak aktarmayı sağlamalarıdır. Değişik adlar taşımaları ve ekonomik etkilerinin çok değişik olabilmesine karşın tüm kamu gelirleri özel kesim ve kamu kesimi arasında bir kaynak aktarması durumunu içermektedir (Uluatam, 2011: 255). Böyle bir durumda, piyasada karar alıcılar üretim ve tüketim kararları üzerinde daha fazla etkiye sahip olmalarına sebep olacaktır. Tüketim ve gelir üzerinden alınacak olan her vergi enerji üretim ve tüketim kararları üzerinde bir şok yaratacaktır. Enerji tüketim serisinin şoklara karşı tepkisi ve ekonomik büyüme ile ilişkisi bu kapsamda çalışmamızda değerlendirilmiş olup, kamu maliyesi politika yapıcılarına politika önerisi sunmayı hedeflemektedir. Enerji kullanım-tüketim yapısının değiştirilmesinin getirebileceği maliyetler kamu ekonomisinde ağır bir yük oluşturabilmektedir.

Öte yandan, optimal bir vergi oranı ile fosil enerji kaynaklarına yönelik vergilendirme politikası, tahsisli vergi (earmarked tax) şeklinde belirlenebilir. “Earmarking”, belirli kamu hizmetlerinin finansmanında özel gelirler tayin ya da tahsis edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Earmarking kavram olarak, tek vergi kaynağının, tek bir kamu hizmetine kullanılmasını ifade etmektedir (Buchanan, 1963: 457-458). Bu noktada, tahsisli vergiler, belli bir vergiden elde edilen gelirin toplam gelirden ayrı tutularak, devletin özel harcama programının finansmanı için kullanılmasını ifade etmektedir (Carling, 2007: 1). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yayılan bu uygulama bazı anayasalarda da yer almaktadır. Tipik örnekleri, servet üzerinden alınan vergilerin eğitime tahsisi, akaryakıttan alınan vergilerin otoyol yapımına ayrılması ve sosyal güvenlik ödemeleri için sigorta primi alınmasıdır (Teja, 1988: 523). Bu tipik örnekler güçlü tahsisin geçerli olduğunu göstermektedir. Şöyle ki, sunulan mal ve hizmetten fayda sağlayanlar için bu mal ve hizmetler özel mal karakteristiğindedir. Çünkü kullanıcılar dışında diğer kişilere etki eden dışsal fayda veya maliyet bulunmamaktadır veya oldukça azdır (McClary, 2001: 82).

Bu bakımdan değerlendirildiğinde, enerji piyasasında tahsisli bir vergi uygulanması enerji yapısını -enerji bileşimini- değiştirmek için elde edilen vergi gelirinin öncelikli alanlara harcanmasına imkân tanıyacaktır. Böylelikle, fosil enerji üzerinden alınacak vergiler, öncelikle ülkenin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin

harekete geçirilmesinde kullanılacak olursa, uzun dönemde hem ekonomik büyümeden ödün verilmemiş hem de enerji yapısı dönüştürülmüş olacağı tahmin edilmektedir. Bu kapsamda, fosil enerji kaynaklarından alınan vergi ve vergi benzeri gelirlerin yeniden düzenlenmesi ile fosil kaynakların üzerindeki vergi yükü üretim ve tüketim kararlarını etkilemeyecek şekilde değiştirilirse uzun dönem ekonomik büyüme ilişkisi etkilenmeyecektir. Optimal miktar-oran düzenlemeleri ile kirliliğin önlenmesi ve temiz enerji kaynaklarının yaygınlaşması için tahsisli bir vergi çalışması yapılması kanaatimizce uygun olacaktır.

2.2.2. Enerji Fiyatları ve Bileşenleri

Enerji talebini belirleyen en önemli faktör gelir düzeyidir. Ülke gelirinin artması ile enerji kullanan sermaye stokunun dönüşüm olanağı artmakta ve enerji-sermaye faktörünün tamamlayıcılık ilişkisi, enerji talebini de arttırmaktadır. Enerji tüketimi ise enerji fiyatlarıyla yakından ilişkilidir. Enerji tüketimi bir ülkenin nüfus yoğunluğu, kentleşme düzeyi, iklim koşulları gibi coğrafik özelliklerinden de etkilenmektedir. Fakat, enerji tüketim alışkanlığı, gelir düzeyi ve enerji fiyatları ile yakından ilişkilidir (Aydın, 2010: 326). Enerji fiyatları, enerji tasarrufunun arttırılması ve yakıt ikamesi için önemli bir politika aracıdır. Bu sebeple, hükümetlerin fiyatları belirlemesi, hem kamusal hem özel sektör için enerji kararlarını değiştirecektir. Nispi fiyat artışıyla birlikte, üreticilerin artık daha pahalı olan enerji girdilerinden daha az enerji tüketen teknolojilere geçmeleri beklenmektedir (Mehrer, 2007: 2944).

Bu noktada, G7 ülkeleri ve Türkiye’de petrol, doğal gaz ve elektrik için seçilmiş yıllar ve sektörlerdeki enerji fiyatları Tablo 2.27.-Tablo 2.30. arasında verilerek fiyat karşılaştırması yapılmıştır. Hafif yakıtların hanehalkı için fiyatlarını gösteren Tablo 2.27.’de gösterilmiştir.

Tablo 2.27’ye göre, 2000 yılında yılındaki hafif yakıt fiyatları bütün ülkeler için 2015 yılına kadar artış eğiliminde olmuştur. Ayrıca, 2000 yılında en yüksek enerji fiyatına sahip olan İtalya ve Türkiye, 2015 yılı fiyatlarına göre, hala en yüksek hafif yakıt fiyatlarına sahip iki ülkedir. Oran olarak en yüksek fiyat artışı ise Kanada’da gerçekleşmiştir. 2000-2015 döneminde Kanada’da hafif yakıt fiyatları %127 artışla ilk sırada, miktar olarak ise 597 dolar/tep ile İtalya birinci sırada yer almaktadır.

Tablo 2.27. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Hafif Yakıtların Hanehalkı Fiyatları (Dolar/tep)

	Kanada	Fransa	Almanya	İtalya	Japonya	İngiltere	ABD	Türkiye
2000	421.3	496.3	424.5	930.5	528.7	374.5	399.8	831.3
2001	404.2	418.6	376.3	865.8	494.8	316.9	385.4	755.4
2002	367.8	402.2	372.5	926.9	439.4	274.8	352.1	857.6
2003	475.4	515.6	450.0	1132.8	498.3	349.3	414.0	1040.8
2004	560.5	657.7	547.6	1331.4	575.0	462.8	465.4	1173.9
2005	749.9	847.5	731.6	1535.5	700.0	640.8	618.6	1641.0
2006	842.5	954.4	827.1	1654.0	825.6	776.9	713.2	1780.4
2007	919.5	1037.7	908.4	1803.7	814.0	921.2	780.1	2033.5
2008	1236.7	1433.0	1252.9	2128.8	1239.5	1232.5	998.8	2455.2
2009	799.8	935.4	820.3	1707.8	860.7	789.4	781.9	1771.6
2010	1020.5	1106.4	961.9	1831.3	1049.5	962.2	918.1	1962.9
2011	1327.6	1445.5	1278.9	2222.2	1371.3	1256.2	1141.1	2173.1
2012	1371.5	1459.5	1286.8	2206.5	1387.7	1290.2	1174.9	2174.1
2013	1359.5	1442.6	1248.7	2225.7	1224.2	1255.3	1173.9	2169.8
2014	1320.4	1339.3	1150.1	2159.1	1200.3	1179.9	1153.2	1986.4
2015	956.4	917.3	740.0	1528.2	819.6	805.2	822.2	1366.8

Kaynak: IEA (2008, 2016g), Energy Prices and Taxes

Sanayide kullanılan doğal gazın G7 ülkeleri ve Türkiye’deki fiyatları Tablo 2.28.’de yer almaktadır. Buna göre, 2000 yılından 2009 yılına kadar doğal gaz fiyatları artış trendinde olmakla birlikte, küresel finans kriz yılı olan 2009’da bütün ülkelerde, fiyatlarda meydana gelen azalma dikkat çekicidir. 2009 yılı ile 2015 yılı fiyatları karşılaştırıldığında sadece İngiltere ve Fransa’da 2015 yılı sanayi doğal gaz fiyatları, 2009 yılındaki fiyatların üzerinde seyretmektedir. Diğer ülkelerin tamamında bir düşüş gözlenmiştir.

Tablo 2.28. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Sanayi Doğal Gaz Fiyatları (Dolar/tep)

	Kanada	Fransa	Almanya	İtalya	Japonya	İngiltere	ABD	Türkiye
2000	99.8	197.9	208.8	-	503.0	116.3	190.0	194.4
2001	120.9	219.0	-	-	451.6	156.0	220.7	222.7
2002	139.3	202.7	-	-	396.7	162.7	171.6	239.4
2003	233.5	268.6	-	-	427.7	183.0	248.6	254.3
2004	248.4	291.3	-	333.8	436.1	225.1	280.1	255.9
2005	326.9	366.9	-	390.9	446.1	332.0	361.3	338.4
2006	302.3	458.0	-	504.6	483.6	426.4	335.6	391.9
2007	287.2	460.1	-	545.7	504.3	369.8	323.8	489.8
2008	391.4	674.8	739.2	718.3	..	495.9	412.6	636.5
2009	191.8	487.8	617.2	619.6	628.2	392.3	227.3	519.6
2010	177.9	538.4	582.5	536.7	705.2	365.3	230.4	452.5
2011	199.2	665.3	649.4	635.3	909.6	459.2	218.2	436.5
2012	153.8	660.8	576.7	707.4	995.1	496.9	165.8	531.7
2013	177.4	669.8	644.7	728.8	931.0	541.3	198.2	563.5
2014	206.7	635.2	576.4	657.5	933.6	517.7	236.9	500.6
2015	131.3	523.3	440.9	539.5	616.4	429.9	163.7	421.3

Kaynak: IEA (2008, 2016g), Energy Prices and Taxes

Tablo 2.29. sanayide kullanılan elektrik fiyatlarını göstermektedir. Elektrik fiyatları bütün ülkelerde, 2000 yılından sonra artış trendinde olmuştur. 2000 yılında

incelenen ülkeler içinde en yüksek üçüncü sanayi elektrik fiyatına sahip olan Türkiye, 2015 yılına kadar %40 oranında bir artış yaşamıştır. Tutar ve oran olarak fiyatlarda meydana gelen en büyük artış Almanya’da gerçekleşmiştir. %258 fiyat artışı ile Almanya birinci sırada, oran olarak %208 fiyat artışı ile Fransa ikinci sırada yer almaktadır. 2015 yılında en yüksek fiyata sahip olan İtalya olmakla birlikte, İtalya’daki sanayi elektrik fiyatları Türkiye’deki elektrik fiyatlarından %68 daha fazladır. Bununla birlikte, 2015 yılındaki en düşük elektrik fiyatları ABD’de gerçekleşmiştir. ABD’deki sanayi elektrik fiyatları ise Türkiye’deki sanayi elektrik fiyatlarından %38 daha azdır.

Tablo 2.29. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Sanayi Elektrik Fiyatları (Dolar/tep)

	Kanada	Fransa	Almanya	İtalya	Japonya	İngiltere	ABD	Türkiye
2000	446.3	415.8	471.5	1034.2	1665.4	643.8	534.9	929.7
2001	483.7	403.9	510.1	1249.2	1479.6	591.4	581.4	922.5
2002	454.7	425.2	564.4	1315.1	1335.4	603.2	558.1	1095.1
2003	545.7	519.6	760.7	1708.1	1413.7	636.5	596.6	1156.0
2004	569.3	579.2	894.1	1877.8	1479.5	775.2	612.6	1164.2
2005	642.8	579.2	976.5	2022.2	1427.0	1008.5	666.8	1237.6
2006	683.9	589.4	1095.7	2436.5	1360.4	1359.8	716.3	1160.5
2007	-	648.3	1266.3	2755.7	1346.3	1507.0	739.7	1264.4
2008	824.5	1218.9	1499.4	2463.4	1700.6	1698.3	794.0	1613.9
2009	711.1	1240.7	1622.7	2364.3	1926.3	1561.5	792.0	1600.5
2010	848.8	1243.6	1579.4	2333.8	1885.1	1407.7	789.4	1754.9
2011	941.7	1412.2	1827.0	2547.0	2189.4	1506.6	793.1	1609.5
2012	990.3	1351.4	1729.2	2622.0	2371.9	1560.4	775.8	1723.5
2013	1120.9	1465.3	1968.9	2768.4	2127.2	1616.8	795.1	1705.0
2014	992.6	1464.6	2038.0	2741.1	2187.5	1794.8	825.7	1521.1
2015	879.6	1280.5	1687.1	2189.9	1883.6	1687.4	801.7	1302.3

Kaynak: IEA (2008, 2016g), Energy Prices and Taxes

Tablo 2.30. hanehalkı tarafından kullanılan G7 ülkeleri ve Türkiye’deki elektrik fiyatlarını göstermektedir. Hanehalkı elektrik fiyatlarında 2000 yılında Japonya birinci sırada yer almaktadır. 2000 yılı hanehalkı elektrik fiyatları karşılaştırıldığında Japonya’nın elektrik fiyatı Türkiye’nin %153 fazlası olmakla birlikte, 2000 yılında en düşük elektrik fiyatlarına sahip olan İtalya’nın yaklaşık üç kat üzerinde seyretmektedir. 2015 yılı itibariyle, 2000 yılına nazaran bütün ülkelerde tutar ve oran olarak elektrik fiyatları artmıştır. Bununla birlikte, tutar ve oran olarak en az artan %5 ile Japonya’dır. Tutar ve oran olarak en fazla artış ise İtalya’da gerçekleşmiştir. İtalya’da bu dönemde hanehalkı elektrik fiyatları %170 oranında artmıştır. Türkiye açısından değerlendirilecek olursa, hanehalkı elektrik fiyatları Türkiye’de 2000 yılına kıyasla %72 oranında artmıştır. Ayrıca, Türkiye 2015 yılında incelenen ülkeler arasında Kanada ve ABD’nin ardından en düşük hanehalkı elektrik fiyatlarına sahip üçüncü ülkedir.

Tablo 2.30. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Hanehalkı Elektrik Fiyatları (Dolar/tep)

	Kanada	Fransa	Almanya	İtalya	Japonya	İngiltere	ABD	Türkiye
2000	615.5	1182.1	1402.9	1575.4	2489.5	1240.2	953.5	981.6
2001	610.7	1144.1	1438.7	1717.6	2181.1	1171.2	988.4	972.5
2002	626.6	1215.4	1576.4	1808.3	2025.8	1223.8	983.0	1153.1
2003	712.6	1472.2	2041.8	2167.9	2159.5	1347.1	1011.5	1228.1
2004	785.6	1646.5	2296.7	2224.5	2282.7	1601.5	1043.0	1291.2
2005	879.8	1646.5	2470.0	2296.7	2195.8	1733.6	1098.5	1372.5
2006	961.8	1672.0	2578.0	2626.1	2070.4	2167.1	1209.6	1287.0
2007	-	1841.3	3059.9	2994.6	2047.6	2541.9	1236.7	1415.7
2008	1050.0	1910.8	3753.6	3549.6	2515.3	2534.0	1309.7	1916.3
2009	964.7	1851.3	3696.1	3304.9	2779.3	2223.3	1338.0	1919.7
2010	1084.7	1921.8	3706.3	3060.1	2834.5	2138.8	1346.1	2141.2
2011	1220.3	2174.0	4089.7	3240.5	3191.0	2433.4	1362.4	1966.0
2012	1216.1	2036.5	3939.0	3353.5	3379.0	2532.2	1381.2	2148.3
2013	1209.0	2248.4	4507.3	3553.1	2956.4	2675.3	1409.7	2208.8
2014	1162.1	2408.4	4593.6	3567.6	2944.9	2981.2	1455.6	1972.0
2015	1246.2	2110.2	3803.1	2998.7	2617.7	2738.1	1473.3	1689.2

Kaynak: IEA (2008, 2016g), Energy Prices and Taxes

2.2.3. Enerji Açığı ve Enerjide Dışa Bağımlılık

Enerji kaynaklarının dünya genelinde dengesiz dağılımı birçok ülkenin enerjide dışa bağımlı olmasına sebep olmaktadır (Bilginoğlu ve Dumrul, 2012: 4394). Türkiye’de şimdiye kadar petrol aramalarında, yapılan tespitler ve açılan jeolojik istikşaf kuyularına rağmen önemli petrol rezervleri bulunamamıştır. Türkiye’de petrol, ağırlıklı olarak ulaştırma sektöründe kullanılmakla birlikte, ulaştırmada petrolün alternatifi bir enerji kaynağının kullanımı mümkün değildir. Dolayısıyla, Türkiye’de petrol talebini karşılamak için yerli kaynak kullanımı söz konusu olmayıp, ithale bağımlılığının devam edeceği öngörülebilir. Lakin, 2015 yılında toplam enerji ithalatında %35 pay ile miktar olarak en yüksek ithalat oranına sahip doğal gaz, elektrik üretiminin %47’sini gerçekleştirmektedir. Bu açıdan, alternatif enerji kaynaklarının doğal gaz yerine ikame edilmesi (kömür, nükleer, hidrolik, güneş, rüzgar, jeotermal) mümkündür. Dolayısıyla, enerji talebinde petrolün vazgeçilmez nitelikte, doğal gazın ise tercihli bir seçim olduğunu ve bağımlılığın giderilebileceğini söylemek mümkündür (Aydın, 2011: 9).

Tablo 2.31. ülkemizde yerli enerji üretiminin toplam enerji talebini karşılama oranını ve enerjide dışa bağımlılığın düzeyini göstermektedir. Enerji talebi 1980-2000 yılları arasında %147 oranında artarken, 2000-2015 yılları arasında %63 artmıştır. 1980-2015 döneminde enerji talebi dört katına çıkmıştır. 1980 yılında TÜİK verilerine göre Türkiye nüfusu yaklaşık 44 milyon ve kentleşme oranı da yaklaşık %44 iken, 2015 yılında toplam nüfus yaklaşık 79 milyon ve kentleşme oranı yaklaşık %92 olarak gerçekleşmiştir.

Sadece, bu veri bakımından enerji talebi artışı makul karşılanabilir. Sanayileşme süreci, sektörel gelişimler de talep artışı değerlendirilmesinde göz ardı edilmemelidir.

Diğer taraftan, toplam yerli üretim de 1980-2000 yıllarında %49 değişim gösterirken, 2000-2015 yılları arasında %19 oranında değişim sergilemektedir. Aynı dönemlerde enerji ithalatı ise, ilk dönem için %266 artış, ikinci dönem için %105 artış göstermektedir. Dolayısıyla, söz konusu oranlara bakıldığında, yerli üretimin talebi karşılama oranı 1980 yılında %54 iken, 2015 yılında %24 oranına gerilemektedir. Tabii ki yerli enerji üretiminin talebi karşılayamaması durumunda ilk seçenek enerji ithalatıdır.

Tablo 2.31. Türkiye'nin Genel Enerji Dengesi (1980-2015)

Yıllar	Enerji Verileri			Yerli Üretimin Talebi Karşılama Oranı
	Toplam Enerji Talebi	Toplam Yerli Üretim	Toplam Enerji İthalatı	
	milyon tep			%
1980	31973	17358	15031	54
1990	52681	25459	30645	48
2000	79150	25990	55015	33
2005	88642	24469	70694	28
2010	105827	32425	83984	31
2011	114480	32229	90292	28
2012	120093	31964	98693	27
2013	120290	31944	96001	27
2014	123937	31049	102375	25
2015	129267	31131	112851	24

Kaynak: ETKB, Denge Tabloları

Tablo 2.32. incelendiğinde, taş kömürü ithalatının enerji ithalatı içindeki payının yıllar itibariyle arttığı, 2012 yılı sonrası durağan bir şekilde devam ettiği görülmektedir. Petrol ithalatında ise, Türkiye 1980 yılında net petrol ithalatçısı ve enerji dengesi petrol üzerine kurulmuş bir ülke iken, kaynak çeşitlendirilmesi ile birlikte, petrolün enerji ithalatındaki payı yıllar itibariyle düşüş göstermiştir. Görüleceği üzere, petrol ithalatı azalırken, Türkiye net ithalatçı olduğu yeni enerji kaynağının, doğal gazın, ithalattaki payı artmaktadır. Ayrıca, 2015 yılı verilerinde, diğer ithal enerji kaynaklarının payının bu kadar yüksek çıkmasının en önemli sebebi, ETKB'nin hazırladığı enerji denge tablolarındaki sınıflandırmada 2015 yılı itibariyle yapılan değişikliktir. Şöyle ki, 2015 yılı öncesinde enerji kaynakları arasında sadece petrol yer alırken, bu yıldan itibaren petrol ham petrol ve petrol ürünleri olarak ikiye ayrılmıştır. Bu noktada, “diğer”in ithalattaki payı olan %22'nin %21'i petrol ürünleri ithalatını ihtiva etmektedir. Dolayısıyla, 2015 yılı için ham petrol ile petrol ürünleri birlikte değerlendirildiğinde, toplam enerji ithalatının %44'ünü petrol kaynakları oluşturmaktadır.

Tablo 2.32. Yıllar İtibariyle Enerji İthalatının Kaynaklara Göre Dağılımı

Kaynak/ Yıl	Taş Kömürü		Petrol		Doğalgaz		Diğer		Toplam	
	bin tep	pay %	bin tep	pay %	bin tep	pay %	bin tep	pay %	bin tep	pay %
1980	576	4%	14339	95%	0	0%	115	1%	15031	100%
1990	4204	14%	23399	76%	2672	9%	370	1%	30645	100%
2000	8803	16%	32001	58%	12161	22%	2051	4%	55015	100%
2005	11432	16%	35519	50%	21735	31%	2007	3%	70694	100%
2010	13734	16%	36566	44%	31398	37%	2286	3%	83984	100%
2011	15351	17%	36099	40%	36219	40%	2622	3%	90292	100%
2012	19237	19%	37856	38%	37910	38%	3691	4%	98693	100%
2013	16951	18%	37881	39%	37347	39%	3822	4%	96001	100%
2014	19202	19%	38524	38%	40641	40%	4008	4%	102375	100%
2015	21815	19%	26319	23%	39952	35%	24765	22%	112851	100%

Kaynak: ETKB, Enerji Denge Tabloları

Tablo 2.33. enerji ithalatının ve toplam ithalatın rakamsal değerleriyle beraber, yıllar itibariyle toplam ithalatın içindeki enerji ithalatının payını da göstermektedir. Enerji ithalatı, 2000 yılı sonrasında, -2009 yılı hariç- 2012 yılına kadar düzenli bir artış seyri izlerken, 2012 yılı sonrasında bir azalma gözlenmektedir. Toplam ithalatta ise 2000 yılı sonrasında -2009 yılı hariç- 2012 yılına kadar artma, 2012 yılı sonrasında da -2013 yılı hariç- azalma mevcuttur. Toplam ithalat içinde enerji ithalatı payına bakıldığında ise; 2001 yılında %20 olan oran, 2012 yılında %25, 2016 yılında da %15 olarak gerçekleşmektedir. İthalat fasılları içinde en yüksek payı 27. Fasıllar, yani enerji ithalatının payı almaktadır. 2015 yılında, toplam ithalatta görülen bu düşüş genel olarak fasıllara yayılmakla beraber en fazla enerji ithalatında gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 2.33. Enerji İthalatının Toplam İthalattaki Payı (Bin ABD Doları)

Yıllar	Enerji İthalatı		Toplam İthalat		Enerji İthalatı /Toplam İthalat %
	Değer	Değişim	Değer	Değişim	
2001	8339366	-	41399083	-	20.1%
2002	9203888	10.4%	51553797	24.5%	17.9%
2003	11575069	25.8%	69339692	34.5%	16.7%
2004	14407288	24.5%	97539766	40.7%	14.8%
2005	21255586	47.5%	116774151	19.7%	18.2%
2006	28859098	35.8%	139576174	19.5%	20.7%
2007	33883135	17.4%	170062715	21.8%	19.9%
2008	48281193	42.5%	201963574	18.8%	23.9%
2009	29905305	-38.1%	140928421	-30.2%	21.2%
2010	38497229	28.7%	185544332	31.7%	20.7%
2011	54117539	40.6%	240841676	29.8%	22.5%
2012	60117407	11.1%	236545141	-1.8%	25.4%
2013	55917155	-7.0%	251661250	6.4%	22.2%
2014	54889415	-1.8%	242177117	-3.8%	22.7%
2015	37841680	-31.1%	207206813	-14.4%	18.3%
2016	27169080	-28.2%	198618235	-4.1%	13.7%

Kaynak: TÜİK (2017)

Döviz kurundaki artışa rağmen, enerji fiyatlarında meydana gelen gerilemenin oluşturduğu etki, cari açığa azalmayı beraberinde getirmiştir. Lakin, düşük enerji fiyatlarındaki toparlanma, döviz kuru artışlarının devam etmesi, siyasi ve politik riskler ile bölgesel risklerin etkileri birlikte değerlendirildiğinde, cari yıl içinde ihracatın baskılanabileceği bir durum oluşabilir ve cari açık değerleri artış gösterebilir.

Enerji açığının meydana geldiği durumlarda arz ve talep yönlü çözümler uygulanabilmektedir. Talep yönlü çözüm politikaları, enerji verimliliğinin artırılması ve enerji yoğunluğunun düşürülmesi gibi enerji tasarrufu politikalarını içerirken, arz yönlü yaklaşım; mevcut arz kaynaklarının geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve ilave kaynaklarla enerji arzını arttırmayı hedefler (Aydın; 2011: 11). Bu açıdan, çalışmanın dördüncü bölümde arz yanlı bir yaklaşım kullanılarak çözüm önerileri geliştirilmeye çalışılmıştır.

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi son dönemde oldukça artmıştır. Sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanmasında ithalatın payının düşürülmesi, enerji arz güvenliğinin sağlanması ve enerji ile çevre ilişkisinin göz önünde bulundurulması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Ültanır, 1998: 119). Bu kapsamda ETKB'nin 2015-2019 Stratejik Planı'nda da enerji bağımlılığının giderilmesine yönelik politikalar önemli yer tutmaktadır. Enerji arz güvenliğini sağlamak ve dışa bağımlılıktan doğan riskleri azaltmak için, hem enerji kaynağı türünün çeşitlendirilmesi, hem de kaynağın sağlandığı ithal ülkesinin çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, yerli kaynakların etkin şekilde kullanılması ve enerji talebine cevap verebilir duruma getirilmesi önemli adımlar arasındadır. Bu noktada, %98,5 dışa bağımlı olduğumuz doğal gaz yurtiçi ısınma ve elektrik üretiminde yoğun kullanılmaktadır. Konut kullanımının azalmasından ziyade, yeni bölgelere doğalgaz iletim hatlarının yapılması ile doğal gaz tüketiminin artması beklenebilir. Fakat, elektrik üretiminde doğal gazın payının belirlenen dönem sonunda %38 düzeyine indirilmesi hedeflenmektedir. Yerli kömür ile birlikte ülkemizin sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanılması, elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması yolu ile ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin ve arz güvenliğinin sağlanmasını mümkün hale getirecektir.

Tablo 2.34. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Planlanan Kurulu Güç Değerleri

Yenilenebilir enerji kaynakları planlanan kurulu güç değerleri (MW)	2013 (Baz Yıl)	2015	2017	2019
Hidrolik	22289	25000	27700	32000
Rüzgar	2759	5600	9500	10000
Jeotermal	311	360	420	700
Güneş	-	300	1800	3000
Biyokütle	237	380	540	700

Kaynak: ETKB, 2014c: 40.

2019 yılında rüzgâr 10000MW’a, güneş ise 3000 MW’a çıkarılması planlanmaktadır. Enerji üretiminde rüzgâr ve güneş enerjisinden faydalanmak coğrafi, ekonomik, teknik, düzenleyici, sosyal, teknolojik gelişme gibi faktörlere bağlıdır. Güneş radyasyonunun teorik potansiyeli enerji ihtiyaçları bakımından, oldukça yüksek bir düzeyde ve sınırsız olduğu tespit edilmiş olmakla birlikte, yenilikçi teknolojik gelişmelerin sağlanması ve uygulanması ile potansiyel sınırın daha da artması mümkün olacaktır. Böylelikle güneş ve rüzgar enerjisi Türkiye’nin enerji arzında kısa sürede önemli bir bileşen haline gelebilecektir (Basaran vd., 2015: 92). Fosil enerji kaynaklarının artan fiyatı ve dışsallıklar gibi diğer maliyetleri ile birlikte, artan toplam maliyetleri ve rezerv ömrünün sınırlı olması nedeniyle, enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma için, ekonomik olarak kullanılması gerekmektedir. Sürdürülebilir kalkınma, sınırlı rezervleri olmayan sürdürülebilir enerji kaynakları ile sağlanabileceği gibi, aynı zamanda bu kaynakların verimli kullanılmasını da gerektirmektedir (Kaygusuz ve Bilgen, 2009: 297).

Ayrıca, enerji bağımlılığını azaltabilecek olan bir diğer önemli adım ise, yeni enerji kaynağı olarak, Türkiye’nin enerji bileşiminde yer alacak olan nükleer enerjidir. 2019 yılı itibariyle Akkuyu nükleer güç santralının elektrik enerjisi test üretimine başlaması planlanarak, nükleer enerjinin de enerji portföyü içinde yer alması sağlanacaktır (WEB_6). Nükleer santral ile ilgili projeler değerlendirilirken, nükleer güç santrallerini, sadece elektrik üretim tesisleri olarak değerlendirmemek gerekmektedir. Yüzbinlerce parçadan oluşan bir nükleer santral projesi, ekonominin diğer sektörlerini de harekete geçirmekte, istihdam imkânıyla birlikte, bir ülkenin sanayisine ve teknolojisine önemli derecede katma değer sağlamak ve çoğaltan etkisi yapmaktadır (ETKB, 2014a: 11). Türkiye’de, Akkuyu ve Sinop nükleer santral inşaatlarının en yoğun zamanında 20.000, santrallerin işletiminde de yaklaşık 7000 mühendis, işçi ve teknisyenin çalışması öngörülmektedir. Ayrıca, projelerin malzeme ve ekipman tedariki, mühendislik işleri ve santrallerin bakım ve onarımı aşamalarında Türk şirketlerinin projelere dahil olması ile

bir çok sektörden yeni istihdam imkanları doğacaktır. Akkuyu ve Sinop nükleer santrali projelerinin toplam maliyeti 45 milyar dolar civarındadır ve bu projeler kapsamında en az 16 milyar dolar düzeyinde inşaat işleri, malzeme ve ekipman tedariki ile mühendislik işlerinin Türk şirketlerce karşılanması öngörülmektedir (ETKB, 2014b: 24).

Türkiye, nükleer enerji çalışmalarına 1956 yılında Güney Kore ile birlikte başlamıştır. Güney Kore bu tarihten sonra nükleer enerji kullanımını gerçekleştirmiş ve nükleer teknolojiyi kısa bir süre içerisinde yerelleştirmeyi başarmıştır. Günümüzde, BAE'ye nükleer santral kurulumunu Güney Kore gerçekleştirmektedir. Türkiye'de ise, nükleer santral için açılan ihaleler iptal edilmiştir (1979, 1985, 2000, 2009). Bu nedenle, Hükümetler arası Anlaşma modeli ile 2010 yılında Rusya Federasyonu ile anlaşma imzalanmıştır. İlk ünitenin de 2019 yılında devreye alınması planlanmaktadır.

Tablo 2.35. Türkiye'nin Nükleer Enerji Tarihi

Tarih	Gelişme
1956	Atom Enerjisi Komisyonu kuruldu
1972	TEK Nükleer Enerji Dairesi kuruldu
1976	Akkuyu yer lisansı verildi
1977-1979	Açılan ihale iptal oldu
1983-1985	Açılan ihale iptal oldu
1986	TEK Nükleer Enerji Dairesi kapatıldı
1996-2000	Açılan ihale 8 defa karar ertelenerek iptal oldu
2007	5710 sayılı Kanun yayımlandı
2008-2009	Açılan ihale iptal oldu
2010	Rusya Federasyonu ile Mersin-Akkuyu'da NGS kurulmasına ilişkin Hükümetler arası anlaşma imzalandı

Kaynak: ETKB (2014a)

2.2.4. Türkiye'de Enerji Yatırımları ve Politikaları

Günümüz dünyasında, birincil enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve sahip olunan kaynakların rasyonel kullanımı temel amaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda dışa bağımlılık yaratan kaynakların azaltılması ve kendi sahip olduğumuz enerji kaynaklarının ön plana çıkarılması öncelikli hedef olarak belirlenmelidir. Ülkemiz için en başta elektrik enerjisi üretiminde çeşitliliğin sağlanması ise, enerji ithalatında dışa bağımlılığın azaltılması için bir gerekliliktir. Türkiye'de doğal gaz ithalatının, ithalat içinde önemli bir yere sahip olması, doğal gazın elektrik enerjisi üretimindeki payının dönem sonunda %38 seviyesine düşürülmesi de planlanmaktadır. Öte yandan kömür kaynaklarının en etkin şekilde kullanılarak, yapılacak yatırımlarla yerli kömür kaynaklı elektrik enerjisi üretiminde yıllık 600 milyar kWh'lik bir üretim düzeyi hedefinin belirlenmiş olması da ETKB'nin enerji politikasına yönelik amaçları arasında yer almaktadır. Bu alanda hedefe ulaşmak için yatırımların hızlandırılması ve yeni kaynak

araştırmalarının yapılması uygun olacaktır. Yenilenebilir enerji kapsamında da hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, dalga ve akıntı gibi kaynakların da ekonomiye kazandırılmasının ülke ekonomisi için önemi büyüktür. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimine yönelik payın artırılması temel hedef olmaktadır. Hidroelektrik kurulu gücün toplam kurulu güç içindeki payı 2002 yılında %38 iken, 2010 yılında %32, 2013 yılında da ise artarak %35 seviyesinde gerçekleşmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin planlanan kurulu güç değerleri ise hidrolik için 2019 yılında 32.000 MW, rüzgâr için 10.000 MW, jeotermal için 700 MW, güneş için 3000 MW ve biyokütle için ise 700 MW olarak belirlenmekte iken, 2019 yılı dönem sonunda yenilenebilir enerji kaynaklarının ticari ısı üretimindeki payının %3'e çıkarılması öngörülmektedir. Öncelikli olarak kömür gibi yerli kaynakların kullanımının önündeki engellerin aşılması ve yenilenebilir enerjiden elektrik üretilmesi çabasının artırılması özel ve kamu sektörünün ortak çabaları ile gerçekleştirilecektir. Bu konuda ise devletin teşvik mekanizmaları önem arz etmektedir (ETKB, 2014c: 35-45).

Yenilenebilir enerjiye yönelik politikalar dünyadaki pek çok ülke tarafından gün geçtikçe artarak uygulanmaktadır. Nitekim, 2004 yılında politika uygulayan ülke sayısı 48 iken, 2014 yılında 164'e ulaşmıştır. Enerjiye yönelik politika uygulayan ülkeler sadece gelişmiş ülkeler olmamakla birlikte, gelişmekte olan ülkeler de yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımlarına ivme kazandırmışlardır. Bu ülkeler toplam yatırımlar içindeki paylarını %48 seviyesine yükseltmişlerdir. Çin ve Japonya gibi bazı ülkeler de özellikle güneş paneli bazında enerjiye yönelik yüksek yatırımlar gerçekleştiren ülkeler arasında yer almaktadır. Yenilenebilir enerji ve yakıtlara yönelik küresel yatırımlar toplamı gelişmekte olan ülkelerde 2004 yılında 9 milyar dolar iken, 2014 yılında 131 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Söz konusu yatırım miktarı aynı yıllarda gelişmiş ülkeler için ise sırasıyla 36 milyar dolar ve 139 milyar dolardır. Rakamlardan görüldüğü üzere, gelişmekte olan ülkelerde enerji yatırımlarında hızlı bir artış trendi söz konusu olmuştur. Ülkeler yatırımlar yanında rüzgâr, güneş ve diğer yenilenebilir enerji tesislerinin kurulmasını teşvik etmek için, diğer destekleyici teşvik mekanizmalarını da kullanmaktadırlar. Küresel düzeyde enerjiye yönelik yatırımların 2014 yılı artış trendi baz alındığında; en önemli artışın güneş enerjisi alanında, sonrasında ise jeotermal ve rüzgar enerjisi alanında olduğu gözlenmektedir (KPMG, 2016: 1-6).

Enerji arz güvenliğinin sağlanması açısından, enerji arzının belirleyicisi olan enerji yatırım politikaları üzerinde, kamusal karar ve politikaların etkisi oldukça büyüktür. Bu kapsamda, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ile Türkiye'nin, makroekonomik çıktılarına da büyük etkisi olan, enerji bağımlılığını azaltmak amaçlanmaktadır. Türkiye fosil enerji kaynak rezervleri bakımından zengin bir ülke olmamakla birlikte, önemli kömür rezervlerine sahiptir. Yerli enerji olarak kömürün kullanılması teşvik edilmektedir. Bu kapsamda 2016 yılında ithal taşkömürüne ton başına 15 dolar ek mali yükümlülük getirilmesi örnek olarak değerlendirilebilir. Fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin maliyetini düşürmek, üreticilerinin eline geçen fiyatı yükseltmek veya bu enerjinin tüketicilerinin karşılaştığı fiyatları düşürmek gibi amaçlarla devlet tarafından üreticilere ya da tüketicilere sağlanan kolaylıklar fosil yakıt teşviklerini oluşturmaktadır. Bu teşvikler direkt (doğrudan) transferler, çapraz sübvansiyonlar, fiyat kontrolleri, satın alım garantileri, vergi muafiyetleri gibi değişik şekillerde uygulanabilmektedir (Şahin vd., 2015: 42). Aynı zamanda, yenilenebilir enerji noktasında, Türkiye de diğer ülkeler kadar enerji politikası belirleme ve teşvikler sunma konusunda hedefleri olan bir ülkedir. Enerji politikası hedefleri dâhilinde, 2023 yılına kadar yenilenebilir enerjiden elde edilen elektrik üretimini artırmak yer almaktadır.

Enerji Politikasına Yönelik Teşvikler

Teşvikler; enerji üretiminin maliyetini düşüren, enerji üreticilerinin gelirlerini yükselten ya da tüketicinin ödemek zorunda olduğu fiyatları aşağıya çeken hükümet önlemleri olarak tanımlanmaktadır (Acar vd., 2015: 8). Küreselleşen dünyada enerjinin önemi arttıkça ülkelerin de bu alanda destekleyici uygulamalarının türü ve sayısı fazlaşmaktadır. Politika yapıcılarını da özellikle elektrige yönelik yenilenebilir enerji uygulamalarına ağırlık vermektedirler. Son yıllarda borçlanma, hibe ve teşvikleri içeren maliye politikalarının ağırlıklı olduğu gözlenmektedir. Bu mali politikalar yanında, net ölçüm sistemleri gibi düzenleyici uygulamalar da söz konusudur. Yenilenebilir enerji teşvikleri kapsamında ülkeler çeşitli destekleme mekanizmalarını zamanla geliştirmektedirler. Aşağıdaki tabloda teşvikler düzenleyici politikalar, mali teşvikler ve kamu yatırımları bazında sınıflandırılmaktadır.

Tablo 2.36. Yenilenebilir Enerji Teşvikleri

Düzenleyici politikalar	Mali teşvikler	Kamu yatırımları
Yenilenebilir enerji hedefleri	Sermaye sübvansiyonları, hibeler, indirimler	Kamu yatırımları, krediler, hibeler
Sabit fiyat garantileri, prim ödemeleri	Yatırım ve diğer vergi kredileri	
Kota yükümlülükleri, yenilenebilir portfolyo standartları	Satış, enerji, CO2, tüketim, KDV azalmaları	
İhale sistemi	Enerji üretim ödemeleri veya vergi kredileri	
Yenilenebilir enerji sertifikaları		
Net ölçüm sistemi		
Biyoyakıt yükümlülüğü politikaları		
Isı yükümlülüğü politikaları		

Kaynak: KPMG (2016)

Düzenleyici politikalar arasında, ülkeler tarafından sağlanan en önemli mekanizmalar içinde fiyat garantileri ve yenilenebilir portfolyo standartları yer almaktadır. Ülkelerde en fazla verilen teşvik uygulaması türü de tarife politikaları olmaktadır. Söz konusu politikaların çoğu da elektrik üretimine odaklıdır. Tarifelerden sonra politikacıların önem verdiği teşvik türü ihale tasarımları, net ölçme ve faturalandırma politikalarıdır. Yenilenebilir ısıtma ve soğutma konusunda verilen finansal teşvikler de önemli olmakla beraber, bunları güneş enerjisi temelli yenilenebilir ısı direktifleri gibi diğer politikalar izlemektedir (KPMG, 2016: 1-3).

Yukarıdaki sınıflandırmadan da izlenebildiği gibi fiyat belirleyici ve miktar yükümlülüğü getiren teşvikler; garantili tarife ve yenilenebilir enerji portfolyo standartlarını içermektedir. Tarife; genellikle devlet tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin önceden belirlenmiş bir fiyat üzerinden elektrik dağıtım şirketleri aracılığıyla alınması esasına dayanmaktadır. Portfolyo standartları ise belirli bir bölgede ya da ülkede üretilen elektriğin belirlenmiş bir miktarının yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi esasına dayanmaktadır. Öte yandan sübvansiyon ve indirimler ise maliyet azaltıcı yatırım politikalarının bir ayağı olarak görülmektedir. Vergi indirimleri diğer yöntemlerden biridir. Vergi indirimleri arasında ise yatırım vergi kredileri, hızlandırılmış amortisman, üretim vergi kredileri, gelir vergisi teşvikleri, KDV muafiyetleri, ithalat vergisi indirimleri, hibeler gibi uygulamaları kapsamaktadır. Kamu yatırımları grubunda ise yenilenebilir enerji pazarını geliştirecek teşvikleri içeren kamu yararına kurulan fonları, inşaat ve tasarımı, alan ve tespit izinlerini, ekipman standartlarını içermektedir (Uluatam, 2010: 36-37).

Literatürde diğ er bir teşvik türü sınıflandırılması ise dört grupta ele alınmaktadır. Birinci grupta gelir ve fiyat desteğ i, ikinci grupta feragat edilen gelir, üçüncü grupta mal ve hizmetin piyasa değ erinin altında temin edilmesi, son grupta ise doğ rudan ve dolaylı fon ve borç aktarımı yer almaktadır (Acar vd., 2015: 8).

Türkiye’de Enerji Politikası Teşviklerine İlişkin Mevzuat

Türkiye enerji politikası hedefleri kapsamında 2023 yılına kadar yenilenebilir enerjiden elde edilen enerji üretimini artırmayı planlayan bir ülkedir. Bu doğ rultuda da yasal düzenlemelere yönelik bazı adımlar atılarak, yatırımcılara da bazı teşvikler sağ lanmaya ç alıştırılmaktadır.

Ülkemizde yenilenebilir enerjiye dayalı politika belirlenmesinin tarihçesi çok eskilere gitmemektedir. 2000 yılından sonra artan enerji talebi nedeniyle ilk enerjiye yönelik politika adımları atılmaya baş lanmıştır. Bu alanda ilk uygulama ise enerji sektörünü düzenlemek amacıyla 2003 yılında EPDK kurulumu ile karşımıza çıkmaktadır. Diğ er uygulama ise enerji alanında 2005 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun” ile olmuştur. Kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğ inin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değ erlendirilmesi, ç evrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir. Kanunda yer alan yenilenebilir enerji kaynakları ise hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarını ifade etmektedir. 5346 sayılı Kanun ile YEK belgeli elektrik üretimi için 5 euro cent/kWh karşılığı TL alım garantisi fiyatı verilmiştir. Fakat söz konusu fiyatların piyasa fiyatlarının gerisinde kalması nedeniyle hiçbir üretici Kuruma başvuruda bulunmamıştır. Söz konusu tarife ile Türkiye’deki yatırımcılar ya yatırım yapmamayı ya da ürettiklerini spot piyasalarda satmayı daha uygun görmüşlerdir. (Yeldan vd., 2016: 94). Diğ er deyiş le, kanunla yapılan yatırımlar fiyat nedeniyle sınırlı düzeyde gerçekleşmiştir. 5346 sayılı Kanun ile fiyat desteğ i 5-5,5 euro cent/kWh karşılığı TL olarak belirlenmiştir. Kanunda alım garantisinin; alım zorunluluğ u perakende satış lisansı sahiplerinin bir önceki takvim yılına ait pazar payından daha düşük olamayacağı belirtilmektedir. Ayrıca, arazi kullanımı (tahsisatı) için destek bazında da; orman ve hazine arazileri için 2011 yılına kadar izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izin bedellerine %50 indirim uygulanacağı ifade

edilmektedir. 2007 ve 2008 yılları için ise orman ve hazine arazileri için 2011'e kadar izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma için bedellerine %85 indirim uygulanır hükmü de ilave getirilmiştir. Destek süresi 2005 yılı için maksimum 7 yıldır. 2007 ve 2008 yılı için ise 10 yıla çıkarılmıştır³ (Kucukali ve Baris, 2011: 2458, Uluatam, 2010: 40). Kanundan sonra ülkemizde hidroelektrik, rüzgâr ve jeotermal santrallerine olan yatırımlarda artışlar meydana gelmiştir (Uluatam, 2010: 40).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin sonraki kanun ise 2010 yılında getirilen 6094 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun”dur. Bu kanunun getirdiği en önemli yenilik, kaynaklara göre farklı alım garantileri sağlamasıdır. Farklı kurulum maliyetlerinin gözlendiği sektörler için, tek fiyat garantisinin verilmesi, eski kanunun giderilmesi gereken bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, yeni kanunda yerli ekipman üretimini geliştirmeye yönelik de teşvikler yer almaktadır. Kanun, yenilenebilir enerji türlerine göre fiyat farklılaştırmaları yaparak, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyeti gösterenlerin faydalanabileceği fiyat, süreler ve bunlara yapılacak ödemelere ilişkin usul ve esasları içeren destekleme mekanizmasına yönelik değişiklikler sunmaktadır. Bu kapsamda uygulanacak fiyatlar ve yerli katkı ilavesi aşağıdaki Tablo 2.37.'de yer almaktadır.

Tablo 2.37. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Teşviklerinde Uygulanacak Fiyatlar

Yek Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (Abd Doları/Kwh)	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (Abd Doları/Kwh)
Hidroelektrik Üretim Tesis	7,3	Turbin, Jeneratör Ve Güç Elektronikleri	2,3
Rüzgar Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	7,3	Kanat, Jeneratör Ve Güç Elektronikleri, Turbin Kulesi, Rotor Ve Nacelle Gruplarındaki Mekanik Aksamın Tamamı	3,7
Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	10,5	Buhar Ve Gaz Türbini, Jeneratör Ve Güç Elektronikleri, Buhar Enjektörü Veya Vakum Kompresörü	2,7
Biyokütle Dayalı Üretim Tesis	13,3	Akışkan Yataklı Buhar Kazanı, Sıvı Veya Gaz Yakıtlı Buhar Kazanı, Gazlaştırma Ve Gaz Temizleme Grubu Vs.	5,6
Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	13,3	Radyasyon Toplama Tüpü, Yazıcı Yüzey Levhası, Güneş Takip Sistemi Vs.	9,2
Fotovoltaik Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	13,3	Pv Panel Entegrasyonu Ve Güneş Yapısal Mekanik İmalatı, Pv Modülleri, Pv Modülünü Oluşturan Hücreler, İnvörtör, Pv Modülü Üzerine Güneş Işını Odaklayan Malzeme	6,7

Kaynak: 6094 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun.

³ 2007 yılında 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu, 2008 yılında 5784 sayılı EPK’da değişiklik ile de teşvikler sağlanmıştır.

Tablo 2.37.'de yer alan güneş enerjisi alım oranları, Almanya, Filipinler ve Yunanistan gibi ülkelerde sağlanan oranların altında kalmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin güneş enerjisinin geliştirilmesinde yeterli bir isteklilik düzeyine sahip olmadığını bir göstergesidir. Öte yandan, kanunla 10 yıllık belirlenen tarife garanti süresi de AB ülkelerine göre güneş enerjisi alanında benimsenen süreden de kısadır (Acar vd., 2015: 13). Ancak çıkarılan kanunlarla Türkiye elektrik üretiminde hidrogüç ve rüzgâr enerjisini mümkün olduğunca kullanmayı, jeotermal enerji potansiyelini de artırmayı, 2023 yılına kadar elektrik üretiminde güneş enerjisinin kullanımını genişletmeyi ve özendirmeyi sağlamaya çalışmaktadır. Bu amaçlar için de öncelikle hidrogüç ve rüzgâr gücü tesislerinin kurulması sağlanmalıdır (Kucukali ve Baris, 2011: 2456-57).

Teşviklere İlişkin Türkiye'de Durum Analizi

Türkiye gerek sahip olduğu jeotermal kaynaklarıyla gerekse diğer enerji kaynaklarıyla önemli bir enerji potansiyelini elinde bulunduran bir ülke konumundadır. Politika yapıcılarını da yenilenebilir enerji teknolojilerine özellikle de güneş ve rüzgâr enerjisi odaklı politikalara önem vermektedirler. 2015 yılı için kişi başına yakıt ve yenilenebilir enerji kapasiteli yatırımlarda ülkemiz jeotermal enerjide birinci sırada yer alırken, ABD, Meksika, Kanada gibi ülkeler izleyen sıralarda yer almaktadır (REN21, 2016: 21). Öte yandan, arz edilen enerjinin yüksek oranda ithalatta elde edilmesi de ülkemizde enerjiye daha yüksek oranlarda yatırım yapılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır (Acar vd., 2015: 2). Nitekim enerji ülkemizde en önemli öncelikli sektörler arasında yer almaktadır. Ülkenin enerji politikası da gelecek yıllardaki yenilenebilir enerji kullanımının artacağı beklentisi doğrultusunda planlanmalıdır. Türkiye'nin enerji kaynakları arasında; taş kömürü, linyit, petrol, doğal gaz, hidrolik veya hidrogüç, jeotermal, rüzgâr, güneş veya biyokütle yer almakta ve gelecekteki enerji talebinin karşılanması açısından söz konusu kaynakların önemi artmaktadır. Talebin, enerji arzından daha hızlı artması odaklanılması gereken temel sorun olmakla birlikte, ülkedeki ekonomik büyüme ve hızlı nüfus artışının da talep artışında birer etken oldukları unutulmamalıdır (Kucukali ve Baris, 2011: 2454).

Jeotermal, hidrogüç ve rüzgâr enerjisi alanında ülkenin potansiyele sahip olması yanında, diğer ülkelerle kıyaslandığında, bu potansiyelin küçük bir kısmının kullanıldığı gözlenmektedir. Bu gerekçe ile yenilenebilir enerji kullanımında, devletin politikalarında teşviklerin önemli olduğu bilinen bir gerçektir. Yenilenebilir enerjinin önemi kavrandığında da devletin uygulayacağı teşvik politikalarına ve ayrıcalıklı uygulamalara

daha fazla ağırlık vermesi gerekmektedir. Bu yüzden diğer ülkelerde yukarıda sayılan destekleyici mekanizmaların uygulanması hız kazanmıştır (Kucukali ve Baris, 2011: 2456-57).

Ülkemizde enerji alanında yenilenebilir enerji kanunları uygulamaya girmiştir. Yukarıda bahsedildiği gibi, teşvikler alanında en önemli uygulamalar 5346 sayılı ve 6094 sayılı kanunlarda yer almaktadır. 5346 sayılı Kanun ile her alanda tek bir fiyat belirlenmesi, ilgili alandaki yatırımların yeterince artmasının önünde bir engel oluşturmuştur. Ancak, 6094 sayılı Kanun ile bahsedildiği gibi her bir alt faaliyet için farklı fiyatlar benimsenmiştir. Bazı alanlarda pozitif sonuçların alındığı gözlenmektedir. Öte yandan yenilenebilir enerji alanında bazı hedefler de politika yapıcılar tarafından belirlenmektedir. Örneğin; ülkemizde ulusal katkı beyanına göre rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminin 2030 yılına kadar 16 GW kapasiteye ulaşması beklenirken, ETKB 2015-2019 stratejik planına göre 2019 yılında 10 GW'a çıkarılması, ETKB 2016 bütçe sunumuna göre ise 2023 yılına kadar 20 GW olması planlanmaktadır. Ayrıca, ulusal katkı beyanına göre nükleer santral bazında 2030 yılına kadar 1 adet nükleer santralin devreye girmesi, ETBK Stratejik Planına göre, 1 adet nükleer tesisin üretime girmesi yanında diğerinin de inşaatına başlanması, ETKB 2016 bütçe sunumuna göre ise, 2023 yılına kadar 2 adet nükleer santralin ilgili ünitelerinin işletmeye dâhil edilmesi yanında, 1 adet de nükleer santralin inşaatına başlanması hedefi yer almaktadır. Güneş enerjisine ilişkin olarak ise, ulusal katkı beyanına göre 2030 yılına kadar güneş enerjisinden elektrik üretiminin 10 GW kapasiteye, ETKB stratejik planına göre güneş enerjisine dayalı kurulu gücün 2019 yılına kadar 3000 MW'a, bütçe sunumuna göre ise 2019 yılı sonuna kadar aynı kurulu gücün 3000 MW'a çıkarılması diğer öngörüler arasındadır (Yeldan vd., 2016: 87).

Türkiye'de yenilenebilir enerjiye yönelik sağlanan destek mekanizmaları arasında yatırım ve diğer sübvansiyonlar, tarife garantisi, ücretlerde indirim gibi yöntemler ve uygulamalar yer almaktadır. Genel yatırım teşvik rejimi 2012 yılında değiştirilerek; yatırımlar için yatırım ekipmanının satın alınmasında KDV muafiyeti, yatırım ekipmanı ithal etmede gümrük vergisi muafiyeti, diğer fon ve ek ücretlerin muafiyet kapsamında yer alması gibi uygulamalara yer verilmiştir. Diğer sübvansiyonlar bazında, 6446 sayılı yeni Elektrik Piyasası Kanunu'nun 2013 yılında yürürlüğe girmesiyle sağlanan teşvikler; bir üretim lisansına sahip ve faaliyetine 31 Aralık 2013'den önce başlayan yatırımcılar için geçerli olmak üzere; 5 yıl boyunca iletim sistemi kullanma bedeline %50 indirim

uygulanması ve elektrik santralleriyle ilgili olan ve yatırım dönemi içinde sonlandırılan belgeler ve işlemler için damga vergisinden ve harçlardan muaf olmayı sağlayıcı niteliktedir. Tarife garantisi ise, daha önceden belirlenen Tablo 2.37’de yer aldığı gibi enerji üretim tesisinin faaliyete başlamasından sonra 10 yıl boyunca tarife ve devletin satın alma garantisi için hidro enerjide 7,3 ABD doları kWh, jeotermal enerjide 10,5 ABD doları kWh gibi fiyat garantileri sunmaktadır. Ücretlerden indirimde ise, 6446 sayılı Enerji Piyasası Kanunu’na göre işletimde olan ve 31 Aralık 2020 tarihine kadar işleme girecek olan elektrik santralleri için, yatırım ve işletme dönemlerini de kapsayan 10 yıl boyunca enerji nakil hatları kiralama, irtifak ve kullanma hakkı konusunda %85 indirimde olarak tanınmaktadır. Türkiye için yenilenebilir enerjiye yönelik verilen destek politikaları baz alındığında görüldüğü gibi tarife garantisi ve kamu yatırımları gibi uygulamalar yer almaktadır. Ayrıca biyoyakıt zorunluluğu, sermaye sübvansiyonu, hibesi veya iadesi, kamu yatırımları, krediler ve hibeler politikaları da teşvik mekanizmaları da yatırımcılara sunulmaktadır (KPMG, 2016: 68-78). İlaveten, 2012 yılında başlatılan yeni yatırım teşvikleri rejimi kapsamında fosil yakıt üretimine yönelik kömür ve petrol üretimi teşvikleri de ülke açısından önemlidir. Fosil yakıt üretimi için 2013 ve 2014 yıllarına ait ulusal teşvikler kapsamında; vergi harcaması ve doğrudan harcama türünden teşvikler yer almaktadır. Söz konusu teşviklerde hedeflenen enerji kaynakları petrol, doğalgaz ve kömüre ilişkindir. 2013 yılında devlet mülkiyetindeki fosil yakıt üreticilerine sunulan hükümet desteği de, Türkiye hükümeti tarafından ek arama faaliyetlerini desteklemek üzere devlet mülkiyetindeki petrol şirketine (TPAO) verilen 500 milyon dolarlık bir meblağ ile gerçekleşmiştir. Söz konusu fosil yakıt üretimine yönelik teşviklerin büyük bölümünü yeni fosil yakıt rezervlerinin aranması oluşturmaktadır (Doukas ve Acar, 2015: 2-3).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENERJİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİNE YÖNELİK LİTERATÜR

Çalışmanın bu bölümünde, enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye dair teorik ve ampirik literatüre yer verilmektedir. Teorik literatür kısmında iktisat tarihinde enerjinin ekonomik büyüme içindeki rolü, Neoklasik büyüme teorileri, içsel büyüme teorileri ve biyofizik iktisadı kapsamında genel olarak değerlendirilmektedir. Ampirik literatür kısmında ise, enerji ve büyüme ilişkisinin ilk kurulduğu çalışmalardan günümüze kadar yapılan ekonometrik çalışmalar ve sonuçları özet olarak tablolarda gösterilmektedir. Bu kapsamda, çalışmamızla uyumlu olması açısından toplam enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ele alan tek ülkeli veya çok ülkeli çalışmalar, ekonometrik uygulamada kullanılan ülkeler baz alınarak ampirik literatür sınırlandırılmakta ve özetlenmeye çalışılmaktadır.

3.1. Teorik Literatür

Canlılar için besin, motorlar için yakıt, aydınlatma, iletişim ve her çeşit cihaz için elektrik enerjisi olmadan, dolayısıyla enerji girdisi olmadan emek veya sermayenin işleyebilmesi mümkün değildir. Başka bir ifadeyle, iş yapabilme yeteneği olan enerji akışı, ekonomik çıktı (üretim) için sermaye veya emek kadar önemli bir faktördür. Mantıksal olarak da enerjinin sermaye ve emek ile birlikte bir üretim faktörü olarak kabul edilmesi de bu noktada kaçınılmazdır. 18. yüzyılda Fransız fizyokratların ilk denemelerinden bu yana ise iktisat teorisinde enerjinin büyük oranda göz ardı edildiği gözlenmektedir. Fizyokratlara göre tarım her ekonominin temelini oluşturmakta ve toprak (land) ve emek birer faktör olarak görülmektedir. Toprak ile ilgili enerji girdileri (yağmur, güneş vb.) ayrı olarak değerlendirilmemekte ve enerji girdisinin değerinin ekilebilir arazinin değerinde gizli olduğu da kabul edilmektedir. Bu kapsamda, fosil yakıtlardaki güneş enerjisinin değeri odun kesmek veya kömür çıkarmak için emek maliyetine yansıyan ve böylece maden sahiplerine veya petrol şirketlerine rant getireceği varsayılan bir alan olarak belirmektedir. Enerji kaynaklarının bolluğu sebebiyle, geçmişte enerjiyle ilişkili rant GSYH'de gizli ve küçük bir kısım olarak görülmektedir. (Ayres vd., 2013: 81).

Klasik iktisatçılar açısından enerji bir üretim faktörü olarak kabul edilmemekle birlikte, emek ve sermayenin maliyetlerinin yanında, tarımda bir fazlalığın (surplus)

oluşması durumunda toprağın ekonomiye katkısı araştırılmaktadır. Bu kapsamda, Adam Smith bu fazlalığı, tarımda doğa ve insanın birlikte rol almasına rağmen, sanayide sadece insanın bulunması ve doğanın hiçbir şey yapmamasına bağlamaktadır. Buradan hareketle klasik makroekonomi teorisi, doğanın güçleri ile ilgili duruşlarını üç adımda açıklamaktadır. Öncelikle, ekonomilerini tarım ve sanayi olarak iki sektöre ayıran klasik doktrin, sonrasında ise tarım sektörünün ayrıcalığını emek ve sermayenin üçüncü üretim faktörü olan toprakla birlikte çalıştığını kabul ederek temel oluşturmaktadırlar. Sonuncu aşamada da toprağın miktarının sabit olduğunu varsayarak, bazı hesaplamalarda verimliliğin değiştiğini de belirtmektedirler. Gerçekte tarımda azalan getirilerin varlığı, doğanın ekonomiye yüklediği sınırlamaları özetlemektedir. Klasik teori, ekonomilerin Sanayi Devrimi öncesi dinamiklerini tanımlamada bu anlamda oldukça başarılı olmaktadır (Alam, 2006: 5-6).

Keynes'in Genel Teorisi'nin dinamikleştirilmesi yönündeki çabalar Harrod ve Domar tarafından gerçekleştirilmektedir. Harrod'un teorisinde durağan durum büyümesi (steady-state growth), sadece garantili büyüme hızının (G_w), doğal büyüme hızına (G_n) eşit olması durumunda meydana gelmektedir. Dolayısıyla Harrod'a göre, böyle bir büyüme olağanüstü bir durum olup, bütün beklentilerin gerçekleşmesi halinde ortaya çıkabilmektedir. Bu sebeple G_w ve G_n birbirine eşit olamayacak ve sistem kendiliğinden bu eşitliği sağlayamayacaktır. Neoklasik iktisatçılar ise, ekonominin sürekli olarak büyüyeceğini ve bu büyümenin denge durumundan ayrılmalar olsa da ekonominin tekrar eski büyüme hızına dönerek istikrarlı bir büyüme yakalayacağını geliştirdikleri teorilerde kanıtlamaya çalışmaktadırlar (Savaş, 2007: 862). Neoklasik büyüme teorisine öncülük eden Solow ve Swan'ın 1956 yılında yapmış oldukları ayrı çalışmalar, sermaye/çıktı oranının sabit olmayarak esnek olduğunu ve faktör fiyatları değiştiğinde faktörler arasında ikamenin mümkün olacağını öne süren ilk büyüme modelleridir.

Neoklasik iktisatçılar, enerjiyi hiçbir şekilde makroekonomik modellere dâhil etmemişlerdir. Bunun sebebi ise, toprağı sermayenin kapsadığı bir bölüm şeklinde değerlendirerek, toprağı bir üretim faktörü olarak kabul etmemelerinde yatmaktadır. Toprağın makroekonomik modelden çıkarılmasında, klasik iktisatçıların ekonominin doğayla bağlantılarını etkin bir şekilde kesmeleri ve enerjiyi bir faktör olarak ekonomiden hariç tutmaları etkili olmaktadır. Toprağın olmadığı durumda ise ekonomiyi iki sektörlü kabul etmek anlamlı değildir (Alam, 2006: 6).

Neoklasik iktisatçılar, enerjiyi hammadde ya da ara ürün olarak kabul etmekte ve enerjiyi cam, çelik veya ham pamuk ile analitik olarak eşdeğer tutmaktadırlar. Fakat bu durum, enerji ve maddenin ekonomideki işlevine dair temel ayrımının görmezden gelindiği anlamında olduğundan eleştirilmektedir. Nitekim petrol, sağladığı enerji ile demir cevherini demire, çeliğe ve sonunda binlerce nihai çelik ürününe dönüştürmekte, dolayısıyla enerji, hammaddeleri nihai ürüne dönüştüren süreci yönlendirmektedir (Alam, 2006: 6).

Toprağın Neoklasik iktisadın üretim fonksiyonundan çıkarılmasının yarattığı problemle, yeniden tanımlanan tek sektör ekonomisi, 1800 öncesi ve sonrası ekonomilerin durgunluğunu ve kendine özgü yoksulluğunu da açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu durum günümüzde tasarrufları, sermaye birikimini ve teknolojik değişimi engelleyen kültürel ve kurumsal engellerle açıklanabilmektedir (Alam, 2006: 7)

Gerçekte iktisadi olarak doğal kaynaklar yeryüzünün altında ve üstünde bulunan tüm kaynakları kapsamaktadır. Bir ülkenin belirli bir dönemde üretiminde meydana gelen artış anlamına gelen ekonomik büyüme kavramı için, günümüzde ülkelerin sahip olduğu doğal kaynaklar üretim fonksiyonunun önemli faktörlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim ülkeler coğrafi koşulları nedeniyle tüm doğal kaynaklara (petrol, su, madenler vb.) maksimum seviyede sahip olmayabilirler. Bu durumda ise üretimin sağlanabilmesi için doğal kaynakların dış ticaretinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. 1970'lerde mevcut iktisadi yaklaşımların değişmesine de yol açan petrol krizi bu anlamda önemli bir olgudur.

Geçtiğimiz iki yüzyıl içinde önce kömür, sonra petrol ve doğal gazın ekonomik faaliyetlerdeki öneminin gittikçe artmasına ve enerjinin baskın bir girdi haline gelmesine rağmen, yine de enerjinin bir üretim faktörü olarak ihmal edildiği söylenebilir. Ancak 1973-74 ve 1979-80'de enerji kaynaklı ekonomik kaygılarda, sayısal analizlerde (quantitative analysis) enerjiyi, sermaye ve emekle birlikte belirgin bir üretim faktörü olarak değerlendirme çabası gündeme gelmiştir. İkinci Dünya Savaşından sonra gerçekleşen ani petrol fiyat artışları da dahil olmak üzere, 1970'lerde gerçekleşen hızlı petrol fiyatı şokları ekonomik durgunluğun gerekçelerindedir. Bahsedilen bu belirgin ilişki sonrasında bazı iktisatçılar KLEM (K; sermaye, L; emek, E; enerji, M; materyalleri simgelemektedir.) üretim fonksiyonunu ortaya koymaya çalışmışlardır. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda da ulusal hesaplarda enerji maliyet payının çoğu ülkede oldukça az olması sebebiyle, enerji fiyatlarının GSYH üzerinde önemli bir etkisinin olmayacağı

şeklinde görüşler de ortaya çıkmıştır. Hatta birçok iktisatçı da ekonomik durgunluğu açıklamak için “sıkı para” gibi başka nedenleri de dikkate almaya çalışmışlardır (Ayres vd., 2013: 81)

Öte yandan ekonomik büyümenin temel dinamiğinin sermaye birikimi olduğunu ifade eden büyüme literatürüne göre; sermaye birikimi kavramı makineleri, teknik ekipmanları, fabrikaları, binaları vb. unsurlardan oluşan fiziksel sermayede meydana gelen değişimleri ifade etmektedir. Solow’un ekonomik büyüme modelinin temel oluşturduğu Neoklasik büyüme modelleri; büyüme sürecinde fiziksel sermaye birikimi ve işgücü üzerinde odaklanarak ve teknoloji ile diğer faktörlerin dışsal olduğunu varsayarak modellerini ortaya koymaktadırlar. Geleneksel Neoklasik büyüme teorisi (sadece maddi sermayeyi dikkate alan büyüme teorisi) ise uzun dönem ekonomik büyümenin dışsal faktörler tarafından belirlendiğini ifade etmektedir. Dolayısıyla Neoklasik büyüme modelleri ekonomilerin uzun dönem büyümelerinin dinamiklerini açıklamada yetersiz kalmaktadır. Neoklasik Büyüme Modeli, büyüme sürecinin anlaşılmasında etkili olsa da, ekonomik büyümeyi etkileyen unsurların belirlenmesi ve analizi konusunda yeterli bilgiyi sağlayamamaktadır. Neoklasik Büyüme Modelinin pratikteki gerçeklerle çakışması, 1980’lerin ikinci yarısından itibaren İçsel Büyüme Teorisi olarak adlandırılan yeni bir teorinin ortaya atılmasına neden olmaktadır. İçsel Büyüme Teorisi ile o ana kadar dışsal kabul edilen ekonomik unsurlar, içsel bir değişken olarak ele alınarak incelenmeye konu olmaktadır. Dolayısıyla, Neoklasik büyüme modellerinin dışsal olarak kabul ettiği değişkenleri içsel olarak ele alan modeller ekonomi literatüründe İçsel Büyüme Modelleri olarak ifade edilmektedir. İçsel büyüme modelleri Neoklasik büyüme modellerinin aksine uzun dönemde vergileme, kamu harcamaları ve sübvansiyon gibi iktisat politikalarının uzun dönem ekonomik büyüme üzerinde önemli katkıları olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla içsel büyüme modelleri, ekonomik büyümeyi piyasa mekanizması içinde faaliyette bulunan ekonomik güçlerin içsel olduğunu kabul ederken, nüfus artışı ve beşeri sermaye birikiminin yanında kamunun rolünü de bağımsız birer değişken olarak modele dâhil etmektedir (Ercan, 2000: 130-131). İçsel Büyüme Teorisi’nin en önemli temsilcilerinden Romer’de içsel büyümenin itici gücü bilgi birikimi iken, bu güç Lucas’da beşeri sermaye, Barro’da ise altyapı harcamaları olarak kabul edilmektedir (Aytaç, 2010: 483).

Enerjinin de içsel bir faktör olarak kabul edilmesi durumunda enerji üretim sürecinde önemli bir girdi olarak görülmeye başlanmıştır. Ancak bazı araştırmacılar

tarafından emek ve sermaye gibi üretim fonksiyonuna dâhil edilmesi tartışılırken, bazı araştırmacılar tarafından da üretim faktörlerinin verimliliğini arttıran bir etmen olarak değerlendirilmeye devam etmektedir (Chang vd. 2014: 187). Bu noktada enerji ile ilgili sorunları çözmek için, mevcut alternatiflerin iyi değerlendirilmesi ve en iyi alternatifin seçilmesi gerekir ki, bu seçim neticesinde uygulanacak politikaların tüketim davranışlarını ve hayat kalitesini etkileyebildiği bilinmektedir. Kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel başta olmak üzere farklı odak noktaları vardır. Ekonomik kalkınma ve enerji tüketimi arasında belirgin doğrudan bir ilişki bulunmasına rağmen, alternatif gelişme yolları ile enerji tüketimi arttırılmadan da kalkınmanın sağlanabildiği günümüzde görülmektedir (Goldemberg ve Lucon, 2009: 65). Öte yandan da ekonomik kalkınmanın çıktı yapısında değişikliklere sebep olduğu ve bu durumun artan gelire bağlı olarak meydana gelen talep artışını değiştirebildiği söylenmektedir. Teknolojik değişim ve enerji fiyatlarının etkin sermayenin bileşimi, verimliliği ve kullanımı üzerindeki etkisi gibi faktörlerin de ayrıca modellerde dikkate alınmasının gerekliliği söz konusudur. Bu etkilerin anlaşılması da iklim değişikliği, uygun fiyatlı enerji hizmetlerine erişim gibi dünyanın önemli enerji sorunlarının çözümü için uygulanabilir kalıcı politikalar geliştirilmesinde etkili olacağı düşünülmektedir (Evans ve Hunt, 2009: 89).

Enerji ekonomisi alanında sıkça tartışılan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki konusunda iki karşıt görüş karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan ilki, üretim faktörlerinin enerji olmadan işlemeyeceğini, dolayısıyla en önemli değer kaynağını enerji olarak kabul eden görüştür. Diğer bakış açısına göre ise enerji ekonomik büyümeye karşı tarafsızdır. Literatürde, yansızlık hipotezi (neutrality hypothesis) olarak bilinen bu durumda, enerjinin ekonomik büyüme üzerinde etkisinin olmamasının temel nedeni, enerji maliyetinin GSYH içindeki payının oldukça az olması ve dolayısıyla çıktı artışında önemli bir etkisinin olmamasıdır. Bununla birlikte, enerji kullanımının büyüme üzerindeki etkisinin, incelenen ülkenin ekonomik yapısına ve içinde bulunduğu ekonomik gelişmişlik seviyesine bağlı bulunduğu da bir gerçektir. Örneğin, ekonomi büyüdükçe üretim yapısının enerji yoğun sektörlerden, hizmet sektörü gibi yoğun enerji kullanımı olmayan sektöre geçmesi muhtemeldir (Ghali ve El-Sakka, 2004: 225-226).

Biyofizik iktisadı açısından enerjiye bakıldığında, biyofiziksel ekonomistler enerji kullanımı ve çıktı arasındaki ilişkiye termodinamik açıdan yaklaşarak, aralarında muhtemel (a priori) nedensel bir ilişki olduğunu varsaymaktadırlar. Sermaye ve emeğin üretimi ve devamı için enerji ve materyal gerektiren ara faktörler olarak gören bu

yaklaşımında, korelasyonlar nedensel bir ilişki için yorumlanmamaktadır. Birçok Neoklasik iktisatçı, ekonometrik çalışmalarının hipotezlerinde enerjinin üretiminde nispeten küçük bir role sahip olduğunu kabul ederek, enerjinin üretimde birincil faktörler olan sermaye, emek ve toprak tarafından üretilen ara girdiye dönüştüğünü varsaymaktadır. Diğer taraftan, Hamilton (1983) ve Burbridge ve Harisson (1984) gibi enerjinin ekonomide daha büyük bir rol oynayabileceğini öne süren Neoklasik iktisatçılar biyofiziksel konunun çok yakınında bir duruş sergilemektedirler. Biyofizik ekonomisi enerjii büyüme üzerinde en fazla etkisi olan faktör olarak ele almaktadır (Stern, 1993: 138). Enerjinin büyüme üzerindeki etkisinin geleneksel görüş açısından değerlendirilmesinde, eksikliklerin varlığı eleştirisi günümüzde de halen devam etmektedir. Örneğin; Rotemberg ve Woodford (1996) toplam çıktıyı katma değer ve enerjinin giderek artan bir fonksiyonu olarak modellemektedirler. Bu kapsamda katma değer, emeğin kesinlikle artan bir fonksiyonu olduğu ve enerjinin geleneksel anlamda üretken olmadığı aksine emekle değer kazandığı ifade edilmektedir. Öte yandan bazı iktisatçılar da bütün ekonomik faaliyetleri entropi karşılığına indirgeyerek, genel olarak üretim ve üretim süreçlerini özellikle entropi ve negatifroni açısından yeniden tanımlamaktadırlar. Bunlara göre; üretim girdilerin daha düşük termodinamik düzeninin maliyeti ile daha fazla termodinamik düzene sahip hammaddelerin verilmesinden ibarettir. Ancak entropi kavramı ve ekonomiye entropi yaklaşımı gereken ilgiyi görmeyerek, ekolojik ekonomi literatüründe sadece ilgi uyandırmıştır. Oysaki küresel ısınma ve çevresel bozulma gibi konular entropi çerçevesinde incelenmeye yatkın konulardır. Ancak durum, üretim faaliyetine entropi yaklaşımının başarısız olması ile sonuçlanmıştır. Daha da büyük sorunsal bu kapsamda termodinamik üretim süreçlerinde sermaye, emek ve yönetimin rolünün ne olduğunda yatmaktadır. Ancak yakın zamanda bazı bilim adamları, enerji, zaman ve bilgi arasındaki ikame olanaklarını da inceleyerek, termodinamiği ekonomiye yakınlığa çabasına girişmişlerdir. Bu kapsamda ekonomik sistemlerde teknolojik değişimin rolünü inceleyerek, değeri ölçmeye de çalışmışlardır (Beaudreau, 1998: 13-16). Görüldüğü gibi enerji ve büyüme arasındaki ilişki günümüzde iktisat yazınında olduğu kadar fizik, ekoloji, mühendislik gibi alanlarda da dikkat çeken bir konu olarak yerini almaktadır.

Özetle enerji ve büyüme arasındaki ilişkinin iktisadi doktrinler içindeki yeri genel olarak değerlendirildiğinde; içsel büyüme teorilerinde enerjinin içsel bir faktör, biyofizik iktisadında ise enerjinin ana faktör olarak kabul edildiği görülmektedir. Neoklasik üretim

fonksiyonu ise ekonomik büyümeyi emek, sermaye ve teknolojideki artışlar ile açıklamaktadır. Ancak günümüzde enerjinin üretim sürecinin devamı için vazgeçilmez bir üretim girdisi olduğu da aşikardır (Erbaykal, 2007: 29).

3.1.1. Güncel Literatürde Ekonomik Büyüme-Enerji Modeli

Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi ilişkisinin incelendiği literatürdeki son çalışmalarda, sermaye, emek, teknolojik gelişme ve enerjinin gelişmiş ülkelerdeki ekonomik büyümenin temel unsurları olduğu kabul edilmektedir. Ana akım Neoklasik büyüme modelleri, üretim fonksiyonunda ekonomik büyümeyi sınırlayabilecek veya etkinleştirebilecek bir faktör olarak enerjiyi içermemektedir. Fakat gelişen son literatür diğer girdilerin yerine enerjinin, yüksek petrol fiyatları ve petrol üretiminin zirve noktası korkusu sebebiyle özellikle yenilenebilir enerjinin almasına önem vermektedir. Bu bakımdan, enerji kaynak bileşiminin optimum şekilde ayarlanması oldukça önem kazanmış olmakla birlikte, enerji politikası ile ilgili kararların ekonomik sonucu genellikle enerji kaynakları ile diğer üretim faktörleri arasındaki ikameye bağlıdır (Salim vd., 2014: 351).

Böylelikle, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek ve politika yapıcılara yol gösterici olabilmesi açısından Neoklasik Cobb-Douglas üretim fonksiyonu enerji girdisi dâhil edilerek genişletilmektedir. Charles Cobb ve Paul Douglas 1928'de girdi ve çıktıları ulusal toplam seviyede ilişkilendirme sorunu üzerinde çalışırken klasik bir üretim fonksiyonu ortaya koymaktadırlar. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu şu şekilde ifade edilir (Liao vd., 2010: 258):

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^\beta \quad (3.1)$$

Burada Y_t , t zamanındaki toplam çıktıyı, K ; sermayeyi, L ; emeği, A ; toplam faktör verimliliğini, α , β ; sermaye ve emeğin çıktı esnekliklerini göstermektedir. Başlangıçta bu model iki konuya çözüm getirmeye çalışmaktaydı. Bunlardan ilki, veri mal hacmini ortaya çıkarmak için kullanılan emek ve sermaye miktarındaki değişimleri ölçmektir. İkincisi; emek, sermaye ve üründen oluşan bu üç faktörün arasındaki ilişkiyi tespit etmektir (Liao vd., 2010: 258). Sonra yapılan çalışmalarda, bir ekonominin üretiminde sermaye (K), emek (L) ve enerji (E) olmak üzere toplam üç temel kaynağın bulunması gerektiği varsayılarak, üretim faktörü olarak enerjinin de dahil olduğu Cobb-Douglas üretim fonksiyonu şu şekilde düzenlenmektedir:

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^\beta E_t^\gamma \quad (3.2)$$

Burada, Y_t ; t zamanındaki toplam çıktıyı, K_t ; sermayeyi, L_t ; emeği, E_t ; enerjiyi ve A ; teknoloji parametresini simgelemektedir. α , β ve γ ise; sırasıyla, sermaye, emek ve enerjinin çıktı esnekliklerini göstermektedir. Bununla birlikte, Liao vd. (2010) ve Asafu-Adjaye vd. (2016) gibi az sayıda çalışmalarda enerji tüketimi temiz (fosil olmayan) ve temiz olmayan (fosil) enerji ayırımına tabi olurken, nükleer enerji, temiz enerji grubuna dahil edilmiş ve sadece yenilenebilir ve yenilemeyen enerji tüketimi ayırımında (Bowden ve Payne, 2010, Arbex ve Perobelli, 2010, Salim vd., 2014), dışarıda kalan veya fosil enerjiler ile aynı kategoride değerlendirilen nükleer enerji tüketimi fosil olmayan enerji tüketimine dahil edilmiştir. Buna göre; oluşturulan model ise şu şekildedir:

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^\beta E1_t^{\gamma_1} E2_t^{\gamma_2} \quad (3.3)$$

3.3 numaralı denklemde yer alan $E1_t$; fosil (temiz olmayan) enerji tüketimini, $E2_t$ ise; fosil olmayan (temiz) enerji tüketimini ifade etmektedir. γ_1 ile γ_2 ; fosil ve fosil olmayan enerji tüketiminin çıktı esnekliklerini göstermektedir.

3.1.2. Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini Etkileyen Faktörler

Çalışmanın teorik kısmında enerjinin ekonomik büyüme teorilerinde önemli bir girdi olarak değerlendirilmesinin gelişimi önceki kısımda ifade edilmektedir. Bu başlıkta, ekonomik büyümenin önemli bir girdisi olarak enerji ile ekonomik büyüme ilişkisini etkileyen faktörlere değinilmektedir. Bu kapsamda, Neoklasik üretim fonksiyonundan başlayarak, zaman içinde enerji tüketimi ve ekonomik faaliyetler arasındaki ilişkiyi azaltabilen veya güçlendirebilen faktörler ifade edilmektedir. Genel bir üretim fonksiyonu şu şekilde gösterilebilir:

$$(Q_1, \dots, Q_m) = f(A, X_1, \dots, X_n, E_1, \dots, E_p) \quad (3.4)$$

3.4 numaralı denklemde, Q_i ; üretilmiş mal ve hizmetler gibi çeşitli çıktıları, X_i ; sermaye, emek vb. çeşitli girdileri, E_i ; petrol, kömür, doğal gaz vb. gibi değişik enerji girdilerini ve A ; toplam faktör verimlilik göstergesi tarafından tanımlanan teknoloji durumunu simgeler. Enerji ve GSYH gibi toplam çıktı arasındaki ilişki, enerji ve diğer girdiler arasındaki ikame ilişkisinden, teknolojik bir değişmeden (A 'da meydana gelen bir değişme), enerji girdi bileşimindeki değişmeden ve çıktı bileşimindeki değişmeden etkilenmektedir (Stern ve Cleveland, 2004: 18).

Ayrıca, enerji-büyüme ilişkisi diğer girdilerin bileşimindeki değişmeden (örneğin, sermaye yoğun ekonomiden emek yoğun ekonomiye) ve X girdi değişkenlerinin toplam

faktör verimliliğini değiştirmesi nedeniyle de etkilenebilmektedir (Stern ve Cleveland, 2004: 18).

3.1.2.1. Enerji ve Diğer Girdiler Arasında İkame/Tamamlayıcılık

Enerji ve sermayenin birbirini tamamlayıcı veya ikame olduğunu tespit etmek için yapılan ekonometrik çalışmalar çok farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Apostolakis (1990) çalışmasında, zaman serisi ve yatay kesit sonuçlarına bağlı olarak, sermaye ve enerji arasında uzun dönemde ikame, kısa dönemde tamamlayıcı nitelikte bir ilişki bulunmuştur. Apostolakis (1990) çalışmasını veri güncelleyerek yeniden yapan Frondel ve Schmidt (2002), tamamlayıcılık ilişkisinin sadece enerji maliyet payının daha az olduğu durumlarda ortaya çıktığı sonucuna ulaşmışlardır. Malzemeler modele dahil edildiğinde sermaye ve enerjinin maliyet paylaşımları daha düşük olmakta ve tamamlayıcılık bulgusu daha muhtemel hale gelmektedir. Bununla birlikte, malzemelerin maliyetini dışlayan ekonometrik sonuçların sapmalı olması muhtemeldir. Berndt ve Wood (1979) çalışmasında, materyallerin dahil olmadığı KLE modelini kullanan çalışmalar ve mühendislik çalışmalarının ikame ilişkisini gösterdiğini, materyallerin dahil olduğu KLEM modelini kullanan çalışmaların tamamlayıcılık özelliğini gösterdiğini ortaya koymaktadırlar (Stern ve Cleveland, 2004: 19).

Bu bağlamda, sermaye ve enerji en çok zayıf ikame edici özelliktedir ve muhtemelen tamamlayıcılık özelliğine sahiptir. Tamamlayıcılık derecesi ise endüstriler ve dikkate alınan toplama (aggregation) seviyesine göre değişmektedir. Bununla birlikte, eğer enerji maliyet payı sermayeye göre küçükse, sermayenin sadece az bir oranda artması, enerji kullanımında büyük oranda azalmayı beraberinde getirecektir (Stern ve Cleveland, 2004: 20).

Sonuç olarak, ekonomik büyüme söz konusu olduğunda yukarıdaki üretim fonksiyonu içinde yer alan üç temel üretim faktörü arasındaki ilişki de önem kazanmaktadır. Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki pozitif yönlü bir ilişkinin bulunması durumunda, enerji tüketimini azaltıcı etkideki politikalar ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu noktada göz ardı edilmemesi gereken husus, üretim faktörleri arasındaki ilişkilerin ülkelerin yapısal özelliklerine göre değişebileceği olgusunda yatmaktadır. Örneğin, incelenen ülkelerde özellikle kayıt dışı ekonominin varlığı değişkenler arasındaki ilişkinin beklentilerin dışında oluşmasına sebep olabilmektedir (Aytaç, 2010: 483-484).

3.1.2.2 Teknolojik Yenilik (İnnovasyon) ve Enerji Etkinliği

Göreceli enerji fiyatındaki değişikliklerle ilgili olmayan enerji/GSYH oranındaki değişiklikler otonom enerji verimliliği indeksindeki değişiklikler olarak adlandırılır. Bunlar, sadece teknolojik değişimden değil, enerji ile çıktı arasındaki ilişkinin belirleyicilerinden herhangi birine bağlı olabilir. Aslında, içsel bir teknolojik değişim olduğunda, fiyat değişiklikleri teknolojik değişikliklere neden olmaktadır. Gerçekte, teknolojik değişim en azından kısmen endojen nitelik göstermektedir. Sonuç olarak, enerji fiyatlarındaki artış enerji-tasarruf teknolojilerinin gelişimini hızlandırmak eğilimindedir. Enerji fiyatlarının düşürülmesi dönemleri, daha yoğun enerji kullanımı eğiliminde olan teknolojik gelişmelere neden olabilmektedir (Stern, 2004: 45).

3.4 numaralı denklemde yer alan A , genel toplam faktör verimliliğidir (TFP) ve teknolojik değişimin enerji ve diğer girdileri arttırma etkilerini içermektedir. Bu faktörleri kontrol eden teknoloji düzeyini ölçmenin çeşitli yolları bulunmaktadır. Mesafe fonksiyonu yaklaşımı, diğer tüm girdileri sabit tutarak belirli bir çıktı seviyesi üretmek için minimum enerji gereksinimi ne olduğu sorusuna yanıt arar. Buna göre, 0 zamanına göre t zamanındaki enerji verimliliği seviyesi B_t , şu şekilde gösterilmektedir (Stern, 2010: 25):

$$B_t = \frac{E_0(y_0, x_0)}{E_t(y_0, x_0)} \quad (3.5)$$

Burada, y ; çıktı vektörünü, x ; enerji dışındaki girdilerin vektörünü ve $E_i(\cdot)$; girdi seviyesi göz önüne alındığında belirli bir çıktıyı elde etmek için i döneminde gereken minimum enerjiyi gösteren bir fonksiyondur. 3.5 numaralı denklem ekonometrik yöntemlerle veya parametrik olmayan yöntemlerle hesaplanabilmektedir.

Alternatif yaklaşım ise, teknik değişikliği arttıran enerji indeksidir ve bu üretim fonksiyonunun yeniden formüle edilmesini gerektirmektedir (Stern, 2010: 25):

$$Q = f(A, X_1, \dots, A_n, X_n, A_E, E) \quad (3.6)$$

3.6 numaralı denklemde, her bir girdi, girdinin ham birimlerini “etkin birimler” haline dönüştüren kendi teknoloji faktörü A_i ile çarpılır. A_E , tüm diğer girdilerin kullanımını ve artış endekslerini sabit tutan teknik değişikliği arttıran enerji endeksini simgelemektedir. Otonom enerji verimliliği trendine ilişkin tahminler farklılık göstermektedir. Bu, muhtemelen değişimin yönü sabit olmamasından ve ekonominin farklı sektörleri arasında değişmesinden kaynaklanmaktadır. Bazı çalışmalarda

(Jorgensen ve Wilcoxon, 1993) otonom enerji verimliliğinin azaldığı tahmin edilmiş, bazılarında ise (Berndt vd.,1993) genişletilmiş enerji endeksinin arttığı tahmin edilmiştir. Judson vd. (1999) çalışmasında bir dizi enerji tüketen sektörlerin her birinde enerji tüketimi için yaptıkları tahminde, sanayi ve inşaatta azalan zaman etkilerine karşılık hanehalkı ve diğer sektörlerde zamanla artan enerji tüketimini gösteren zaman etkilerini hesaplamışlardır. Buna göre, teknik yenilikler hanehalkının daha fazla enerji kullanmasına, sanayi sektörünün için enerji tasarrufu tekniklerini bulmasını sağlamaktadır (Stern ve Cleveland, 2004: 21).

Khazzoom-Brookes varsayımı veya geri tepme etkisi (rebound effect), enerji tasarrufu yeniliklerinin, daha fazla enerjinin kullanılmasına neden olabileceğini ve kaydedilen tasarrufların enerji gerektiren diğer mal ve hizmetlerin üretimi için harcanmakta olduğunu savunmaktadır. Enerji hizmetleri, üretici ya da tüketici tarafından talep edilmekte ve üretimleri yine enerji kullanılarak yapılmaktadır. Bir enerji hizmet birimini üretmek için gerekli olan enerji miktarını azaltan bir yenilik, enerji hizmetinin etkin fiyatını düşürmektedir. Böylelikle, enerji hizmeti ve dolayısıyla enerji talebinde bir artışa neden olmaktadır. Daha düşük enerji fiyatı, ekonomideki tüm mallara olan talebi ve dolayısıyla bunları üretmek için gereken enerjiyi artıracak bir gelir etkisine neden olmakta ve enerji için uzun vadeli talebin daha da artmasıyla sonuçlanan sermaye stoklarında düzeltmeler olabilir. Sermaye stoklarındaki bu düzenlemeler, “makroekonomik geri besleme” olarak adlandırılmaktadır. Howarth (1997) çalışmasında, rebound etkisinin, enerji kullanımındaki ilk inovasyona bağlı düşüşten daha az olduğunu iddia etmektedir ve bu nedenle enerji verimliliğindeki gelişmeler toplam enerji talebini aslında azaltmaktadır (Stern, 2004: 46).

3.1.2.3. Enerji Kalitesi ve Enerji Girdisi Bileşimindeki Kaymalar

Enerji kalitesi, elektrik ve farklı yakıt birimlerinin eşdeğer ısı birimi başına nispi ekonomik faydası olarak ifade edilir. Enerji kalitesinin ölçülmesinin bir yolu, yakıtın marjinal ürününün bulunmasıdır. Yakıtın marjinal ürünü, yakıtın ek bir ısı birimi kullanılarak üretilen bir mal veya hizmet miktarındaki marjinal artışı ifade eder. Bazı yakıtlar daha çok faaliyet ve/veya daha değerli faaliyetler için kullanılabilir. Örneğin kömür bir bilgisayara güç sağlamak için doğrudan kullanılamazken, elektrik ise kullanılabilir. Yakıtın marjinal ürünü, fiziksel azlık, faydalı iş yapmak için kapasite, enerji yoğunluğu, temizlik, depolamanın kolaylığı, güvenlik, kullanım esnekliği, dönüşüm maliyeti vb. gibi her yakıtın kendine özgü özelliklerinden oluşan unsurlar

tarafından kısmen belirlenir. Aynı zamanda marjinal ürün, bu niteliklerle benzersiz bir şekilde sabit değildir aynı zamanda hangi faaliyetlerde ne kadar kullanıldığına ve sermayenin, emeğin ve materyallerin bileşiminde hangi formda ve her uygulamada ne kadar enerjinin kullanıldığına göre de değişmektedir. Bu nedenle, enerji kalitesi zamanla sabit değildir. Bununla birlikte, genel olarak, elektriğin en kaliteli enerji türü olduğu, ardından doğal gaz, petrol, kömür ve odun ile biyoyakıtların azalan kalitede olduğu düşünülmektedir. Bu, marjinal ürünle orantılı olarak, gereken enerji birimi başına bu yakıtların fiyatlarıyla desteklenmektedir (Stern ve Cleveland, 2004: 23).

Enerji bileşimindeki değişimin enerji yoğunluğu üzerindeki rolünü değerlendiren az sayıda çalışma bulunmaktadır. Schurr ve Netschert (1960) çalışmasında, enerji kullanım bileşiminin zaman içinde önemli ölçüde değiştiği belirtilmekle birlikte, daha kaliteli yakıtlara geçişin bir dolarlık GSYH üretmek için gerekli enerji miktarını azalttığını savunmuşlardır. Berndt (1990), enerji kullanımının yüksek kalitede enerji girdilerine doğru kaymasının kilit rolüne dikkate çekmektedir (Stern, 2010: 32).

ABD için yapılan bazı çalışmalarda, enerji yoğunluğundaki gerilemenin büyük kısmının ekonomideki yapısal kaymalarla ve düşük kaliteli yakıtlardan daha kaliteli yakıtlara geçiş yapmayla açıklayan analizler yer almaktadır. Kaufmann (2004) çalışması, enerji/GSYH oranı, hanehalkı enerji harcamaları, enerji bileşimindeki değişkenleri ve enerji fiyat değişkenleri ile bir VAR modeli tahmin ederek, kömür kullanımından uzaklaşmanın özellikle petrol kullanımına doğru kaymanın enerji yoğunluğunu azalttığını tespit etmektedir. Bu kömürden uzaklaşma, 1929-99 dönemi boyunca azalan enerji yoğunluğunu açıklamaya katkıda bulunmuştur (Stern ve Cleveland, 2004: 23).

Bununla birlikte, diğer çalışmalar dünya genelinde görülen enerji yoğunluğundaki azalmalarda, enerji bileşimindeki değişimlerden çok teknolojik değişimin önemli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Teknolojik değişim, yapısal değişimin enerji yoğunluğunu arttıran etkileri nedeniyle, enerji yoğunluğunda gerçekleşen azalmadan daha fazla enerji yoğunluğunu azaltmaktadır. Düşük kaliteli enerji bileşimine sahip Çin ve Hindistan gibi ülkelerin ekonomik faaliyet dağılımındaki değişimler, küresel ölçekte enerji yoğunluğunun artmasına katkıda bulunmuştur (Stern, 2010: 33).

3.1.2.4. Çıktı Bileşimindeki Kaymalar

Genellikle, ekonomik gelişme sürecinde çıktı bileşimi değişmektedir. Kalkınmanın ilk aşamalarında, tarımdan ağır sanayiye doğru bir kayma vardır. Sonraki

aşamalarında ise, daha fazla kaynak yoğun maden ve ağır sanayi sektörlerinden hizmetlere ve daha hafif imalata doğru bir kayma söz konusudur. Farklı endüstrilerin farklı enerji yoğunlukları olmakla birlikte, bunun ekonomik kalkınmanın ilk aşamalarında birim çıktı başına kullanılan enerjide bir artışa ve ekonomik kalkınmanın sonraki aşamalarında birim çıktı başına kullanılan enerjide bir azalmaya neden olacağı tartışılmaktadır. Ayrıca, kirlilik ve çevresel bozulmanın da benzer bir yol izlemesi beklenebilir (Stern, 2004: 47)

Hizmet endüstrileri hala büyük enerji ve kaynak girişlerine ihtiyaç duymaktadır. Satılan hizmet maddi olmayabilir, fakat hizmetin sunulduğu plazalar, alışveriş merkezleri, depolar, kiralık apartmanlar vb. maddi olup, bu mekanların faaliyetlerinde, bu mekanların yapımında ve bakımında enerji kullanılmaktadır. Bununla birlikte, taşımacılık gibi diğer hizmet endüstrileri de ciddi ölçüde kaynak ve enerji kullanmaktadır. Ayrıca tüketiciler, iş ve alışveriş yolculuklarında büyük miktarda enerji kullanmaktadır. Dolayısıyla, hizmet sektörüne geçmenin bir sonucu olarak enerjinin ve büyümenin tam bir ayrımını yapmak pek mümkün görünmemektedir. Üretilen ürünlerde ve hizmetlerdeki dolaylı enerji kullanımı dikkate alındığında ABD hizmet ve hane halkı sektörleri ekonominin diğer sektörlerinden daha az enerji yoğunluğunda olmamakla beraber, geçmiş yıllarda meydana gelen çıktı bileşimindeki değişimin enerji/GSYİH oranını önemli ölçüde düşürdüğünü ortaya koyan çok az kanıt bulunmaktadır (Stern ve Cleveland, 2004: 24). Daha çok kullanılan enerji bileşimindeki değişiklikler bundan öncelikle sorumludur. Bununla birlikte küresel ölçekte, gelişmekte olan ülkelerin, gelişmiş ekonomilerde meydana gelen yapısal kaymaya ne ölçüde tekrarlayabileceği konusunda sınırlamalar olabilir ve ayrıca, gelişmiş dünyanın bu yönde süresiz olarak kaymaya devam edebileceği belli değildir (Stern, 2004: 47).

Ayrıca tüketiciler, servis cihazları, konut, ulaşım gibi hizmet endüstrisi ürünlerinin tüketimini arttırdıkça, doğrudan doğruya daha fazla enerji kullanma eğilimi gösterebileceklerdir. Judson vd. (1999), çalışmasında diğer şartlar sabitken tüketici sektöründe zamanla enerji yoğunluğunun arttığını, imalat sektöründe ise enerji yoğunluğunun azaldığı sonucunu bulmuşlardır (Stern ve Cleveland, 2004: 24-25).

3.2. Ampirik Literatür

Enerji, sermaye, işgücü ve hammadde ile birlikte üretimin temel girdilerinden biridir. Bu açıdan, sanayiye dayalı kalkınma hamlesini gerçekleştirmeye çalışan başta

gelişmekte olan ülkeler olmak üzere, tüm ülkelerde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki önemli bir konu haline gelmektedir (Güvenek ve Alptekin, 2010: 189). Bununla birlikte, enerji kullanımı ve üretim artışı noktasında iki karşıt görüş de mevcuttur. Bu görüşlerden ilki, işgücü ve sermaye gibi üretim faktörlerinin enerji olmadan kullanılamayacağını, dolayısıyla enerji kullanımının ekonomik büyüme için sınırlayıcı bir faktör olduğunu ileri sürmektedir. Diğer görüş ise enerji maliyetlerinin GSYH içindeki payının çok küçük olması sebebiyle büyümeye belirli bir etkisinin olmayacağını ifade etmektedir (Ghali ve El-Sakka, 2004: 226). Bu konuya yönelik yapılan çalışmalar, enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini bulmak amacıyla yapılmaktadır. Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki çok açık bir şekilde görülebilse de, yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular birbiriyle tutarsız olabilmektedir (Tugcu vd., 2012: 1942).

Günümüze kadar yapılmış çalışmalarda, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi çokça test edilerek, birbirinden farklı sonuçlar sunmaktadır. Çalışma bulgularının birbirine yakınsamasından ziyade ıraksadığı da görülmektedir (Oh ve Lee, 2004: 974). Nedenselliğin varlığı ve nedenselliğin yönü üzerinde görüş birliği sağlanamaması, uygulanan yöntemlerin, ülke veya ülke gruplarının, zaman periyodunun değişmesinden kaynaklanmaktadır. Gerçek nedensellik farklı ülkelerdeki farklı yerli enerji kaynakları, farklı siyasi ve ekonomik geçmişler, farklı siyasi ve kurumsal düzenlemeler, farklı kültürler, farklı enerji politikaları gibi ülkelerin değişik karakteristik özelliklerinden kaynaklanıyor olabilir (Chen vd. 2007: 2612). Görünüşte çelişkili istatistiksel bulguların başlıca nedenlerinden biri, birçok kurumsal, yapısal ve politika farklılığının yanı sıra metodolojik farklılıklar (kullanılan değişkenlerin tanımlama spesifikasyonları, nedensellik teknikleri, nedensellik testleri gibi) nedeniyledir (Masih ve Masih, 1997: 419). Bu yüzden ekonomik büyümede enerjinin rolü konusunda bir fikir birliği sağlamak zor olmakla beraber, ülke düzeyinde yeterince uzun bir zaman periyodunda hem toplulaştırılmış (aggregated) hem de ayrıştırılmış (disaggregated) verilerle incelenmesi gerektiğinin belirtilmesinde fayda görülmektedir (Zhao vd., 2008: 178).

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin araştırılmasında ve çıkan sonuçların güvenilirliğinin arttırılmaya çalışılmasındaki en önemli nedenlerden birisi de, ülkelerin sadece ekonomi boyutuyla değil çevresel ve sosyal boyutlarıyla konuyu değerlendirmesini ve sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Bu noktada, özellikle son dönemlerde artan çevresel sorunlar için atılan

adımlarla, bir çok ülke enerji tasarrufu ve CO₂ emisyonunun azaltılması noktasında uluslararası anlaşmalara göre taahhütte bulunmaktadır (Tugcu vd., 2012: 1943). Kullanılan enerji kaynaklarının alternatifleriyle ikamesi, ekonomik, politik ve çevresel etkileri sebebiyle, sürdürülebilir kalkınmayı geliştirebilen bir enerji politikası aracıdır (Bloch vd., 2015: 104). Örneğin, Omri vd. (2015) enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini inceledikleri çalışmalarında, nükleer enerji ve yenilenebilir enerjiyi üretimin girdisi olarak ele almaktadırlar. Sektörel enerji ve çevresel politikalar ile stratejiler oluşturmak için, enerji arzında değişik enerji kaynaklarının etkilerini incelemenin faydalı olacağını ifade etmektedirler. Nitekim, fosil olmayan enerji tüketimi (nükleer ve yenilenebilir enerji) çoğu ülkenin, hem enerji ihtiyacının karşılanmasında hem de emisyonların azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Omri vd., 2015: 1015). Bu sebeple, çalışmamızda insan kaynaklı küresel ısınmanın temel sebeplerinden olan fosil enerji kaynaklarının ve temiz enerji olarak adlandırılan fosil olmayan enerji kaynaklarının (nükleer ve yenilenebilir enerji) ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini ölçmek için veriler iki gruba ayrıştırılarak kullanılmaktadır. Bu çalışmadaki temel amaç ise yeni geliştirilen ekonometrik yöntemlerle enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin test edilip, bir karşılaştırma imkânı sunmasıdır.

3.2.1. Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme

Teorik literatürde belirtildiği üzere, enerji ve ekonomik büyüme ilişkisi, enerji ekonomisi literatüründe hem mühendislik hem de iktisat bakış açısıyla, üretim ve ekonomik büyüme teorileri bakımından ele alınmaktadır. Enerji ve ekonomi ilişkisinin kurulmasından sonra, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında nedensellik ilişkisini inceleyen ampirik literatür oluşmaya başlamış ve enerji türleri ile modele dahil edilen değişkenler değişmekle birlikte, farklı ekonometrik yöntemlerle oldukça fazla çalışılmıştır. Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini ilk ele çalışmalardan bazıları Kraft ve Kraft (1978), Akarca ve Long (1980), Yu ve Hwang (1984), Yu ve Choi (1985), Erol ve Yu (1987), Stern (1993)'dür. Bu çalışmalarda ortaya çıkan birbirinden farklı nedensellik ilişkileri literatürde, nedenselliği açıklayan farklı hipotezlerin oluşmasını beraberinde getirmektedir.

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi, uygulanacak enerji politika önerilerinin de sonuca göre değişeceği dört şekilde sınıflandırılabilir. Bunlar; hiçbir nedenselliğin olmadığı, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye veya ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek taraflı

nedenselliğin olduğu ve enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedenselliğin olduğu durumlara göre sınıflandırılmaktadır (Payne, 2010, Ozturk, 2010, Tiba ve Omri, 2017).

3.2.1.1 Büyüme (Growth) Hipotezi

Büyüme hipotezi, enerji tüketiminin doğrudan ve dolaylı üretim sürecinde emek ve sermayenin tamamlayıcısı olarak ekonomik büyümede önemli rol oynadığını göstermektedir. Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı bir nedensellik ilişkisi var olmakla beraber, enerji tüketiminin ekonomik performansı doğrudan etkileyen önemli bir role sahip olduğunu ifade etmektedir (Tiba ve Omri, 2017: 1133-34). Bu noktada, enerji tüketimini etkileyebilecek tasarruf politikaları veya vergi vb. şoklar ile enerji arz şokları ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkide bulunabilmektedir.

Büyüme hipotezinde, enerji ile sermaye arasında tamamlayıcılık ilişkisinin olduğu varsayıldığında, uzun dönemde teknolojik gelişmenin enerji verimliliği üzerindeki etkisi oldukça fazla olabilmektedir. Bu durum, sermaye kullanım artışının genişlediği üretim sürecinde enerji bağımlılığında azalmaya neden olmaktadır (Yıldırım vd., 2014: 15).

Bu hipotezin desteklenmesi, ekonominin enerjiye bağımlı olduğu, enerjinin ekonomik büyüme için bir ivme olduğu ve enerji tüketiminin enerji verimliliği olmadan azalmasını beraberinde getirecek enerji tasarrufu politikalarının, ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkileri olabileceğini ifade etmektedir. Bu sebeple, enerji tüketimini ve/veya bağımlılığını azaltmak için en iyi çözümlerden birisi enerji israfını önleyen, enerji verimliliği politikalarına ağırlık vermek olabilir (Behmiri ve Manso, 2013: 82). Bu hipotezin geçerli olduğu durumda, devlet uzun vadeli ve istikrarlı enerji kaynaklarının temini ile enerji arz güvenliğini sağlamalıdır. Enerji fiyatlarının sübvansede edilmesinde de ilave kaynaklar kullanılmalıdır. Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye tek yönlü nedenselliğin olduğu durumda, yurtiçi enerji fiyatlarını, piyasa fiyatları ile uyumlu hale getirmek enerji tüketimini azaltmak için uygulanırsa, gelir ve istihdamda daha ciddi sorunlarla karşılaşılabilir (Zikovic ve Vlahinic-Dizdarevic, 2011: 21). Bununla birlikte, eğer enerji tüketiminin artışı ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkiye sahipse bunun bazı sebepleri olabilmektedir. İlk olarak, büyüyen bir ekonominin enerji yoğun üretimden daha az enerji yoğun olan hizmetler sektörüne yönelmesi enerji tüketiminin azalmasını da beraberinde getirmelidir veya verimsiz sektörlerde aşırı enerji tüketiminin

olması, kapasite kısıtlamaları, verimsiz enerji arzı gibi sebeplerle enerji tüketimi artışı reel gelir üzerinde olumsuz etkiye sahip olabilmektedir (Payne, 2010: 54).

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında büyüme hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşan bazı çalışmalar şunlardır: Yu ve Choi (1985), Stern (1993, 2000), Soytaş vd. (2001), Wolde-Rufael (2004), Yoo ve Jung (2005), Narayan ve Smyth (2008), Wolde-Rufael (2010b), Apergis ve Payne (2010e), Payne (2011b), Heo vd. (2011), Chu (2012), Bloch vd. (2012), Apergis ve Tang (2013), Shahbaz vd. (2013), Apergis ve Danuletiu (2014), Omri vd. (2015), Ziramba (2015), Lin vd. (2015), Bhattacharya vd. (2016), Tugcu ve Tiwari (2016).

3.2.1.2. Saklama (Conservation) Hipotezi

Saklama hipotezinde, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek taraflı nedensellik mevcuttur. Enerji tüketimi, ekonomik gelişme sürecini emek ve sermayeyle beraber, doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen önemli bir faktördür. Bu sebeple, enerji ekonomik büyümeye göre daha hassas bir unsur olmakla beraber, enerji arzında meydana gelebilecek şoklar veya enerji tasarruf politikalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi çok az olabilir veya hiçbir olumsuz etkisi olmayabilir. Reel GSYH meydana gelen artışın enerji tüketimi artışına neden olması bu hipotezi desteklemektedir (Ozturk, 2010: 340, Tiba ve Omri, 2017: 1134). Enerjiye bağımlılığın daha az olduğu bu gibi bir durumda, talep yönetim politikaları, verimlilik iyileştirme tedbirleri gibi enerji tasarrufu politikaları (Payne, 2010: 54) ile fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının azaltılarak sürdürülebilir kalkınmaya yönelik politikaların uygulanması daha mümkün bir hal almaktadır (Oh ve Lee, 2004: 979). Mehrera (2007) çalışmasında, petrol ihraç eden ülkelerin çoğunda hükümet politikalarının ulusal enerji fiyatlarını, serbest piyasa fiyat düzeyinin altında tuttuğu ve bunun yüksek miktarda enerji tüketimine sebep olduğu ortaya konulmaktadır. Saklama hipotezinin geçerli olduğu petrol ihraç eden ülkelerde, enerji fiyat politikalarının değiştirilmesi aracılığıyla tüketimin azaltılması gibi enerji tasarrufu politikalarının ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etkide bulunmayacağı bulgusu da bir diğer sonuçtur (Mehrera, 2007: 2939). Politika yapıcılar, bu bulguları vergi yükünü azaltmak, yatırımları çekmek veya artan kamu harcamalarında kullanabilmektedir (Zikovic ve Vlahinic-Dizdarevic, 2011: 21).

Maksimum enerji verimliliği sağlayan enerji talebinin üzerinde, uzun süreli bir enerji arz artışının olması, enerji fiyatlarının düşmesine sebep olabilmektedir. Enerji

fiyatlarının düşmesi ile enerji tüketiminde meydana gelecek artış, bu hipotezin ortaya çıkabileceği durumlardan bir tanesidir. Benzer bir durumda, aşırı enerji tüketimi olduğu için, enerji tasarrufu politikalarının ekonomik büyüme üzerinde etkisi olmayacaktır (Yıldırım vd., 2014: 15). Bununla birlikte, büyümekte olan bir ekonomi, kaynaklarının politik, yapısal veya kötü yönetimi ile sınırlanırsa, bu durum ekonomide etkinliğin ve enerji tüketimini de kapsayan mal ve hizmetlere olan talebin azalmasına neden olabilmektedir. Böyle bir durumda reel gelir artışı enerji tüketimi üzerinde olumsuz etkiye sahip olabilecektir (Payne, 2010: 54).

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında saklama hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşan bazı çalışmalar şunlardır: Kraft ve Kraft (1978), Cheng (1998), Yang (2000a), Gosh ve Basu (2006), Lise ve Monfort (2007), Ang (2007), Sadorsky (2009a), Güvenek ve Alptekin (2010), Menyah ve Wolde-Rufael (2010), Lee ve Chiu (2011b), Nasiru (2012), Chu ve Chang (2012), Das vd. (2013), Ocal ve Aslan (2013), Lim (2014a), Mbarek vd. (2015), Bildirici ve Ersin (2015), Lach (2015), Chang vd. (2016), Apergis vd. (2016).

3.2.1.3. Geri Besleme (Feedback) Hipotezi

Geri besleme hipotezi, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisinin varlığını göstermektedir. Enerji tüketiminde meydana gelebilecek bir artış (azalma) ekonomik büyüme üzerinde bir artışa (azalmaya) veya ekonomik büyümede meydana gelebilecek bir artış (azalma), enerji tüketiminde bir artışa (azalmaya) sebep olabilmektedir. Bu durumda, enerji tüketimini azaltmayı hedefleyen enerji tasarrufu politikaları, ekonomik büyüme performansı üzerinde olumsuz etkide bulunabileceği gibi ekonomik büyümedeki değişiklikler de enerji tüketimine yansiyabilmektedir (Tiba ve Omri, 2017: 1134). Enerji girdisi, üretim fonksiyonunda önemsiz bir paya sahipse, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi ortadan kalkabilmektedir (Yıldırım vd., 2014: 15).

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında geri besleme, hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşan bazı çalışmalar şunlardır: Ghali ve El-Sakka (2004), Yoo (2006b), Zou ve Chau (2006), Lee ve Chang (2007), Mahadevan ve Asafu-Adjaye (2007), Erdal vd. (2008), Lee vd. (2008), Sadorsky (2009b), Apergis ve Payne (2010b, c, d, f, g), Belke vd. (2010), Constantini ve Martini (2010), Apergis vd. (2010), Al-mulali (2011), Fuinhas ve Marques (2012), Tugcu vd. (2012), Heidari vd. (2013), Al-mulali (2014),

Bhattacharya vd. (2014), Bloch vd. (2015), Shahbaz vd. (2015b), Omri vd. (2015), Destek (2016), Solarin ve Ozturk (2016), Mbarek vd. (2017), Saidi vd. (2017).

3.2.1.4. Yansızlık (Neutrality) Hipotezi

Yansızlık hipotezi, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı durumu ifade etmektedir. Bu hipotezin geçerliliği durumunda, enerji tüketiminin ekonomik büyümeye nispeten küçük bir katkıda bulunduğu ve dolayısıyla enerji tasarrufu ve talep yönetim politikalarının büyüme üzerinde olumsuz bir etkisi olmayacağı söylenebilmektedir (Payne, 2011a: 63). Enerji tüketiminde uygulanacak tasarruf politikaları veya tüketim artışı politikalarının, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında bir ilişki olmadığı için ekonomik büyüme üzerinde etkili olması beklenmemektedir (Ozturk, 2010: 341, Tiba ve Omri, 2017: 1134).

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında yansızlık hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşan bazı çalışmalar şunlardır: Akarca ve Long (1980), Yu ve Hwang (1984), Altınay ve Karagol (2004), Sari ve Soytas (2004), Jobert ve Karanfil (2007), Payne (2009), Aytaç (2010), Balcilar vd. (2010), Payne ve Taylor (2010), Gurgul ve Lach (2011), Payne (2011a), Wolde-Rufael (2012), Behmiri ve Manso (2014), Chang vd. (2016), Chang vd. (2017).

3.2.2. Literatür Taraması

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisinin açıklanmasında literatürde iki temel yaklaşım söz konusudur. Bunlar talep yanlı ve arz yanlı yaklaşımlardır. Arz yanlı yaklaşım geleneksel üretim fonksiyonu –özellikle Cobb-Douglas üretim fonksiyonu- çerçevesinde ekonomik çıktı açısından enerji tüketiminin etkisini analiz etmektedir. Talep yanlı yaklaşım ise enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve enerji fiyatları arasındaki ilişkiyi incelemektedir (Bildirici ve Bakırtaş, 2014: 135). Diğer deyişle arz yanlı yaklaşımda enerji tüketiminin ekonomik aktiviteye katkısı geleneksel üretim fonksiyonu çerçevesinde ele alınırken; talep yanlı yaklaşımda enerji tüketimi, GSYH ve enerji fiyatları üç değişkenli enerji talep modelleri ile analize dahil edilmektedir (Bloch vd., 2015). Literatürde yapılan ampirik çalışmalar da arz ve talep yanlı yaklaşımlar çerçevesinde ele alınmaktadır. Bu kapsamda ampirik çalışmaların özet ve bulgularına bu kısımda yer verilmektedir.

Kraft ve Kraft (1978)'in ABD'de enerji ve GSMH ilişkisini incelediği öncü çalışmasından bu yana enerji-büyüme ilişkisi çokça çalışılmış bir konudur. Bu

çalışmadan sonra literatürde yapılan çalışmalar, değişik ülke ve ülke grupları ile farklı ekonometrik yöntemler kullanılarak, enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisini analiz etmeye yöneliktir. Bu kapsamda, literatür çalışmanın yapıldığı ülke ve ülke gruplarına ayrılarak incelenebilmektedir. Tek ülke için spesifik çalışmalar ile birlikte, gelişmişlik düzeyine, coğrafi konumuna veya benzer diğer karakteristik özelliklerine göre ülke grupları farklı zaman aralıkları, farklı ekonometrik yaklaşımlar ve farklı değişkenlerle değerlendirilmiştir.

Nitekim ekonometri alanındaki gelişmelere paralel olarak tahmin hatalarını en aza indirmek için geliştirilen yeni yöntemler, enerji planlayıcılarına yol gösterici olması adına enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin analizinde de kullanılmaktadır. Bu noktada enerji-büyüme literatürü farklı dönemler altında da incelenebilmektedir. İlk dönem, zaman serilerinin durağan olduğu varsayımı ile VAR yaklaşımının uygulandığı Kraft ve Kraft (1978) çalışması ile başlamaktadır. ABD için, 1947-1974 dönemini kapsayan analizlerinde, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Akarca ve Long (1980) ise, Kraft ve Kraft (1978)'de kullanılan zaman periyodunu değiştirerek yaptığı ABD analizinde, değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığını tespit etmiştir. Benzer şekilde, Yu ve Hwang (1984), Yu ve Choi (1985) ABD için enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Bu ilk dönem çalışmaları, Granger (1969) ve Sims (1972) testleri ile değişkenler arasında nedensellik ilişkisini araştırmışlardır.

Durağan olmayan zaman serilerine eşbütünleşme testlerinin uygulanması ile enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi sorgulanmaya devam etmiştir. Engle ve Granger (1987)'de iki değişkenli eşbütünleşme ilişkisinin incelenmesi ve hata düzeltme modelleri ile nedensellik ilişkisi kontrol edilmiştir. Johansen ve Juselius (1990) ve Johansen (1991) çalışmaları ile çok değişkenli eşbütünleşme ilişkisinin incelenmesi ve nedenselliğin vektör hata düzeltme modelleri ve genelleştirilmiş varyans ayrıştırması ile kontrol edilmesiyle, bu yöntemleri kullanan çalışmaların yapıldığı bir dönem gerçekleşmiştir. Son dönemde ise enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi, geliştirilen diğer eşbütünleşme testleri (ARDL gibi) ve nedensellik testleri (Toda&Yamamoto gibi) ile zaman serisi teknikleri kullanılarak ve pane veri teknikleri kullanılarak incelenmektedir.

Gerek bilgisayar kullanımını ve beraberinde getirdiği teknolojik gelişim, gerekse de ülkelerin kurumsal, kültürel vb. özellikleri dikkate alındığında hem enerji hem de makroekonomik değişkenlerin verilerini tutmaya başlamaları yakın döneme ilişkindir. Dolayısıyla, zaman serisi analizlerinde zaman aralığının yeterince uzun olmamasının, yapılan testlerin açıklama gücünü etkilediği ortaya koyularak panel teknikleri geliştirilmiştir. Ülke veya ülke grupları çok değişkenli modelleri panel birim kök, panel eşbütünleşme ve panel nedensellik testleri ile tahmin edebilmektedir. Yapısal kırılmaların önem kazandığı son dönemde, hem zaman serisi yöntemleri hem de panel yöntemlerinde, yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök, eşbütünleşme ve nedensellik testleri uygulanmaktadır.

Bu kısımda enerji ve büyüme arasındaki ilişkiye dair ampirik literatür taraması özet olarak verilmektedir. Bu kapsamda, toplulaştırılmış verilerle toplam enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar, yarı toplulaştırılmış verilerle yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimini inceleyen çalışmalar ve ayrıştırılmış enerji kaynakları düzeyinde petrol, doğal gaz, kömür, nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar yer almaktadır. Literatür taramasında, toplam enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalara uygulama kısmında kullandığımız ülkeler ile sınırlı olmak üzere, tek ülkeli veya ülke grupları şeklinde yer verilmektedir.

3.2.2.1. Toplam Enerji Tüketimi

Literatürde toplam enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini incelemek üzere yapılmış olan ampirik analizlerin seçilmiş bir özeti Tablo 3.1'de yer almaktadır. Tablo 3.1 incelendiğinde çalışmaların dikkate aldığı zaman aralığı, kullanılan ekonometrik yöntem, dikkate alınan değişkenler ve ülke gruplarına göre Türkiye ve G7 ülkelerinde nedensellik ilişkisinin yönünün değiştiği görülmektedir. Örneğin, Türkiye için yapılan çalışmalarda, Soytaş vd. (2001), Soytaş ve Sari (2003), Yıldırım vd. (2014) büyüme hipotezini destekler sonuçlar bulurken, Altınay ve Karagöl (2004), Sari ve Soytaş (2004), Chontanawat vd. (2006), Jobert ve Kranfil (2007), Yıldırım ve Aslan (2012) yansızlık hipotezinin geçerli olduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Ayrıca, Lise ve Monfort (2007) saklama hipotezi, Erdal vd. (2008) ise geri besleme hipotezinin desteklendiğini göstermişlerdir.

Soytas ve Sari (2003) çalışması, enerji tüketimi ve kişi başına GSYH verilerini kullanarak, 1950-1992 dönemi için G7 ülkeleri ile yükselen piyasalarda ilk 10 ülkeyi (Çin hariç) analiz etmişlerdir. Johansen ve Johansen ve Juselius eşbütünleşme testleri uygulanmış ve Fransa, Batı Almanya, İtalya, Japonya ile Türkiye'nin içinde bulunduğu 7 ülkede eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur. Nedenselliğin yönünün tespit etmek için yapılan vektör hata düzeltme modeli de Türkiye, Fransa, Japonya ve Almanya'da enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır. İtalya'da ise ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Kanada, İngiltere ve ABD için eşbütünleşme ilişkisi bulunamamıştır.

Ghali ve El-Sakka (2004) çalışmasında, Kanada'da enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini 1961-1997 dönemi için enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini, Neoklasik tek sektör üretim fonksiyonuna enerjiyi de dâhil ederek incelemiştir. Nedensellik testi sonucuna göre Kanada'da karşılıklı bir nedensellik ilişkisi bulunduğu, varyans ayrıştırması sonuçlarına göre, bir enerji şokunun ekonomik büyüme oranı üzerinde %15 etkisi olacağı bulunmuştur. Sonuç olarak, enerji tüketiminin Kanada'nın ekonomik büyümesini sınırlandırılan bir faktör olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Lee (2006) aynı kalkınma seviyesine sahip ülkelerde enerji korumacı (tasarrufu) politikaların uygulanabilirliğini araştırdığı çalışmasında 11 büyük sanayileşmiş ülkede enerji tüketimi ve gelir arasındaki ilişkisi Toda&Yamamoto granger nedensellik testi ile incelemiştir. İngiltere Almanya ve İsveç'te yansızlık hipotezini destekler, gelir ve enerji tüketimi arasında nötr bir ilişki bulunmuşken, ABD'de çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Kanada, Belçika, Hollanda ve İsviçre'de enerji tüketiminden GSYH'ye tek yönlü nedensellik, Fransa, İtalya ve Japonya için ise GSYH'den enerji tüketimine doğru tek yönlü bir ilişki bulunmuştur ki, bu sonuçlara göre, ekonomik büyümeden ödün vermeden enerji tasarrufu politikaları bu ülkelerde uygulanabilir durumdadır.

Zachariadis (2007); ARDL, VECM ve Toda&Yamamoto yöntemlerini kullanarak, G7 ülkeleri için toplulaştırılmış ve sektörel enerji tüketimi verileri ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Nedensellik ilişkisini belirlemek için yapılan üç farklı testin sonuçları da birbirinden oldukça farklı olmakla birlikte, sadece toplam birincil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini değerlendirecek olursak; Japonya, İngiltere ve ABD için bulunan nedensellik ilişkisinin sonuçları sağlamlık (robustness) göstermektedir. Buna göre, üç testin de aynı sonucu verdiği Japonya'da; karşılıklı

nedensellik ilişkisi, İngiltere’de; ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü, saklama hipotezi sonucu ve ABD’de; değişkenler arasında herhangi bir ilişki olmadığını gösteren yansızlık hipotezi bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, Toda&Yamamoto sonuçlarını dikkate alarak değerlendirecek olursak, Fransa, Almanya ve İtalya’da da yansızlık hipotezi desteklenmektedir. Sonuçlar, yapılan tüm testlere göre değerlendirildiğinde, sadece Kanada’da bütün testler nedensellik ilişkisi olduğunu bulmuşlardır. Toda&Yamamoto testi, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi sonucuna ulaşırken, diğer testler karşılık bir nedensellik ilişkisi olduğunu bulmuşlardır.

Balcılar vd. (2010) çalışmasında G7 ülkeleri için 1960-2006 döneminde toplam enerji tüketimi ile reel GSYH arasındaki ilişkiyi bootstrap rolling window nedensellik testi ile incelemişlerdir. Buna göre, çalışmanın bootstrap Granger nedensellik testi sadece Kanada’da enerji tüketiminin ekonomik büyümenin granger nedeni olduğu sonucuna ulaşırken, geri kalan G7 ülkeleri için herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Bootstrap rolling window nedensellik testi sonuçlarında ise, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında tutarlı bir nedensellik ilişkisinin olmadığı, petrol fiyatlarının artması gibi çeşitli önemli ekonomik olayların yaşandığı dönemlerde güçlü tek yönlü ve çift yönlü ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, çalışmada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme her ne kadar ilişkisiz görünse de, petrol fiyatlarındaki artış veya düşüşlerde ve durgunluk dönemlerinde aralarındaki ilişkinin ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu sebeple, enerji tüketimini azaltmaya yönelik enerji koruma politikaları başlangıçta belirgin etkileri oluyor gibi görünse de, daha sonra ekonomik büyüme üzerinde büyük negatif etkilere sahip olabileceği vurgulanmıştır.

Narayan ve Popp (2012), enerji tüketimi ve reel GSYH verileri ile 1980-2006 döneminde 93 ülkeyi içeren ve enerji tüketiminin uzun dönemde GSYH üzerindeki etkisi ile enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru nedenselliğin yönünü araştırdıkları çalışmalarında altı tane de alt panel grubu oluşturmuşlardır. Bunlar; Batı Avrupa, Asya, Latin Amerika, Orta Doğu, Afrika ve G6 ülkelerini içermektedir. Panel Granger nedensellik testini Canning ve Pedroni (2008)’in geliştirdikleri model ile uygulamışlardır. Bulgularına göre, Avrupa paneli için, uzun dönemde enerji tüketiminin ekonomik büyümenin nedeni olduğu İtalya, Türkiye ve İngiltere dâhil olmak üzere 5 ülke tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, Avrupa panelinde Fransa için ekonomik büyümeden enerji tüketimine granger nedensellik bulunmuş, fakat negatif yönlü bir etki tespit edilmiştir.

Dolayısıyla, ekonomik büyümenin artması, enerji tüketimini düşüren bir etkiye işaret etmektedir. Avrupa panelinde yer almayan Kanada, Japonya ve ABD için elde edilen bulgulara göre, sadece Japonya’da enerji tüketimi ekonomik büyümenin granger nedeni bulunmuştur. Kanada ve ABD’de ise, reel GSYH’nin enerji tüketiminin negatif olarak granger nedeni olduğu tespiti yapılmıştır. Genel olarak bakıldığında G6 paneli enerji tüketiminin ekonomik büyümenin granger nedeni olduğunu fakat negatif etkilediğini göstermektedir. Buna göre, G6 ülkelerinde enerji tüketiminin artması reel GSYH’yi düşürecektir. 93 ülkeyle yapılan tek panel sonucuna göre, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru pozitif işaretli nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Enerji tüketiminin artması ekonomik büyümeyi de olumlu etkileyip, reel GSYH’nin artmasını sağlayacaktır.

Apergis ve Tang (2013), çokça çalışılan ve birbirinden farklı sonuçlara ulaşılan enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisini, enerji öncülüğünde büyüme hipotezini, farklı gelişmişlik seviyesindeki ülkelerde, modele kentleşme ve işgücünü de dâhil ederek farklı bir model spesifikasyonu ile incelemişlerdir. Güçlü sonuçlar elde edebilmek için 85 ülkede sadece enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen iki değişkenli, sonra üç değişkenli ve bütün değişkenlerin olduğu çok değişkenli nedensellik test sonuçlarını raporlamışlardır. Toda-Yamamoto-Dolado-Lütkepohl nedensellik testi bulgularına göre, Kanada, İtalya, Japonya, Türkiye, İngiltere ve ABD için bütün modellerde enerji tüketimi, ekonomik büyümenin önemli bir kaynağı olarak bulunmuştur. Fransa için iki değişkenli modelde herhangi bir ilişki bulunmazken, iki ve çok değişkenli modellerde büyüme hipotezi desteklenmiştir. Almanya’da ise enerji tüketiminin, ekonomik büyümenin itici bir gücü olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bozoklu ve Yilanci (2013), enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisine yönelik yapılan çalışmalarda tespit edilen nedensellik ilişkisi ve ilişkinin yönünün önemli olduğunu lakin, enerji politikalarının amacına ulaşabilmesi için nedensellik ilişkisinin geçici ya da sürekli olmasının tespi edilmesi gerektiğini vurgulayarak, 20 OECD ülkesi için enerji tüketim ve ekonomik büyüme ilişkisine yönelik standart Granger nedensellik testi ve frequency domain Granger nedensellik testlerini uygulamıştır. Frekans alanı Granger nedensellik testi sonuçlarına göre; Kanada, İtalya, Japonya, İngiltere ve ABD’de ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru nedensellik ilişkisinin geçici olduğu, Almanya, İtalya ve Japonya’da sürekli nedensellik ilişkisinin varlığı ortaya koyulmuştur. Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye nedensellik ilişkisinin sonuçlarına göre ise;

İtalya'da hem geçici hem sürekli nedensellik ilişkisi, Japonya'da enerji tüketiminden ekonomik büyümeye nedenselliğin sürekli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yıldırım vd. (2014) çalışmasında, BRICS ülkelerine rakip olarak görülen ve bazı tahminlerde 2050 yılında G7 ülkeleri GSYH'nin üçte ikisine sahip olacağı belirtilen, içinde Türkiye'nin de yer aldığı Next 11 (Gelecek 11) ülkeleri için enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini incelemişlerdir. Analizde, Di Iorio ve Triacca (2013) tarafından geliştirilen ve ARMA (autoregressive moving average models) kullanan Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Sonuçların sağlamlığı için Toda-Yamamoto nedensellik testi de yapılmış olmakla birlikte, çıkarımları yeni kullanılan model üzerinden olmuştur. Buna göre, sadece Türkiye'de büyüme hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişler, diğer N 11 ülkelerinde değişkenler arasında herhangi bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Tablo 3.1. Toplam Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Çalışmalar

Çalışma	Ülke	Dönem	Değişkenler	Yöntem	Bulgular
Kraft ve Kraft (1978)	ABD	1947-1974	-GSMH -Enerji tüketimi	-Sims nedensellik testi	ET←EB
Akarca ve Long (1980)	ABD	1950-1970	-GSMH -Enerji tüketimi	-Sims nedensellik testi	ET→EB
Yu ve Hwang (1984)	ABD	1947-1979	-GSMH -Enerji Tüketimi -İstihdam	-Sims nedensellik testi	ET→EB
Yu ve Choi (1985)	5 Ülke	1950-1976	-GSMH -Toplam enerji tüketimi	-Sims nedensellik testi -Granger nedensellik testi	ET←EB (Güney Kore) ET→EB (Filipinler) ET→EB (ABD, İngiltere, Polonya)
Erol ve Yu (1987)	6 Ülke	1952-1982	-Reel GSMH -Enerji tüketimi	-Sims nedensellik testi -Granger nedensellik testi	ET←EB (İtalya, Almanya) ET→EB (Kanada) ET→EB (Fransa, İngiltere) ET↔EB (Japonya)
Nachane vd. (1988)	16 ülke	1950-1985	-Kişi başına enerji tüketimi -Kişi başına reel GSYH	Engle Granger eşbütünlük testi Granger nedensellik testi	ET→EB (Fransa, İtalya, İngiltere ve 5 ülke) ET←EB (Portekiz) ET↔EB (Almanya, Japonya ve 5 ülke)
Stern (1993)	ABD	1947-1990	-GSYH -Enerji tüketimi -Sermaye -İstihdam	-Granger nedensellik testi	ET→EB
Cheng (1998)	Japonya	1952-1995	-Reel GSMH -Enerji Tüketimi -Sermaye -İstihdam	-Johansen-Juselius eşbütünlük testi -Hsiao Granger nedensellik testi	ET←EB
Stern (2000)	ABD	1948-1994	-GSYH -Enerji tüketimi -Sermaye -İstihdam	-Johansen eşbütünlük testi -VECM	ET→EB
Soytas vd. (2001)	Türkiye	1960-1995	-Reel GSYH -Enerji tüketimi	-Johansen eşbütünlük testi -VECM	ET→EB

Soytas ve Sari (2003)	G-7 Ülkeleri ve 9 gelişmekte olan ülke	1950-1994	-Kişi başına GSYH -Yıllık enerji tüketimi	-Johansen ve Johansen-Juselius eşbütünleşme testi -VECM -Varyans ayrıştırması	ET→EB (Türkiye, Fransa, Japonya, Almanya) ET←EB (İtalya, Güney Kore) ET↔EB (Arjantin) ET-EB (Kanada, İngiltere, ABD ve 2 ülke)
Altınay ve Karagol (2004)	Türkiye	1950-2000	-Reel GSYH -Enerji tüketimi	-Hsiao Granger nedensellik testi	ET-EB
Sari ve Soytaş (2004)	Türkiye	1969-1999	-Reel GSYH -Toplam enerji tüketimi -Kömür, petrol, hidrolik, asfaltit, linyit, atık ve odun tüketimi -İstihdam	-Genelleştirilmiş Varyans Ayrıştırması	ET-EB
Ghali ve El-Sakka (2004)	Kanada	1961-1997	-Reel GSYH -Toplam enerji tüketimi -Toplam istihdam -Sermaye stoku	-Johansen ve Johansen-Juselius eşbütünleşme testi, -VECM	ET↔EB
Soytas ve Sari (2006)	G-7 Ülkeleri	1960-2004	-Kişi başına reel GSYH -Toplam enerji tüketimi -Reel gayrisafi sabit sermaye oluşumu -Toplam istihdam	-Johansen ve Johansen-Juselius eşbütünleşme testi -VECM -Genelleştirilmiş Varyans Ayrıştırması	ET→EB (ABD, Fransa) ET←EB (Almanya) ET↔EB (Kanada, İtalya, Japonya, İngiltere)
Lee (2006)	11 Ülke	1960-2001	-Kişi başına reel GSYH -Enerji tüketimi	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	ET→EB (Belçika, Kanada, Hollanda, İsviçre) ET←EB (Fransa, İtalya, Japonya) ET↔EB (ABD) ET-EB (Almanya, İngiltere, İsveç)
Chontanawat vd. (2006)	30 OECD ülkesi 78 OECD-dışı ülke	1960-2000	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -Hsiao granger nedensellik testi	ET←EB (Kanada) ET↔EB (Fransa, Almanya, İtalya, Japonya) ET-EB (Türkiye, İngiltere, ABD)
Lee ve Chang (2007)	22 Gelişmiş, 18 Gelişmekte olan ülke	1965-2002 1971-2002	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi	-Panel VAR -GMM	ET↔EB (Gelişmiş ülkeler) ET←EB (Gelişmekte olan ülkeler)

Lise ve Montfort (2007)	Türkiye	1970-2003	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına toplam birincil enerji tüketimi -Toplam nüfus	-Engle-Granger eşbütünlüşme testi -ECM	ET←EB
Mahadevan ve Asafu-Adjaye (2007)	20 net enerji ithalatçı ve ihracatçı ülke	1971-2002	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi -Tüketici fiyat endeksi	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel VECM -Johansen eşbütünlüşme testi -VECM	ET↔EB (İngiltere, Japonya, ABD ve Gelişmiş ülkeler) ET→EB (kısa dönem)
Jobert ve Karanfil (2007)	Türkiye	1960-2003	-Reel GSMH -Sanayi katma değeri -Enerji tüketimi	-Johansen eşbütünlüşme testi -Granger nedensellik testi	ET→EB
Zachariadis (2007)	G-7 ülkeleri	1965-2004 1960-2004	-Reel GSYH -Birincil enerji tüketimi, -Toplam nihai enerji tüketimi (konut, sanayi, hizmet ve ulaşım) -Reel harcanabilir gelir -Reel hanehalkı nihai tüketim harcamaları -Sanayi ve hizmet sektörünün katma değeri	-ARDL -VECM -Toda-Yamamoto nedensellik testi	Toda-Yamamoto; ET←EB (Kanada, İngiltere) ET→EB (Japonya) ET→EB (Fransa, Almanya, İtalya, ABD)
Ang (2007)	Fransa	1960-2000	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına ticari enerji tüketimi -Kişi başına CO ₂	-Johansen eşbütünlüşme testi -VECM	ET←EB (uzun dönem) ET→EB (kısa dönem)
Narayan ve Smyth (2008)	G-7 ülkeleri	1972-2002	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi -Kişi başına gayri safi sabit sermaye oluşumu	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel Granger nedensellik testi	ET→EB
Erdal vd. (2008)	Türkiye	1970-2006	-Reel GSMH -Birincil enerji tüketimi	-Johansen eşbütünlüşme testi -Pair-wise Granger nedensellik testi	ET↔EB
Lee vd. (2008)	22 OECD ülkesi	1960-2001	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi -Kişi başına net sermaye stoku	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel VECM	ET↔EB

Bowden ve Payne (2009)	ABD	1949-2006	-Reel GSYH -Birincil enerji tüketimi (toplam, ticari, endüstriyel, konut ve ulaşım) -Reel gayrisafi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	ET→EB (Sanayi) ET↔EB (Ticari, konut) ET—EB (Toplam, ulaştırma)
Aytaç (2010)	Türkiye	1975-2006	-GSMH -Toplam birincil enerji tüketimi -Toplam sabit sermaye yatırımları -Toplam istihdam	-VAR -Granger nedensellik testi	ET—EB
Belke vd. (2010)	25 OECD ülkesi	1981-2007	-Kişi başına reel GSYH -Nihai enerji tüketimi -Enerji fiyat endeksi	-Panel eşbütünleşme testi -Panel Granger nedensellik testi	ET↔EB
Balcılar vd. (2010)	G-7 ülkeleri	1960-2006 1971-2006	-Reel GSYH -Toplam enerji tüketimi	-Bootstrap Granger nedensellik testi	ET→EB (Kanada) ET—EB (G6)
Ozturk vd. (2010)	Düşük, Orta ve Üst Orta Gelirli 51 Ülke	1971-2005	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi	-Panel eşbütünleşme testi -Panel nedensellik testi -Panel FMOLS ve DOLS	ET←EB (düşük gelirli ülkeler) ET↔EB (orta ve üst orta gelirli ülkeler)
Lee ve Chien (2010)	G-7 ülkeleri	1960-2001 1971-2001 1965-2001	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi -Kişi başına reel net sermaye stoku	-Toda-Yamamoto nedensellik testi -Genelleştirilmiş varyans ayrıştırması	ET→EB (Kanada, İtalya, İngiltere) ET←EB (Fransa, Japonya) ET—EB (Almanya, ABD)
Costantini ve Martini (2010)	26 OECD ülkesi, 45 OECD-dışı ülke	1960-2005	-Enerji tüketimi değişkenleri -Enerji fiyatı değişkenleri -Ekonomik sektör değişkenleri	-Panel eşbütünleşme testi -Panel VECM	ET↔EB (OECD) ET→EB (71 ülke ve OECD-dışı)
Güvenek ve Alptekin (2010)	25 OECD ülkesi	1980-2005	-GSYH -Enerji tüketimi	-Panel eşbütünleşme testi	ET←EB
Magazzino (2011)	İtalya	1970-2009	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi	-Johansen-Juselius eşbütünleşme testi -ECM	ET→EB (kısa dönem) ET↔EB (uzun dönem)
Yıldırım ve Aslan (2012)	17 OECD ülkesi	1970-2009	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi -Gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Toda-Yamamoto nedensellik testi -Bootstrap corrected nedensellik testi (Hacker ve Hatemi-J, 2006)	ET→EB (Japonya) ET←EB (Kanada) ET↔EB (İtalya) ET—EB (Almanya, Fransa, Türkiye, İngiltere ABD)

Fuinhas ve Marques (2012)	Türkiye, Portekiz, İtalya, Yunanistan, İspanya	1965-2009	-GSYH -Birincil enerji tüketimi	ARDL	ET↔EB
Narayan ve Popp (2012)	93 ülke	1980-2006	-Reel GSYH -Enerji tüketimi	-Panel eşbütünleşme testi -Panel nedensellik testi	ET↑→EB↓ (panel G6)
Apergis ve Tang (2013)	85 ülke	1975-2007	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi -İstihdam -Kentleşme	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	ET→EB (Almanya hariç G7 ülkeleri)
Bozoklu ve Yilanci (2013)	20 OECD ülkesi	1965-2011	-Reel GSYH -Enerji tüketimi	-Frequency domain Granger nedensellik testi	ET←EB (Kanada, İtalya, Japonya, İngiltere, ABD) geçici ET←EB (Almanya, İtalya, Japonya, ABD) sürekli ET→EB (İtalya) geçici ET→EB (İtalya, Japonya) sürekli
Yıldırım vd. (2014)	11 ülke	1971-2010	-Kişi başına GSYH -Kişi başına enerji tüketimi -Gayri safi sermaye oluşumu	-ARMA Granger nedensellik testi	ET→EB (Türkiye) ET—EB (10 ülke)
Smiech ve Papiez (2014)	25 AB üyesi ülke	1993-2011	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına enerji tüketimi -Kişi başına reel gayri safi sermaye oluşumu -İşgücüne katılım oranı	-Bootstrap panel Granger nedensellik (Konya, 2006)	ET→EB (2 ülke) ET←EB (Fransa ve 3 ülke) ET↔EB (2 ülke) ET—EB (İtalya, Almanya, İngiltere ve 14 ülke)
Saidi vd. (2017)	53 ülke	1990-2014	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına gayri safi sermaye oluşumu -Kişi başına birincil enerji tüketimi -İstihdam -Doğrudan yabancı sermaye akımı	-Panel eşbütünleşme testi -VECM	ET↔EB

Not: Tabloda yer alan ET; toplam enerji tüketimini, EB; ekonomik büyümeyi ifade etmektedir. →, ←, ↔ işaretleri değişkenler arasında var olan nedensellik ilişkisinin yönünü gösterirken, – işareti değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir.

3.2.2.2. Fosil Enerji Tüketimi

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen literatürde, toplam enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin incelenmesinden sonra, ayrıştırılmış enerji türleri itibariyle enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini araştıran çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar ayrıştırılmış enerji türlerinin etkilerini incelemektedir. Ancak yarı toplulaştırılmış, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi veya fosil enerji tüketiminin ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar literatürde daha azdır. Fosil ve fosil olmayan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin incelendiği çalışmamızda, bu bakımdan fosil enerji türleri ve fosil olmayan enerji türleri ile ekonomik büyüme ilişkisinin incelendiği çalışmaların özeti bu kısımda sunulmaktadır.

Fosil enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkinin, ayrıştırılmış enerji kaynakları düzeyinde incelenmesi, fosil yakıt tüketimi genel ekonomik faaliyetler üzerinde farklı etkilere sahip olabileceğinden, toplulaştırılmış verilerle yapılan çalışmalarda gizlenebilecek olan etkilerin belirlenmesini sağlamaktadır. Payne (2011a) çalışmasında, kapsamlı enerji ve çevre politikalarının oluşturulması ve uygulanmasında ayrıştırılmış verilerin kullanılmasının önemini vurgulamıştır (Payne, 2011a: 67). Fosil enerji kaynakları günümüzde hala en önemli enerji kaynaklarıdır ve yapılan tahminlerde de önemini korumaya devam edeceği görülmektedir. Bununla birlikte, enerji arz güvenliği ve küresel ısınma gibi konularda katkıları göz önüne alındığında fosil enerji kaynakları, sadece ileri araştırmaları değil alternatif test yöntemlerini de kullanarak daha doğru sonuçlara ulaşılmasını da gerekli kılar (Wolde-Rufael, 2010a: 160). Nazlioglu vd. (2011) çalışmasında panel tekniklerinin yanında zaman serisi tekniklerini kullanarak da nedensellik ilişkisini incelemişler ve kullanılan ekonometrik yöntemin enerji tüketimi-ekonomik büyüme ilişkisinin varlığını ve yönünü değiştirdiğini ortaya koymuşlardır.

Sürdürülebilir enerji için, enerji üretiminde enerji kullanımının ve meydana getirdiği emisyonun azaltılması bir gerekliliktir ve bunu sağlamada enerji verimliliği, doğa ve toplum baskısı, teknolojik gelişmeler, serbestleştirilmiş enerji piyasalarının faydaları olabilmektedir (Sadorsky, 2009a: 456). Enerji ve çevre sorunları ile mücadele etmek için uygulanacak öncelikli politikalardan biri, enerji kaynaklarının çeşitlendirmek ve sera gazı salınımı olmayan, güvenli ve ucuz enerji arzını sağlayabilmektir. Petrol fiyatı istikrarsızları, petrol ithal bağımlılığı gibi günümüz sorunlarının yanında rezerv ömrünün azalması gibi yakın gelecek sorunlarının çözümü için arayışlar önem taşımaktadır (Lee

ve Chiu, 2011a: 236). Bununla birlikte, yapılan çalışmalarda ortaya koyulan GSYH'den enerji tüketimine doğru uzun dönem tek yönlü nedensellik ilişkileri, hızlı büyüyen ya da toparlanma aşamasında olan ekonomilerde, CO₂ emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik ek çabaların ve önlemlerin gerekli olduğuna da işaret etmektedir (Oh ve Lee, 2004: 980).

Payne (2011a), fosil enerji tüketiminin, ayrıştırılmış enerji kaynakları düzeyinde, ekonomik büyümeye etkisini 1949-2006 yıllık verilerini kullanarak, ABD için Toda-Yamamoto nedensellik testini sınamıştır. Kömür tüketimi ile GSYH arasında herhangi bir ilişki olmadığı yansızlık hipotezi, doğal gaz ve büyüme arasında reel GSYH'den doğalgaz tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi ile saklama hipotezi ve petrol tüketiminden reel GSYH'ye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu büyüme hipotezini destekler sonuçlara ulaşılmıştır. Kömür tüketimi ile büyüme arasında ilişkinin olmaması ve doğalgaz tüketiminde saklama hipotezinin geçerliliği, enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik uygulanabilecek enerji tasarrufu ve talep yönetimi politikalarının büyüme üzerine etkisi olmayabileceğini göstermekte, büyüme hipotezinin desteklendiği petrol tüketimde ise tüketimin azaltılması büyüme üzerinde olumsuz etki edeceğini ortaya koymaktadır (Payne, 2011a: 66-67).

Al-mulali (2014) panel hata düzeltme modeli ile 30 nükleer enerji kullanan ülkede yaptığı çalışmada, fosil enerjinin alternatifi olarak görülen nükleer enerjiyi de içerecek şekilde; nükleer enerji tüketimi, fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kısa dönemde GDP ile fosil enerji tüketimi arasında karşılıklı pozitif bir ilişki ve fosil enerji tüketimi ile nükleer enerji tüketimi arasında karşılıklı negatif ilişki bulmuştur. Uzun dönemde bütün değişkenler arasında karşılıklı ilişki olduğu sonucuna varmıştır. Bununla birlikte, nükleer enerji kısa dönemde CO₂ salınımı ile negatif nedensellik ilişkisine sahipken, fosil enerji tüketiminin pozitif nedensellik ilişkisi vardır. Uzun dönemde nükleer enerji tüketimi GSYH'yi CO₂ salınımını etkilemeden arttırırken, fosil enerji tüketiminin GSYH ile birlikte CO₂ salınımını da arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Benzer şekilde, Akhmat ve Zaman (2013) dünyanın en yoğun nüfusunun olduğu coğrafik bölge olan Güney Asya'nın 8 ülkesinde, ticari enerji tüketimi (petrol, doğalgaz, kömür ve elektrik) ile birlikte nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel nedensellik analizi ile incelemiştir. Buna göre nükleer enerji tüketimi Bangladeş, Pakistan ve Nepal'de ekonomik büyümenin Granger nedeni iken, petrol

tüketimi Bangladeş, Nepal, Butan, Maldivler ve Sri Lanka'da ekonomik büyümenin nedeni, doğalgaz tüketimi Bangladeş, Butan, Hindistan, Maldivler'de ekonomik büyümenin nedeni, kömür tüketimi de Bangladeş, Butan, Nepal, Pakistan ve Sri Lanka'da ekonomik büyümenin nedeni bulunmuştur. Bununla birlikte sonuçlar genel olarak, nükleer enerji tüketimi-ekonomik büyüme ve ticari enerji tüketimi-ekonomik büyüme nedensellik ilişkisinin çoğu ülkede tarafsızlık hipotezini desteklediğini ortaya koymuştur.

Bildirici ve Bakırtaş (2014) fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi fosil enerji kaynakları düzeyinde BRIC ülkeleri eklediği Türkiye ve Güney Afrika ile BRICTS olarak adlandırdığı 6 ülke için incelemiştir.

Bloch vd. (2015) çalışmasında arz yanlı yaklaşım ve talep yanlı yaklaşımı kullanarak Çin'de petrol, kömür ve yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme ve CO2 emisyonlarının ilişkisini incelemiş, yakıt ikamesinin uygulanabilir etkilerini kontrol etmiştir. İki yaklaşımda da kömür petrol ve yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı ilişkinin olduğu, dolayısıyla fosil kökenli enerji tüketimini azaltmanın ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyeceği sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte, talep yanlı yaklaşım analizinde kömür fiyatları, petrol fiyatları ve kömür-petrol fiyat endeksinin esnekliğini negatif olduğunu ve fiyat artışlarının tüketimi düşürdüğünü bulmuşlardır. Kömür tüketiminden CO2 emisyonlarına tek yönlü nedensellik ilişkisi ve yenilenebilir enerjinin kirlilik üzerine negatif etkisi varken petrolün önemsiz bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Çin'de kömürün ucuz enerji kaynağı olmasını önleyecek karbon vergisi gibi politikalar uygulanması veya kömür ve petrolün uluslararası piyasalarda fiyatlarının artması ile enerji kaynağı ikamesini gerçekleştirebilir ve artan yenilenebilir enerji tüketimi ile emisyonlar azaltılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

3.2.2.2.1. Petrol Tüketimi

Ulaştırma ve sanayi sektörlerinde büyük ölçüde petrolün kullanılması; imalat, inşaat ve taşımacılık sanayilerindeki üretim için petrol talebi, kısa ve uzun vadede petrol tüketimini ekonominin önde gelen bir faktörü haline getirmektedir. Yeni sanayileşen ülkeler için petrol, ekonomik gelişmenin önemli bir bileşeni olduğundan, petrol tüketiminin azaltılması gelir ve istihdamda düşüşe sebep olabilir (Aktaş ve Yılmaz, 2008: 53). Sanayileşmiş ülkelerdeki ana enerji kaynağı olan petrol, ekonomik büyümenin sürdürülebilmesi için oldukça önemlidir. Ancak, CO₂ emisyonu, petrol fiyatlarının oynaklığı ve artış eğiliminde olması gibi sebepler ekonomileri alternatif enerji kaynakları

bulmaya yönlendirmiştir (Chu ve Chang, 2012: 762). Artan enerji talebini karşılayabilmek, bunu yaparken de çevre ve doğaya zarar vermeyen enerji kaynakları arayışı, teknolojik gelişmelerin de kullanılmasıyla birlikte yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını beraberinde getirmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak birçok sektörde kullanılan petrol tüketiminde düşüş sağlanabilse (elektrik, ısınma, vb.) de ulaştırma sektöründe petrol tüketiminin azaltılması, en az aynı verimlilik ve etkinlikte bir ikame yakıtın kullanılmasıyla mümkün olacaktır. Dolayısıyla, enerji kaynağı olarak petrol hala önemini korumaktadır. Petrol tüketiminin ekonomik büyüme ile ilişkisi bu açıdan ekonomiler için önemli bulgular ortaya koyacaktır.

Karagöl vd. (2006) Türkiye için, 1971-2003 döneminde, Johansen-Juselius eşbütünleşme testi ve vektör hata düzeltme modeli ile analiz ettikleri petrol tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinde, kısa dönemde değişkenler arasında nedensellik olmadığını, uzun dönemde ise ekonomik büyümeden petrol tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu tespit etmişlerdir. Aktaş ve Yılmaz (2008) ise, 1970-2004 verileriyle inceledikleri çalışmalarında, Johansen eşbütünleşme testi ve hata düzeltme modelini kullanarak, petrol tüketimi ve GSMH serileri eşbütünleşik olduğunu ancak, hem uzun dönem hem de kısa dönemde petrol tüketimi ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir.

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi analizinde serilere uygulanan birim kök testleri enerji politikalarının belirlenmesinde oldukça önemlidir. Tüketim serilerinin durağan olup olmaması meydana gelen şokların etkilerinin kalıcı ve geçici olduğunu göstermekte ve uygulanabilecek olan enerji tasarrufu veya talep yönetimi gibi politikaların etkilerinin nasıl olacağı hakkında bilgi vermektedir. Bu noktada, petrol tüketiminin durağan olması, akaryakıt standartları, ithal araçlar ve yakıtlar üzerindeki tarife, akaryakıttaki karbon vergisi ve tüketim vergisi gibi (şoklar) petrol tüketimini azaltmak için tasarlanan enerji tasarrufu ve talep yönetimine ilişkin politikaların etkisi kısa vadeli olacak ve bu geçici etkiler ortadan kalkıp tüketim serisi trendine geri dönecektir (Apergis ve Payne, 2010a: 6376).

Zou ve Chau (2006) kısa vadede petrol tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik, uzun vadede ise karşılıklı nedensellik ilişkisi bulmuşlardır.

Tablo 3.2. Petrol Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Çalışmalar

Çalışma	Ülke	Dönem	Değişkenler	Yöntem	Bulgular
Zou ve Chau (2006)	Çin	1953-2002	-Reel GSYH -Petrol tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -Granger nedensellik testi (VAR, ECM)	PT→EB (Kısa dönem) PT↔EB (Uzun dönem)
Karagöl vd. (2006)	Türkiye	1971-2003	-Reel GSMH -Petrol tüketimi	-Johansen-Juselius eşbütünleşme testi -VECM	EB→PT (Kısa dönem) EB→PT (Uzun dönem)
Yoo (2006a)	Kore	1968-2002	-Reel GSYH -Petrol tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -ECM	PT↔EB
Aktaş ve Yılmaz (2008)	Türkiye	1970-2004	-Petrol tüketimi -GSMH	-Johansen eşbütünleşme testi -ECM	PT↔EB
Zhao vd. (2008)	Çin	1963-2005	-GSYH -Toplam istihdam -Toplam petrol tüketimi	-Johansen ve Johansen-Juselius eşbütünleşme testi -Granger nedensellik testi -VECM	PT↔EB
Bhusal (2010)	Nepal	1975-2009	-GSYH -Petrol tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -ECM	PT↔EB
Zikovic ve Vilahinic-Dizdarevic (2011)	8 Gelişmiş ve 14 Gelişmekte Olan Avrupa Ülkesi	1980-2007 1993-2007	-Reel GSYH -Petrol tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -ECM	EB→PT (Belçika, Danimarka, İrlanda, Norveç, İsveç, Hırvatistan, Letonya, Litvanya, Moldova, Slovenya) PT→EB (Avusturya, Çekya, Slovakya, Malta, Bulgaristan, Bosna Hersek)
Payne (2011a)	ABD	1949-2006	-Petrol tüketimi -Reel GSYH -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Toplam sivil istihdam	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	PT→EB
Al-mulali (2011)	MENA ülkeleri	1980-2009	-GSYH -Petrol tüketimi -Enerji tüketimi kaynaklı CO ₂ emisyonu	-Panel eşbütünleşme testi (Pedroni, Kao, Johansen Fisher) -Panel nedensellik testi	PT↔EB

Behmiri ve Manso (2012a)	27 OECD ülkesi	1976-2009	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına petrol tüketimi -Reel Brent ham petrol fiyatları -Döviz kuru endeksi	-Panel eşbütünleşme testi (Pedroni, Kao) -FMOLS -Panel nedensellik testi	PT↔EB
Behmiri ve Manso (2012b)	Portekiz	1980-2009	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına ham petrol tüketimi -Reel Brent ham petrol spot fiyatları	-Johansen eşbütünleşme testi -VECM -Toda-Yamamoto nedensellik testi	PT↔EB
Chu ve Chang (2012)	G-6 ülkeleri	1971-2010	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına nükleer enerji tüketimi -Kişi başına petrol tüketimi	-Bootstrap panel nedensellik testi	PT→EB (Almanya, Japonya) EB→PT (ABD) PT-EB (Kanada, Fransa, İngiltere)
Chu (2012)	49 ülke	1970-2010	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına petrol tüketimi	-Bootstrap panel nedensellik testi	PT→EB (5 ülke (İtalya, Japonya)) EB→PT (13 ülke) PT↔EB (7 ülke (Almanya)) PT-EB (24 ülke (Fransa, İngiltere))
Behmiri ve Manso (2013)	23 Sahra Altı Afrika ülkesi	1985-2011	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına ham petrol tüketimi -Reel Brent ham petrol spot fiyatları	-Pedroni panel eşbütünleşme testi -FMOLS -Panel VECM	PT↔EB (Petrol ithal eden bölge, kısa ve uzun dönem) PT→EB (Petrol ihraç eden bölge, kısa dönem) EB↔PT (Petrol ihraç eden bölge, uzun dönem)
Lim vd. (2014a)	61 ülke	1990-2008	-Kişi başına GSYH -Kişi başına petrol tüketimi -Uluslararası petrol fiyatı	-Sabit ve Rassal etkiler modelleri	EB→PT
Bildirici ve Bakırtaş (2014)	BRICS ülkeleri ve Türkiye	1980-2011	-Reel GSYH -Petrol tüketimi -Kömür tüketimi -Doğal gaz tüketimi	-ARDL -ECM	PT↔EB
Behmiri ve Manso (2014)	Latin Amerika ülkeleri	1980-2012	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına ham petrol tüketimi -Reel ham petrol fiyatı	-Pedroni panel eşbütünleşme testi -FMOLS -Panel nedensellik testi, VECM	PT↔EB (Karayipler, Orta Amerika ve Güney Amerika ülkeleri, kısa dönem) EB-PT (Karayipler ve Güney Amerika ülkeleri, uzun dönem) PT→EB (Orta Amerika ülkeleri, uzun dönem)
Park ve Yoo (2014)	Malezya	1965-2011	-GSYH -Petrol tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -ECM	PT↔EB

Lim vd. (2014b)	Filipinler	1965-2012	-Reel GSYH -Petrol tüketimi -CO ₂ emisyonu	-Johansen eşbütünleşme testi -ECM	PT↔EB
Omri vd. (2015)	18 MENA ülkesi	1995-2011	-Reel GSYH -Toplam istihdam -Sermaye stoku -Toplam turist sayısı -Petrol tüketimi -CO ₂ emisyonu -Siyasi istikrarsızlık endeksi	-Statik ve Dinamik Panel Tahmini -GMM	PT→EB
Ziramba (2015)	Güney Afrika	1970-2008	-Reel GSYH -Petrol tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu	-Engle-Granger eşbütünleşme testi -Toda-Yamamoto nedensellik testi	PT→EB
Bloch vd. (2015)	Çin	1977-2013 1965-2011	-Reel GSYH -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam -Kömür, petrol ve yenilenebilir enerji tüketimi	-ARDL -Johansen ve Johansen-Juselius eşbütünleşme testi -VECM	PT↔EB (Uzun dönem)
Tamba vd. (2017)	Kamerun	1975-2014	-Kişi başına GSYH -Benzin tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -Granger nedensellik testi	PT↔EB
Sen ve Uzunoğlu (2017)	Türkiye	1965-2013	-Reel GSYH -Petrol tüketimi	-ARDL -FMOLS ve CCR -Asimetrik nedensellik testi	EB ⁻ →PT ⁻ EB ⁺ →PT ⁻ PT ⁺ →EB ⁺
Saboori vd. (2017)	Çin, Japonya, Güney Kore	1980-2013	-Ekonomik büyüme -CO ₂ emisyonu -Kişi başına petrol tüketimi -Ticarete açıklık -Kentleşme oranı	-Granger nedensellik testi -Johansen eşbütünleşme testi -Genelleştirilmiş etki-tepki fonksiyonları -Varyans ayrıştırması	PT→EB (Çin) PT↔EB (Güney Kore ve Japonya)

Not: Tabloda yer alan PT; petrol tüketimini, EB; ekonomik büyümeyi ifade etmektedir. →, ←, ↔ işaretleri değişkenler arasında var olan nedensellik ilişkisinin yönünü gösterirken, - işareti değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir.

3.2.2.2.2. Doğal Gaz Tüketimi

Fosil enerji kaynakları içinde yer alan doğal gaz, sahip olduğu karakteristik özellikleri ile diğer fosil yakıtlardan ayrılmaktadır. Dünyanın çoğu ülkesinde elektrik üretiminde ve sanayi sektöründe önemli bir paya sahiptir. Elektrik gibi depolanabilir olması, elektrik santral kurulumunun diğer fosil kaynak elektrik santrallerine nazaran daha az zamanda yapılabilmesi, daha verimli ve karbon emisyonuna katkısı diğer fosil enerji kaynaklarına göre çok daha az olması gibi nedenlerle doğal gaz ön plana çıkmaktadır. Nitekim, gelişmiş ülkelerin doğal gaz kullanımı, gelişmekte olan ülkelerin ise kömür kullanımının daha yüksek miktarda olduğu dikkat çekmektedir (Kum vd., 2012: 2362; Destek, 2016: 1007). Bu kapsamda, literatürde enerji türlerinin etkilerini ve sektörlerin analizini ayrı yapan çalışmalar giderek artmaktadır.

Işık (2010) doğal gaz tüketiminin kısa dönemde ekonomik büyümeyi olumlu etkilediğini, uzun dönemde ise olumsuz etkilediğini bulmuştur. Dolayısıyla Türkiye'nin ekonomik büyüme performansını arttırması ve sürdürülebilmesi için alternatif düşük maliyetli doğal gaz sağlaması gerekliliğini vurgulamıştır (Işık. 2010: 452). Doğan (2015), emek ve sermaye değişkenlerini dahil ederek kurduğu modelde, iki değişkenli modelle doğal gaz tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini analiz eden Işık (2010)'dan farklı olarak doğal gaz tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensellik ilişkisinin olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde, Bildirici ve Bakırtaş (2014) BRICTS ülkeleri için yaptığı analizde Türkiye'nin doğal gaz tüketimi ve ekonomik büyümesi arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi olduğunu bulmuştur.

Kum vd. (2012) çalışmasında, doğal gaz tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini 1970-2008 döneminde G7 ülkeleri için bootstrap-corrected nedensellik testi ile incelemişlerdir. Buna göre, İtalya'da doğal gaz tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi ile büyüme hipotezi desteklenirken, İngiltere için tam ters yönlü bir ilişkinin olduğu, saklama hipotezini destekleyen sonuçlara ulaşmışlardır. Fransa, Almanya ve ABD'de ise karşılıklı nedensellik ilişkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Kanada ve Japonya için yansızlık hipotezi geçerli olup, doğal gaz tüketimi ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkiye sahip değildir. Farhani (2014b) Fransa için yaptığı analizde Kum vd. (2012) ile tutarlı bir sonuca ulaşmış ve karşılıklı nedensellik ilişkisi olduğunu bulmuştur. Furuoka (2016), Japonya ve Çin için yaptığı analizde Japonya için geri besleme hipotezinin geçerli olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Destek (2016) ise, Japonya'da büyüme hipotezinin desteklendiği, doğal gaz tüketiminden ekonomik

büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmiştir. Bununla birlikte, İtalya ve İngiltere’de karşılıklı nedensellik ilişkisi, Kanada’da ise ekonomik büyümeden doğal gaz tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulgularına ulaşmıştır. Chang vd. (2016) çalışması G7 ülkelerini 1965-2011 dönemi için, Emirmahmutuoğlu ve Köse (2011) tarafından geliştirilen panel nedensellik testi ile incelemiş ve G7 ülkelerinde doğal gaz tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki olmadığı panel sonucuna ulaşmışlardır. Ülke bazında ise sadece İngiltere’de, ekonomik büyümeden doğal gaz tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Rafindadi ve Ozturk (2015) çalışması doğal gaz tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini, Malezya’da 1971-2012 dönemi için ARDL ve Bayer-Hanck eşbütünleşme testleri ve Granger nedensellik testi ile incelemişler, doğal gaz tüketimi ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Aynı zaman aralığı için, Solarin ve Shahbaz (2015) tarafından Bayer-Hanck eşbütünleşme testi ve vektör hata düzeltme modeli ile incelenen Malezya’da geri besleme hipotezini destekleyen aynı sonuca ulaşılmıştır.

Solarin ve Ozturk (2016) çalışmasında 12 OPEC ülkesi için 1980-2012 döneminde doğal gaz tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından geliştirilen panel Granger nedensellik testi ile incelemişlerdir. Buna göre, OPEC üyesi 12 ülkede, nedensellik testinin panel sonucu karşılıklı bir nedensellik ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir. Ülke sonuçları ise farklılık göstermektedir. Buna göre, Irak, Kuveyt, Libya ve Suudi Arabistan’da doğal gaz tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmakla birlikte, Cezayir, İran, BAE ve Venezüella’da ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi sunucuna ulaşarak saklama hipotezi desteklenmiştir. Ekvator için karşılıklı nedensellik ilişkisi bulunmuş ve son olarak Angola ve Katar’da değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olduğuna dair bulguya ulaşamamıştır. Büyüme hipotezinin desteklendiği ülkelerin genel ortak özelliklerinin doğal gazın optimal kullanımının gerçekleşmemesi olduğunu ve doğal gazın diğer fosil yakıtlarla ikame edilmesinin makul bir politika olacağını belirtmişlerdir. Saklama hipotezinin desteklendiği ülkelerin ise doğal gaz ithal eden veya tüketimi sübvansiyon eden ülkeler olduğu tespiti yapılmış ve bu ülkelerin doğal gaz kullanımını sınırlandırıp (sübvansiyonlar nedeniyle), ülke kaynaklarını daha verimli alanlarda kullanmaları gerektiği belirtilmiştir.

Tablo 3.3. Doğal Gaz Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Çalışmalar

Çalışma	Ülke	Dönem	Değişkenler	Yöntem	Bulgular
Aqeel ve Butt (2001)	Pakistan	1955-1996	-Doğal gaz tüketimi -Kişi başına reel GSYH	-Engle-Granger eşbütünleşme testi -Hsiao granger nedensellik testi	DT→EB
Ghosh ve Basu (2006)	Hindistan	1970-2002	-Doğal gaz tüketimi -GSYH	-Johansen ve Johansen-Juselius eşbütünleşme testi -Granger nedensellik testi	EB→DT
Işık (2010)	Türkiye	1977-2008	-Doğal gaz tüketimi -Reel GSYH	-ARDL eşbütünleşme testi -ECM	DT→EB ⁺ (Kısa dönem) DT→EB ⁻ (Uzun dönem)
Apergis ve Payne (2010b)	67 ülke	1992-2005	-Doğal gaz tüketimi -Reel GSYH -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Pedroni eşbütünleşme testi -Panel FMOLS -Panel Granger nedensellik testi	DT↔EB
Payne (2011a)	ABD	1949-2006	-Doğal gaz tüketimi -Reel GSYH -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	EB→DT
Kum vd. (2012)	G7 ülkeleri	1970-2008	-Doğal gaz tüketimi -Reel GSYH	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	DT→EB (İtalya) DT←EB (İngiltere) DT↔EB (Fransa, Almanya, ABD) DT→EB (Kanada, Japonya)
Lim ve Yoo (2012)	Güney Kore	1991:1-2008:2	-Doğal Gaz Tüketimi -Reel GSYH -CPI	-Johansen eşbütünleşme testi -VECM Granger nedensellik testi	DT↔EB
Das vd. (2013)	Bangladeş	1980-2010	-Doğal gaz tüketimi -Reel GSYH	-Johansen eşbütünleşme testi -Granger nedensellik testi	DT←EB
Heidari vd. (2013)	İran	1972-2007	-Doğal gaz tüketimi -Reel GSYH -Reel gayri safi sabit sermaye -İstihdam	-ARDL -ECM	DT↔EB

Shahbaz vd. (2013)	Pakistan	1972-2010	-Reel GSYH -Doğal gaz tüketimi -Reel sermaye -İstihdam -Reel ihracat	-ARDL ve Johansen eşbütünleşme testi -Varyans ayrıştırması	DT→EB
Shahbaz vd. (2014)	Pakistan	1972:1-2011:4	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına doğal gaz tüketimi -Kişi başına reel sermaye birikimi -Kişi başına istihdam	-ARDL eşbütünleşme -Granger nedensellik testi	DT↔EB
Bildirici ve Bakırtaş (2014)	BRICS ülkeleri ve Türkiye	1980-2011	-Doğal gaz tüketimi -Kişi başına reel GSYH	-ARDL ve Johansen eşbütünleşme testi -Granger nedensellik testi	DT↔EB (Brazilya, Rusya, Türkiye)
Farhani vd. (2014a)	Tunus	1980-2010	-Doğal gaz tüketimi -Reel GSYH -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Toplam ticaret	-ARDL eşbütünleşme testi -Toda-Yamamoto nedensellik testi	DT↔EB
Farhani vd. (2014b)	Fransa	1970-2010	-Kişi başına doğal gaz tüketimi -Kişi başına reel GSYH -Kişi başına reel ihracat -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Kişi başına istihdam	-ARDL eşbütünleşme testi -VECM Granger nedensellik testi	DT↔EB
Lach (2015)	Polonya	2000:1-2009:4	-Reel GSYH -Petrol tüketimi -Doğal gaz tüketimi -İstihdam	-Toda-Yamamoto nedensellik testi -VECM -Doğrusal olmayan Granger nedensellik testi	DT→EB (Kısa dönem) EB→DT (Uzun dönem)
Rafindadi ve Ozturk (2015)	Malezya	1971-2012	-Kişi başına doğal gaz tüketimi -Kişi başına reel GSYH -Kişi başına reel ihracat -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Kişi başına istihdam	-ARDL ve Bayer-Hanck eşbütünleşme testi -Granger nedensellik testi -Varyans ayrıştırması	DT↔EB

Doğan (2015)	Türkiye	1995-2012	-Kişi başına doğal gaz tüketimi -Kişi başına reel GSYH -Kişi başına reel gayri safi sermaye oluşumu -Kişi başına işgücü	-ARDL eşbütünleşme testi -VECM	DT↔EB
Solarin ve Shahbaz (2015)	Malezya	1971-2012	-Kişi başına doğal gaz tüketimi -Kişi başına reel GSYH -Kişi başına reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Kişi başına reel doğrudan yabancı yatırım -Kişi başına reel dışa açıklık	-Bayer-Hanck eşbütünleşme testi -VECM	DT↔EB
Chang vd. (2016)	G7 ülkeleri	1965-2011	-Reel GSYH -Doğal gaz tüketimi	-Bootstrap panel nedensellik testi (Emirmahmutoglu ve Köse)	DT-EB (G6) DT←EB (İngiltere)
Destek (2016)	26 OECD ülkesi	1991-2013	-Kişi başına doğal gaz tüketimi -Kişi başına reel GSYH -Kişi başına reel gayri safi sabit sermaye -Kişi başına ticarete açıklık	-Panel eşbütünleşme testi (Pedroni) -Panel FMOLS ve DOLS -Panel VECM	DT→EB (Panel kısa dönem) DT↔EB (Panel uzun dönem) DT→EB (Fransa, Japonya, Türkiye, ABD) DT←EB (Kanada) DT↔EB (İtalya, İngiltere) DT-EB (Almanya)
Furuoka (2016)	Çin ve Japonya	1980-2012	-Kişi başına doğal gaz tüketimi -Kişi başına reel GSYH -Kişi başına reel ihracat -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Kişi başına istihdam	-ARDL eşbütünleşme testi -Granger nedensellik testi -Toda-Yamamoto nedensellik testi	DT→EB (Çin) DT↔EB (Japonya)
Solarin ve Ozturk (2016)	12 OPEC ülkesi	1980-2012	-Kişi başına doğal gaz tüketimi -Kişi başına reel GSYH	-Panel nedensellik testi (Dumitrescu ve Hurlin)	DT↔EB

Not: Tabloda yer alan DT; doğal gaz tüketimini, EB; ekonomik büyümeyi ifade etmektedir. →, ←, ↔ işaretleri değişkenler arasında var olan nedensellik ilişkisinin yönünü gösterirken, - işareti değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir.

3.2.2.2.3. Kömür Tüketimi

Sanayi devriminin temel faktörü olan kömürü, 19. yüzyılda fazlasıyla kullanan ülkeler günümüzün gelişmiş ekonomileridir. Kömür, enerji kaynakları arasında önemini hala korumaktadır. Rezervlerin dünya genelinde yaygın olması, rezerv ömrünün (114 yıl) diğer fosil enerji kaynaklarına nazaran (petrol 50 yıl, doğal gaz 52 yıl) uzun olması, petrol ve doğal gaz fiyatlarının yüksek olması, kömüre rekabetçi bir avantaj sağlamış, dünya enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olmasını beraberinde getirmiştir (Jinke vd., 2008: 421-22). Özellikle 1973 petrol krizinden sonra enerji ithalatçısı ülkeler enerji arz güvenliğini sağlamak için ucuz ulusal enerji arzına alternatif enerji kaynağı arayışına girmiştir. Kömürün, diğer fosil kaynaklara göre dünya geneline yaygın olması, enerji ithalatı yerine yerli kaynak olarak tercih edilmesi, elektrik üretimindeki payının yüksekliği gibi nedenler kömürü ön plana çıkarmıştır. Güvenilir enerji kaynağı olarak kullanılan kömürün en önemli olumsuz etkisi ise CO₂ emisyonuna ve dolayısıyla küresel ısınmaya yaptığı katkıdır (Wolde-Rufael, 2010a: 160).

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin incelendiği çalışmalardan, ayrıştırılmış enerji tüketimi verisini kullanarak kömür tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini, Tayvan'da 1954-1997 yılları için inceleyen Yang (2000a), kömür tüketiminden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulmuştur. Bununla birlikte, Yang (2000b) aynı zaman periyodu için, toplam enerji tüketimi ve ayrıştırılmış düzeyde kömür, petrol, doğal gaz ve elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmasında, kömür tüketimi toplam enerji tüketimi ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensellik ilişkisi sonucuna ulaşmıştır.

Jinke vd. (2008, 2009) çalışmalarında Japonya için ekonomik büyümeden kömür tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulmuştur. Apergis ve Payne (2010c), panel tekniklerini kullanarak 25 OECD ülkesi için yaptığı çalışmada, kömür tüketimi ile GSYH arasında hem kısa dönemde hem uzun dönemde karşılıklı bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Wolde-Rufael (2010a) en büyük altı kömür tüketen ülkeye, 1965-2005 verileri ile uyguladığı Toda&Yamamoto nedensellik testine göre, Hindistan ve Japonya için kömür tüketiminden ekonomik büyümeye doğru, Çin ve Güney Kore için ekonomik büyümeden kömür tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu tespit etmiştir. Güney Afrika ile ABD'de ise, karşılıklı nedensellik ilişkisinin bulunduğu sonucuna ulaşmıştır.

Bununla birlikte, 1949-2006 yıllık verileri ile fosil ABD’de ayrıştırılmış fosil tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen Payne (2011a), kömür tüketimi ile ekonomik büyüme arasında Wolde-Rufael (2010a)’un aksine ABD’de herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı bulgusuna ulaşmıştır.

Kömür tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen literatürde yapılan çalışmalar daha çok kömürün birincil enerji kaynakları içinde en yüksek paya sahip olduğu ülkeleri incelemiştir. Bu kapsamda Lei vd. (2014), Çin, Almanya, Hindistan, Japonya, Rusya ve ABD olmak üzere, en çok kömür tüketen altı ülkeyi panel tekniklerini kullanarak incelemiştir. Ülke sonuçlarına göre, Çin’de ekonomik büyümeden kömür tüketimine doğru, saklama hipotezini destekleyen, tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunurken, Almanya, Rusya ve Japonya için karşılıklı bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Hindistan ve ABD’de ise herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Yıldırım vd. (2012) çalışmasında, ABD’nin kömür tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi iki yapısal kırılmayı dikkate alan Hatemi-J eşbütünleşme testi ile sorgulanmış, yapısal kırılmaların tespit edildiği zaman aralıklarındaki dönemler için ayrı ayrı nedensellik ilişkisi kontrol edilmiştir. 1973:1-2011:10 döneminde, 1983:4 ve 1998:4 kırılma tarihleri olarak belirlenmiştir. 1973:1-1983:4 döneminde, benzer şekilde ABD’de değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı yansızlık hipotezi sonucuna ulaşılmıştır. İkinci dönem için, saklama hipotezine ve 1998:4-2011:10 son dönemi için ise, karşılıklı nedenselliğin olduğu geri besleme hipotezi sonucuna ulaşılmıştır.

Bildirici ve Bakırtaş (2014) çalışmasında BRICS ülkeleri ve Türkiye’nin kömür tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisine ilişkin sonuçlarına göre, sadece Çin ve Hindistan’da karşılıklı nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Chang vd. (2017) çalışması da BRICS ülkelerini incelemiş olmakla birlikte panel tekniklerini kullanmıştır. Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) tarafından geliştirilen panel nedensellik testi sonucuna göre, kömür tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Ülke bazında sonuçlar dikkate alındığında, Çin için büyüme hipotezi desteklenmiş, Güney Afrika için saklama hipotezi sonucuna ulaşılmış ve Hindistan’da karşılıklı bir nedensellik ilişkisinin olduğunu gösteren geri besleme hipotezi tespit edilmiştir.

Tablo 3.4. Kömür Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisini İnceleyen Çalışmalar

Çalışma	Ülke	Dönem	Değişkenler	Yöntem	Bulgular
Yang (2000a)	Tayvan	1954-1997	-Kişi başına Reel GSMH -Kömür tüketimi	-Engle-Granger eşbütünlüşme testi -Granger nedensellik testi	KT←EB
Wolde-Rufael (2004)	Şangay	1952-1999	-Reel GSYH -Kömür tüketimi	-Toda-Yamamoto Testi	KT→EB
Ghosh ve Basu (2006)	Hindistan	1970-2002	-GSYH -Kömür tüketimi	-Johansen ve Johansen-Juselius eşbütünlüşme testi -Granger nedensellik testi	KT→EB
Yoo (2006b)	Güney Kore	1968-2002	-Reel GSYH -Kömür tüketimi	-Johansen eşbütünlüşme testi. -ECM	KT↔EB
Jinke vd. (2008)	8 ülke	1980-2005	-Reel GSYH -Kömür tüketimi	-Engle-Granger eşbütünlüşme testi -Granger nedensellik testi	KT←EB (Japonya, Çin) KT←EB (Hindistan, Güney Kore ve Güney Afrika)
Jinke vd. (2009)	5 ülke	1980-2005	-Reel GSYH -Kömür tüketimi	-Engle-Granger eşbütünlüşme testi -Granger nedensellik testi	KT←EB (Japonya, Çin) KT←EB (Hindistan, Güney Afrika)
Apergis ve Payne (2010c)	25 OECD ülkesi	1980-2005	-Kömür tüketimi -Reel GSYH -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel nedensellik testi	KT↔EB
Wolde-Rufael (2010a)	6 Büyük kömür tüketen ülke	1965-2005	-Reel GSYH -Kömür tüketimi -Gayrisafi sabit sermaye Oluşumu -İstihdam	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	KT→EB (Hindistan, Japonya) KT←EB (Çin, Güney Kore) KT↔EB (Güney Afrika, ABD)
Apergis ve Payne (2010d)	Gelişmekte olan 15 piyasa ekonomisi	1980-2006	-Kömür tüketimi -Reel GSYH -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel nedensellik testi	KT↔EB
Gurgul ve Lach (2011)	Polonya	2000:1-2009:4	-GSYH -Taş kömürü tüketimi -Linyit tüketimi -Linyit ve taş kömürü toplam tüketimi -İstihdam	-Johansen eşbütünlüşme testi -Toda-Yamamoto testi -Doğrusal ve doğrusal olmayan Granger nedensellik testi	KT←EB (Taş kömürü) KT→EB (Linyit ve toplam kömür)

Jinke ve Zhongxue (2011)	Çin ve Hindistan	1965-2006	-Reel GSMH -Kömür tüketimi	-Engle-Granger eşbütünlüşme testi -Granger nedensellik testi -ECM	EB→KT (Çin) KT→EB (Hindistan)
Payne (2011a)	ABD	1949-2006	-Kömür tüketimi -Reel GSYH -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	KT→EB
Bloch vd. (2012)	Çin	1977-2008 1965-2008	-GSYH -Kömür tüketimi -Gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam -Reel yurtiçi kömür fiyatları -Kişi başına CO ₂ emisyonu	-Johansen ve Johansen-Juselius eşbütünlüşme testi -ECM	KT→EB (arz yanlı) KT↔EB (talep yanlı)
Nasiru (2012)	Nijerya	1980-2010	-Reel GSYH -Kömür tüketimi	-Engle-Granger eşbütünlüşme testi -Granger nedensellik testi	KT←EB
Shahbaz ve Dube (2012)	Pakistan	1972-2009	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına kömür tüketimi -Kişi başına sermaye stoku -İstihdama katılım oranı	-ARDL eşbütünlüşme Testi -VECM	KT↔EB
Li ve Leung (2012)	Çin (Kıyı, Orta ve Batı Bölgeleri - 23 kent)	1985-2008	-Reel GSYH -Kömüt tüketimi	-Panel eşbütünlüşme -Panel ECM	KT←EB (Batı Bölgesi) KT↔EB (Kıyı ve Orta Bölgesi)
Yildirim vd. (2012)	ABD	1973:1-2011:10	-Sanayi üretim endeksi -Sanayi kömür tüketimi -Sanayi istihdam	-Hatemi-J eşbütünlüşme testi -Toda-Yamamoto nedensellik testi	KT→EB (1973:1-1983:4) KT←EB (1983:5-1998:4) KT↔EB (1998:5-2011:10)
Kumar ve Shahbaz (2012)	Pakistan	1971-2009	-Reel GSYH -Reel sermaye stoku -İşgücü -Kömür tüketimi	-ARDL -DOLS ve FMOLS -VECM	KT↔EB
Govindaraju ve Tang (2013)	Çin ve Hindistan	1965-2009	-Kişi başına CO ₂ emisyonu -Kişi başına reel GSYH -Kişi başına kömür tüketimi	-Bayer -Hanck eşbütünlüşme testi -Granger Nedensellik testi	KT←EB (Hindistan) KT↔EB (Çin)

Bildirici ve Bakırtaş (2014)	BRICS ülkeleri ve Türkiye	1980-2011	-Kişi başına reel GSYH -Kömür tüketimi	-ARDL ve Johansen eşbütünleşme testi -Granger nedensellik testi	KT↔EB (Çin ve Hindistan)
Bhattacharya vd. (2014)	Hindistan	1980-2010	-Reel GSYH -Birincil kömür üretimi -Kömür tüketimi -Kömür fiyatları -CO ₂ emisyonu -Toplam sermaye birikimi -İstihdam	-ARDL eşbütünleşme testi -Toda-Yamamoto nedensellik testi -GVDC (Generalized forecast error variance decomposition)	KT↔EB
Lei vd. (2014)	6 Büyük kömür tüketen ülke	2000-2010	-Kömür tüketimi büyüme oranı -Kişi başına GSYH büyüme oranı -CPI (Kömür fiyatları-TÜFE)	-Panel eşbütünleşme -Panel VECM	KT←EB (Çin) KT↔EB (Almanya, Rusya, Japonya) KT-EB (Hindistan, ABD)
Bloch vd. (2015)	Çin	1977-2013 1965-2011	-Reel GSYH -Kömür tüketimi -Petrol tüketimi -Yenilenebilir enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İşgücü -Fisher fiyat endeksi (petrol ve kömür için) -CO ₂ emisyonu	-ARDL -Johansen ve Johansen-Juselius eşbütünleşme testi -VECM	KT↔EB
Shahbaz vd. (2015a)	Çin ve Hindistan	1971-2011	-Kişi başına reel sanayi çıktısı -Kişi başına sanayi kömür tüketimi -Kişi başına sanayi CO ₂ emisyonu	-Bayer ve Hanck eşbütünleşme testi -VECM Granger nedensellik	KT←EB (Çin, uzun dönem) KT←EB (Hindistan, kısa dönem)
Kim ve Yoo(2016)	Endonezya	1965-2010	-Reel GSYH -Kömür tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -ECM	KT↔EB
Chang vd. (2017)	BRICS	1985-2009	-Reel GSYH -Kömür tüketimi	-Panel nedensellik testi (Emirmahmutoğlu ve Köse (2011))	KT-EB (panel) KT→EB (Çin) KT←EB (Güney Afrika) KT↔EB (Hindistan)

Not: Tabloda yer alan KT; kömür tüketimini, EB; ekonomik büyümeyi ifade etmektedir. →, ←, ↔ işaretleri değişkenler arasında var olan nedensellik ilişkisinin yönünü gösterirken, - işareti değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir.

3.2.2.3. Fosil Olmayan Enerji Tüketimi

Fosil enerji kaynaklarının rezerv ömürleri, canlı yaşamını etkileyen çevresel dışsallıklar gibi, önceki bölümlerde değinilen olumsuz özellikleri sebebiyle alternatif enerji kaynaklarının, ülkelerin enerji bileşimindeki payını yükseltme eğilimindedir. İklim değişikliğine sebep olan sera gazı emisyonlarının azaltılması için uluslararası ortak işbirliği yapılmakta ve bunun gerçekleştirilebilmesinin yolu, temiz enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşmasından geçmektedir. Bu bakımdan fosil enerji kaynaklarının alternatifleri olarak, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji ön plana çıksa da, nükleer enerjinin önemli kaza riskleri, uzun dönemde nükleer atıkların güvenli depolanmasının yapılması gibi sebeplerle, yenilenebilir enerji üzerindeki ilgi giderek artmaktadır.

Hohmeyer ve Bohm (2015) çalışmasında vurguladığı gibi sanayileşmiş ülkelerin enerji (elektrik üretimi) kaynaklı sera gazı salınımı %30'un üzerindedir ve 2050 yılına kadar emisyonların %80-95 azaltılması hedefinin gerçekleşmesi için, en büyük katkıyı yapan enerji sektöründe, emisyonların en düşük seviyeye indirilmesi gerekmektedir. 90'lı yıllardan sonra yenilenebilir enerjinin kullanımının birçok ülkede yaygınlaşmaya başladığı aşikârdır. Ülkelerin sahip olduğu farklı coğrafi (yenilenebilir kaynaklar için elverişliliği gibi), ekonomik (gelişmişlik düzeyi, yatırım cazibesi gibi) ve kurumsal ve yapısal (yenilenebilir enerji şebeke uyumu gibi) özellikleri bu yaygınlaşmanın hızını ve boyutunu etkileyen önemli unsurlardır.

Bu sebeple, yenilenebilir enerjinin kullanımına uzun dönemli bir bakış açısıyla yaklaşılarak, uygun yatırım ortamının yaratılması, insan tecrübesinin geliştirilmesi ile mali-politik engellerin kaldırılması ile yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması sağlanabilir. Bunun için, mali anlamda; kotalar, tarife garantisi, sübvansiyon, vergi ve teşvik araç olarak kullanılabilirken, politik anlamda; hükümetler, enerji planlayıcıları, uluslararası işbirliği kuruluşları ortak hareket ederek yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması önemli ölçüde sağlanabilir (Bhattacharya vd., 2016).

3.2.2.3.1. Yenilenebilir Enerji Tüketimi

Günümüzün en önemli sorunlarından bir tanesi küresel ısınma problemidir ve CO₂ emisyonu bunun başlıca sebebidir. CO₂ salınımının en önemli sebebi ise fosil kaynaklı enerjilerin kullanılmasıdır. Kontrol altına alınmadığı takdirde küresel ısınmanın sebep olabileceği felaketler, tüm ülkeleri bu konuda önlem almaya ve adım atmaya zorunlu kılmaktadır. Çünkü enerji, ister güç santrallerinde kullanılsın ister sanayi sektöründe veya

evlerde, enerji kullanımının her biçimi ekonomik büyümenin ve refahın arkasındaki önemli bir itici güçtür (Sadorsky, 2009a: 456). Kyoto Protokolü gibi çevre politikalarıyla ilgili uluslararası anlaşmalara göre çevresel zararları azaltmanın yollarında biri, aynı zamanda ekonominin teknik verimliliğini de arttıracak olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır (Tugcu ve Tiwari, 2016: 610). Sürdürülebilir kalkınmanın artan önemi, gelecekte dünya enerji tüketiminin en önemli bileşeni olacağı tahmin edilen yenilenebilir enerji ile ilgili çalışmaların yapılmasını ve yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisinin incelenmesini beraberinde getirmiştir (Tugcu vd., 2012: 1943).

Sadorsky (2009a) G7 ülkeleri ile panel tekniklerini kullanarak yaptığı analizde, uzun dönemde reel geliri ve CO₂ emisyonunu, yenilenebilir enerji tüketiminin önemli itici güçleri olduğunu bulmuştur. Petrol fiyatlarının ise, yenilenebilir enerji üzerinde daha az ve negatif bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Panel FMOLS ile hesaplanan uzun dönem esnekliklerine göre, kişi başına reel GSYH'da ve CO₂ emisyonunda meydana gelen %1'lik bir artış, yenilenebilir enerji tüketimini sırasıyla, %8.44 ve %5.23 oranında arttırmaktadır. Benzer şekilde, Menyah ve Wolde-Rufael (2010) çalışmalarında, 1960-2007 dönemi ABD için, reel GSYH, nükleer enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, CO₂ emisyonu ve GSYH arasında karşılıklı ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu sonuç, ekonomik büyümeden ödün vermeden ABD'nin CO₂ emisyonunu azaltamayacağını ortaya koymaktadır. Ayrıca, GSYH'dan yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulmuşlardır. Nükleer enerji tüketimi ile büyüme arasında herhangi bir ilişki yokken, nükleer enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü negatif ilişki tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonu üzerinde herhangi bir etkisi bulunmazken, nükleer enerji tüketiminin artması CO₂ emisyonlarını azaltan bir faktör olduğu sonucuna varılmıştır.

Payne (2009), 1949-2006 dönemi ABD için, zaman serisi yöntemlerini kullanarak, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ile reel GSYH arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmasında, herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı, yansızlık hipotezini destekler sonuçlara ulaşmıştır. Payne (2011b), ABD'de biomas enerji tüketimi ile reel GSYH arasında 1949-2007 yıllık verileri ile nedensellik ilişkisini incelemiş ve büyüme hipotezini destekler, biomas tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulmuştur. Bowden ve Payne (2010), gayri safi sabit sermaye ve

işgücünün de yer aldığı çok değişkenli bir modelle, ABD için 1949-2006 dönemi yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ile GSYH arasındaki ilişkiyi, sektörlere göre incelemişlerdir. Uzun dönemde, ticaret ve sanayi sektörlerinde yenilenebilir enerji ile GSYH arasında herhangi bir ilişkiye rastlanmamıştır. Öte yandan, konut enerji tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü nedensellik ile büyüme hipotezini destekler sonuca ulaşmışlardır. Ticari ve sanayi yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir ilişki bulunamamıştır. Yenilenemez enerji tüketimi ile GSYH arasında ise, ticaret ve konut sektöründe karşılıklı pozitif ilişki ve sanayi sektörü yenilenemez enerji tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü negatif nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Burada tek yönlü ilişki ile büyüme hipotezinin varlığı işaret edilse de, negatif bir ilişki olması nispeten üretken olmayan bir sektörde aşırı yenilenemez enerji tüketiminden kaynaklanıyor olabilir (Bowden ve Payne, 2010: 406).

Salim vd. (2014) yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi, sanayi çıktısı ve GSYH arasındaki ilişkiyi, 1980-2011 yıllık verileri ile 29 OECD ülkesi için panel tekniklerini kullanarak analiz etmişlerdir. Yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi değişkenlerinin kullanıldığı modelde, sanayi çıktısı ile yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi arasında hem kısa dönemde hem de uzun dönemde geri besleme hipotezinin desteklendiği karşılıklı bir nedensellik ilişkisinin bulunduğu sonucuna ulaşmıştır.

Bhattacharya vd. (2016), 1991-2012 döneminde, en çok yenilenebilir enerji tüketimi yapan 38 ülke için yaptıkları analizde heterojen panel nedensellik testiyle birlikte, güçlü (robustness) sonuçlarla analiz yapabilmek için zaman serisi yöntemi ile uzun dönem çıktı esnekliklerini FMOLS tahmincisi ile hesaplamışlardır. Buna göre, Kanada, Fransa, Almanya, İtalya ve İngiltere'nin dahil olduğu 23 ülkede, katsayılar anlamlı ve yenilenebilir enerjinin uzun dönemde ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte, ABD ile birlikte 4 ülkede uzun dönem esneklikleri istatistiksel olarak anlamlı fakat negatif katsayılar bulunmuştur. Son olarak Türkiye'nin de içinde bulunduğu 11 ülkede yenilenebilir enerjinin ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.5. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişisini İnceleyen Çalışmalar

Çalışma	Ülke	Dönem	Değişkenler	Yöntem	Bulgular
Sadorsky (2009a)	G7 ülkeleri	1980-2005	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi -Kişi başına CO ₂ emisyonu -Reel petrol fiyatları	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel FMOLS ve DOLS	YE←EB
Sadorsky (2009b)	18 Gelişmekte olan ülke	1994-2003	-Kişi başına reel GSYİH -Kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi, -Elektrik fiyatları	-Panel eşütünlüşme testi -Panel VECM	YE↔EB
Payne (2009)	ABD	1949-2006	-Reel GSYH -Yenilenebilir enerji tüketimi -Yenilenemez enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Toplam sivil istihdam	Toda Yamamoto nedensellik testi	YE, NYE→EB
Apergis ve Payne (2010f)	13 ülke	1992-2007	-Reel GSYH -Yenilenebilir elektrik enerjisi net tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel FMOLS -Panel VECM	YE↔EB
Apergis ve Payne (2010g)	20 OECD ülkesi	1985-2005	-Reel GSYH -Yenilenebilir enerji tüketimi -Reel gayri safi sermaye oluşumu -İstihdam	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel VECM	YE↔EB
Menyah ve Wolde-Rufael (2010)	ABD	1960-2007	-Reel GSYH, -Yenilenebilir Enerji Tüketimi -Nükleer Enerji Tüketimi -CO ₂ emisyonu	-Toda Yamamoto Testi	YE←EB
Apergis vd. (2010)	19 ülke	1984-2007	-Reel GSYH -Nükleer elektrik tüketimi -Toplam yenilenebilir elektrik tüketimi -Toplam CO ₂ emisyonu	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel VECM	YE↔EB
Bowden ve Payne (2010)	ABD	1949-2006	-Reel GSYİH -Sektörel yenilenebilir enerji tüketimi -Sektörel yenilenemeyen enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Toplam sivil istihdam	-Toda Yamamoto nedensellik testi	YE→EB (Ticari, Sanayi) YE→EB (Konut) NYE↔EB (Ticari, Konut) NYE→EB (Sanayi)

Payne (2011b)	ABD	1949-2007	-Reel GSYİH -Biyomas enerji tüketimi	-Toda Yamamoto nedensellik testi	YE→EB
Tugcu vd. (2012)	G7 ülkeleri	1980-2009	-Reel GSYH -Toplam yenilenebilir enerji tüketimi -Toplam yenilenemez enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam -Beşeri Sermaye (Yükseköğretimde kayıtlı toplam öğrenci sayısı) -AR-GE (Toplam patent başvurusu)	-ARDL -Hatemi-J nedensellik testi	NYE↔EB (G7) YE↔EB (Japonya, İngiltere) YE←EB (Almanya) YE-EB (Kanada, Fransa, İtalya, ABD)
Ocal ve Aslan (2013)	Türkiye	1990-2010	- Reel GSYH -Yenilenebilir enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu	-ARDL -Toda-Yamamoto nedensellik testi	YE←EB
Apergis ve Danuletiu (2014)	80 ülke	1990-2012	-Reel GSYH -Yenilenebilir enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel Granger nedensellik testi	YE→EB
Salim vd. (2014)	29 OECD ülkesi	1980-2012	-Reel GSYH -Yenilenebilir enerji tüketimi -Yenilenemez enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Toplam istihdam -Reel sanayi katma değeri	-Panel eşbütünlüşme testi -Panel Granger nedensellik testi	EB↔YE, NYE (Panel) EB↔NYE (kısa dönem) EB→YE (kısa dönem)
Mbarek vd. (2015)	Fransa	2001:1-2012:3	-GSYH -Toplam nükleer enerjisi üretimi -Toplam enerji üretimi -Yenilenebilir enerji üretimi	-VAR Granger nedensellik testi -Varyans ayrıştırması	YE←EB
Bildirici ve Ersin (2015)	10 ülke	1970-2013	-Reel GSYH -Biyomas tüketimi -Brent ham petrol fiyatları	-ARDL -Toda-Yamamoto nedensellik testi	YE←EB (Avusturya, Almanya, İngiltere, Finlandiya, Fransa, İtalya, Portekiz) YE↔EB (ABD, Kanada, Meksika)
Shahbaz vd. (2015b)	Pakistan	1972:1-2011:4	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi -Kişi başına sermaye kullanımı -Kişi başına istihdam	-ARDL ve Johansen eşbütünlüşme testi -VECM	YE↔EB

Omri vd. (2015)	17 ülke	1990-2011	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi -Yenilenebilir enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Panel GMM	YE←EB (panel) YE→EB (Macaristan, Hindistan, Japonya, Hollanda, İsveç) YE←EB (Arjantin, İspanya, İsviçre) YE↔EB (Brezilya, Finlandiya, İsviçre) YE-EB (Belçika, Bulgaristan, Kanada, Fransa, Pakistan, ABD)
Tugcu ve Tiwari (2016)	BRICS ülkeleri	1992-2012	-Reel GSYH -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Toplam istihdam -Toplam yenilenebilir enerji tüketimi -Toplam yenilenemez enerji tüketimi -Kömür, doğal gaz, nükleer ve hidroelektrik tüketimi	-Panel nedensellik testi	NYE→EB (Güney Afrika) YE-EB (Brazilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika)
Bhattacharya vd. (2016)	38 ülke	1991-2012	-Reel GSYH -Yenilenebilir enerji tüketimi -Yenilenemez enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -Toplam istihdam	-Panel eşbütünleşme testi -Panel DOLS ve FMOLS -Panel nedensellik testi -Zaman serisi FMOLS	YE→EB
Apergis vd. (2016)	10 ülke	1965-2012	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına hidroelektrik tüketimi	-Panel eşbütünleşme testi -Panel FMOLS -Panel nedensellik testi	YE←EB (1988 öncesi uzun ve kısa dönem) YE↔EB (1988 sonrası uzun ve kısa dönem)

Not: Tabloda yer alan YE; yenilenebilir enerji tüketimini, NYE; yenilenemez enerji tüketimini, EB; ekonomik büyümeyi ifade etmektedir. →, ←, ↔ işaretleri değişkenler arasında var olan nedensellik ilişkisinin yönünü gösterirken, - işareti değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir.

3.2.2.3.2. Nükleer Enerji Tüketimi

Nükleer enerjinin gelişimi, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sanayi genelinde teknolojinin de yayılma etkisini beraberinde getirmekte, sermayenin, emeğin ve diğer üretim faktörlerinin verimliliğini arttırmaktadır (Yoo ve Jung, 2005: 102). Nükleer enerji özellikle elektrik üretiminde çok önemli bir yere sahiptir. 1990'lardan sonra ekonomik gelişmeye paralel olarak artan enerji talebinin hızlı olduğu, alternatif enerji kaynaklarının yetersiz olduğu, enerji arz güvenliğinin ön planda tutulduğu gelişmekte olan ülkelerde nükleer enerji daha önemli hale gelmiştir (Heo vd., 2011: 111). Petrol rezervlerinin yarısının Orta Doğu coğrafyasında, doğal gaz rezervlerinin Rusya'da ve Orta Doğu coğrafyasında toplanmış olması, enerji ithal eden ülkeler için arz güvenliği noktasında riskler içermektedir (Wolde-Rufael ve Menyah, 2010: 550). Enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar ve enerji kaynak yetersizliği dünyada birçok ülkeyi alternatif enerji kaynakları olarak nükleer ve yenilenebilir enerjiye yöneltmiştir (Destek, 2015: 759).

Artan enerji talebi, fosil kaynakların rezerv ömrü, enerji güvenliği gibi sebeplerin yanında, yeni teknolojik gelişmelerde nükleer enerjinin rolü de, nükleer enerjinin önemini arttırmaktadır (Chu ve Chang, 2012: 768). Nükleer enerjinin asıl önemi ise, küresel ısınma gibi ciddi bir soruna çözüm aranan yakın dönemde, enerji santrallerinde CO₂ emisyonu olmadan, çevre kirliliğini arttırmayan nükleer santrallerden ısı ve elektrik üretilmesi ile ortaya çıkmıştır. Her ne kadar yaşanan nükleer kazalar veya enerji dışı amaçlarla kullanılan nükleer teknoloji bir önyargı oluştursa da, ekonomik, sosyal ve çevresel kaygılar göz önüne alındığında nükleer enerji alternatif bir enerji kaynağı olarak önemini korumaktadır (Nazlioglu vd. 2011: 6615). Bu öneminin yanında, nükleer enerjinin sahip olduğu yüksek maliyet, tehlikeli maddelerin çoğalması, nükleer terörizm, sağlık riskleri radyoaktif atıklar gibi riskler de aynı derecede önemlidir (Wolde-Rufael ve Menyah, 2010: 551). Nükleer enerjiyle ilgili yaşanan kötü tecrübeler (atom bombası, nükleer kazalar gibi) çoğu ülkenin nükleer enerjiye mesafeli durmasına, hali hazırda nükleer enerji kullanan ülkelerin ise kademeli olarak nükleer enerjiden vazgeçmelerine neden olmuştur. Yeni teknolojilerin gelişimi ve nükleer enerji alanında uygulanması, bir takım riskleri bertaraf edecek olsa da, nükleer enerji konusunda kamu kabülünü sağlamak kolay değildir.

Yoo ve Jung (2005), Güney Kore için 1977-2002 verilerini kullanarak yaptığı çalışmada, kısa ve uzun dönem için nükleer enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru güçlü tek yönlü nedensellik ilişkisi bulmuşlardır. Yoo ve Ku (2009), vektör hata

düzeltilme modeli kullanarak, 6 ülke için nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini incelediği çalışmasında, Güney Kore için Yoo ve Jung (2005) ile aynı sonuca ulaşmış, lakin Fransa ve Pakistan için ekonomik büyümeden nükleer enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik, İsviçre’de ise karşılıklı nedensellik ilişkisi bulmuşlardır. Aynı çalışma kapsamında Arjantin’de ise, herhangi bir nedensellik ilişkisinin bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Payne ve Taylor (2010), ABD için Toda-Yamamoto yaklaşımı ile yaptığı incelemede, değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde, Menyah ve Wolde-Rufael (2010) ABD için, Nazlioglu vd. (2011) 11 OECD ülkesi için, Lee ve Chiu (2011a) Fransa ve ABD için herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığını, yansızlık hipotezinin geçerli olduğunu bulmuşlardır. Heo vd. (2011) kısa ve uzun dönemde nükleer enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru güçlü nedensellik ilişkisi bulmuşlardır. Destek (2015), G6 ülkelerinde (İtalya hariç G7), zamana göre değişen nedensellik (time varying casuality) yöntemiyle yaptığı incelemede Kanada, Fransa ve ABD’de nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde daha etkili olduğunu bulmuştur. Almanya’da sadece 2004 ve 2010’da büyüme hipotezi desteklenirken alt dönemlerin çoğunda saklama hipotezi ortaya çıkmıştır. Japonya ve İngiltere’de de çoğu dönemde yansızlık hipotezi güçlü destekler sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Nazlioglu vd. (2011) panel tekniklerini kullanarak 14 OECD ülkesinde nükleer enerji ve ekonomik büyüme ilişkisini tets etmişlerdir. 11 ülkede nükleer enerji ile ekonomik büyüme arasında bir ilişkinin olmadığı yansızlık hipotezinin geçerli olduğu, Macaristan için nükleer enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü ilişkinin geçerli olduğu büyüme hipotezinin, bunun tersi bir ilişkinin ise İngiltere ve İspanya’da koruma hipotezini ortaya koyduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Chu ve Chang (2012), G6 ülkeleri için uyguladığı panel nedensellik tetsine göre, Japonya ve İngiltere’de büyüme hipotezi, ABD için geri besleme hipotezi ve Kanada, Fransa, Almanya’da yansızlık hipotezi bulgularına ulaşmıştır. Chang vd. (2014), benzer şekilde G6 ülkelerini incelemiş, Fransa ve Kanada için yansızlık hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Lakin, İngiltere’de geri besleme hipotezi, Almanya’da büyüme hipotezi ve Japonya ile ABD’de yansızlık hipotezi sonuçları birbirinden ayrılmaktadır. Bununla birlikte, Mbarek vd. (2017) Fransa için yapılan nükleer enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisinin incelendiği çalışmada, karşılıklı nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Tablo 3.6. Nükleer Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişisini İnceleyen Çalışmalar

Çalışma	Ülke	Dönem	Değişkenler	Yöntem	Bulgular
Yoo ve Jung (2005)	Güney Kore	1977-2002	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -VECM	NE→EB
Yoo ve Ku (2009)	6 ülke	1965-2005	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -VECM -Hsiao Granger nedensellik testi	NE→EB (Güney Kore) NE←EB (Fransa, Pakistan) NE↔EB (İsviçre) NE-EB (Arjantin, Almanya)
Apergis ve Payne (2010e)	16 ülke	1980-2005	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Panel VECM	NE↔EB (kısa dönem) NE→EB (uzun dönem)
Wolde-Rufael (2010b)	Hindistan	1969-2006	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-ARDL -Toda-Yamamoto nedensellik testi	NE→EB
Wolde-Rufael ve Menyah (2010)	9 ülke	1971-2005	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	NE→EB (Japonya, Hollanda, İsviçre) NE←EB (Kanada, İsveç) NE↔EB (Fransa, İspanya, İngiltere, ABD)
Menyah ve Wolde-Rufael (2010)	ABD	1960-2007	-Reel GSYH -Yenilenebilir enerji tüketimi -Nükleer enerji tüketimi -CO2 emisyonu	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	NE-EB
Payne ve Taylor (2010)	ABD	1957-2006	-Reel GSYH büyüme oranı -Nükleer enerji tüketimi -Reel yatırım-çıktı oranı -İstihdam	-Toda-Yamamoto nedensellik testi	NE-EB
Apergis vd. (2010)	19 ülke	1984-2007	-Reel GSYH -Nükleer elektrik tüketimi -Toplam yenilenebilir elektrik tüketimi -Toplam CO2 emisyonu	-Panel eşbütünleşme testi -Panel VECM	NE→EB (Kısa dönem) NE↔EB (Uzun dönem)
Heo vd. (2011)	Hindistan	1969-2006	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi	-Johansen eşbütünleşme testi -ECM	NE→EB

Lee ve Chiu (2011a)	6 ülke	1965-2008	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi -Petrol tüketimi -Reel petrol fiyatları	-Johansen eşbütünleşme testi -Toda-Yamamoto nedensellik testi	NE←EB (Japonya) NE↔EB (Kanada, Almanya, İngiltere) NE-EB (Fransa, ABD)
Lee ve Chiu (2011b)	6 ülke	1971-2006	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına nükleer enerji tüketimi -Kişi başına petrol tüketimi -Reel petrol fiyatları	-Panel eşbütünleşme testi -Panel nedensellik testi	NE-EB (Kısa dönem) NE←EB (Uzun dönem)
Nazlioglu vd. (2011)	14 OECD ülkesi	1980-2007	-Reel GSYH -Nükleer elektrik tüketimi -Reel gayri safi sermaye oluşumu -İstihdam	-Panel nedensellik testi -Toda-Yamamoto nedensellik testi	NE-EB (Belçika, Kanada, Finlandiya, Fransa, Almanya, Japonya, Güney Kore, Hollanda, İsveç, İsviçre, ABD) NE→EB (Macaristan) NE←EB (İngiltere ve İspanya)
Wolde-Rufael (2012)	Tayvan	1977-2007	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-VAR -Toda-Yamamoto nedensellik testi	NE-EB
Chu ve Chang (2012)	G6 ülkeleri	1971-2010	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına nükleer enerji tüketimi -Kişi başına petrol tüketimi	-Panel nedensellik testi	NE→EB (Japonya, İngiltere) NE↔EB (ABD) NE-EB (Kanada, Fransa, Almanya)
Aslan ve Çam (2013)	İsrail	1985-2010	-GSYH -Nükleer enerji tüketimi -Kömür tüketimi -Gayri safi sermaye oluşumu -İstihdam	-VAR -Toda-Yamamoto nedensellik testi -Bootstrap-corrected nedensellik testi	NE→EB
Akhmat ve Zaman (2013)	8 Güney Asya ülkesi	1975-2010	-Kişi başına reel GSYH -Kişi başına nükleer enerji tüketimi -Petrol tüketimi, Doğal gaz tüketimi, Elektrik tüketimi, Kömür tüketimi	-Bootstrap panel nedensellik testi	NE→EB (Bangladeş, Pakistan) NE←EB (Hindistan, Srilanka) NE↔EB (Nepal) NE-EB (Afganistan, Butan, Maldivler)

Chang vd. (2014)	G6 ülkeleri	1971-2011	-Reel GSYH büyüme oranı -Nükleer enerji tüketimi	-Panel nedensellik testi	NE←EB (Panel) NE↔EB (İngiltere) NE→EB (Almanya) NE-EB (Kanada, Fransa, Japonya, ABD)
Al-mulali (2014)	30 ülke	1990-2010	-Reel GSYH -Nükleer kaynaklı elektrik tüketimi -Fosil kaynaklı elektrik tüketimi -Reel yatırımlar -İstihdam	-Pedroni eşbütünleşme testi -Panel FMOLS -VECM	NE↔EB (Uzun dönem)
Destek (2015)	G6 ülkeleri	1965-2013 (ABD, Fransa, İngiltere) 1971-2013 (Kanada) 1970-2013 (Almanya) 1966-2013 (Japonya)	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi	-Zamana göre değişen nedensellik testi (Time varying casuality)	NE←EB (Almanya) NE→EB (Kanada, Fransa, ABD) NE-EB (Japonya ve İngiltere)
Lin vd. (2015)	Tayvan	1980-2010	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi -Nükleer hariç enerji tüketimi	-Doğrusal ve doğrusal olmayan nedensellik testleri	NE→EB
Omri vd. (2015)	17 ülke	1990-2011	-Reel GSYH -Nükleer enerji tüketimi -Yenilenebilir enerji tüketimi -Reel gayri safi sabit sermaye oluşumu -İstihdam	-Panel GMM	NE↔EB (Panel) NE→EB (Belçika, İspanya) NE←EB (Bulgaristan, Kanada, Hollanda, İsveç) NE↔EB (Arjantin, Brezilya, Fransa, Pakistan, ABD) NE-EB (Finlandiya, Macaristan, Hindistan, Japonya, İsviçre, İngiltere)
Mbarek vd. (2017)	Fransa	1990:1-2011:4	-Kişi başına GSYH -Toplam nükleer elektrik üretimi -Petrol ürünleri ithalatı -Birincil Enerji üretimi -Petrol fiyatları	-Johansen ve Juselius eşbütünleşme testi -VECM	NE↔EB

Not: Tabloda yer alan NE; nükleer enerji tüketimini, EB; ekonomik büyümeyi ifade etmektedir. →, ←, ↔ işaretleri değişkenler arasında var olan nedensellik ilişkisinin yönünü gösterirken, - işareti değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’DE ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ ÜZERİNE EKONOMETRİK BİR UYGULAMA: G7 ÜLKELERİ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Çalışmanın önceki bölümünde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisine yönelik literatür taraması sonucunda bu konuya ilişkin geniş bir ampirik literatür olduğu ortaya konulmuştur. Enerji tüketimi-ekonomik büyüme ilişkisini analiz eden çalışmalar çoğunlukla enerji tüketimi değişkenini toplulaştırılmış, yenilenebilir-yenilenemeyen enerji tüketimi gibi yarı-toplulaştırılmış veya enerji türleri bazında ayrıştırılmış olarak ele almaktadır. Bunun yanı sıra 1990’lı yıllarla birlikte dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu dönemde enerjiye olan talep artışı da göz önünde bulundurulduğunda fosil enerji tüketiminin miktar olarak artmakla birlikte toplam enerji tüketimi içerisindeki payının giderek azaldığı görülmektedir. Bu bağlamda, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin analizinde ülkelerin yaşadıkları bu dönüşümün de dikkate alınarak, enerji tüketimi değişkeninin fosil ve fosil olmayan enerji şeklinde ayrıştırılarak modellere dâhil edilmesinin politika yapıcılarını için daha iyi bir yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda, çalışmanın dördüncü bölümünde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi, G-7 ülkeleri ve Türkiye’de zaman serisi analizi yöntemleri kullanılarak araştırılmaktadır.

4.1. Veri ve Metodoloji

Ampirik analizde ekonomik büyüme değişkeni olarak kişi başına düşen GSYH ve enerji tüketimi değişkeni olarak Asafu-Adjaye vd. (2016) çalışması örnek alınarak, toplam fosil enerji tüketimi ve toplam fosil olmayan enerji tüketimi kullanılmaktadır. Toplam fosil enerji tüketimi; petrol tüketimi, doğalgaz tüketimi ve kömür tüketiminin toplamından oluşmaktadır. Fosil olmayan enerji tüketimi ise toplam enerji tüketiminden toplam fosil enerji tüketimi çıkarılarak elde edilmektedir. Diğer bir ifadeyle; fosil

olmayan enerji tüketimi, nükleer enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi toplamını ihtiva etmektedir. Çalışmada 1970-2015 yıllık verileri kullanılmaktadır. Enerji tüketimi ile ilgili olan veriler BP Statistics'ten alınmış olup, kişi başına GSYH (2010 sabit fiyatlarıyla \$) verisi Dünya Bankası (WDI-World Development Indicator) veri tabanından elde edilmiştir. Analizde bütün değişkenler doğal logaritması alınarak kullanılmaktadır.

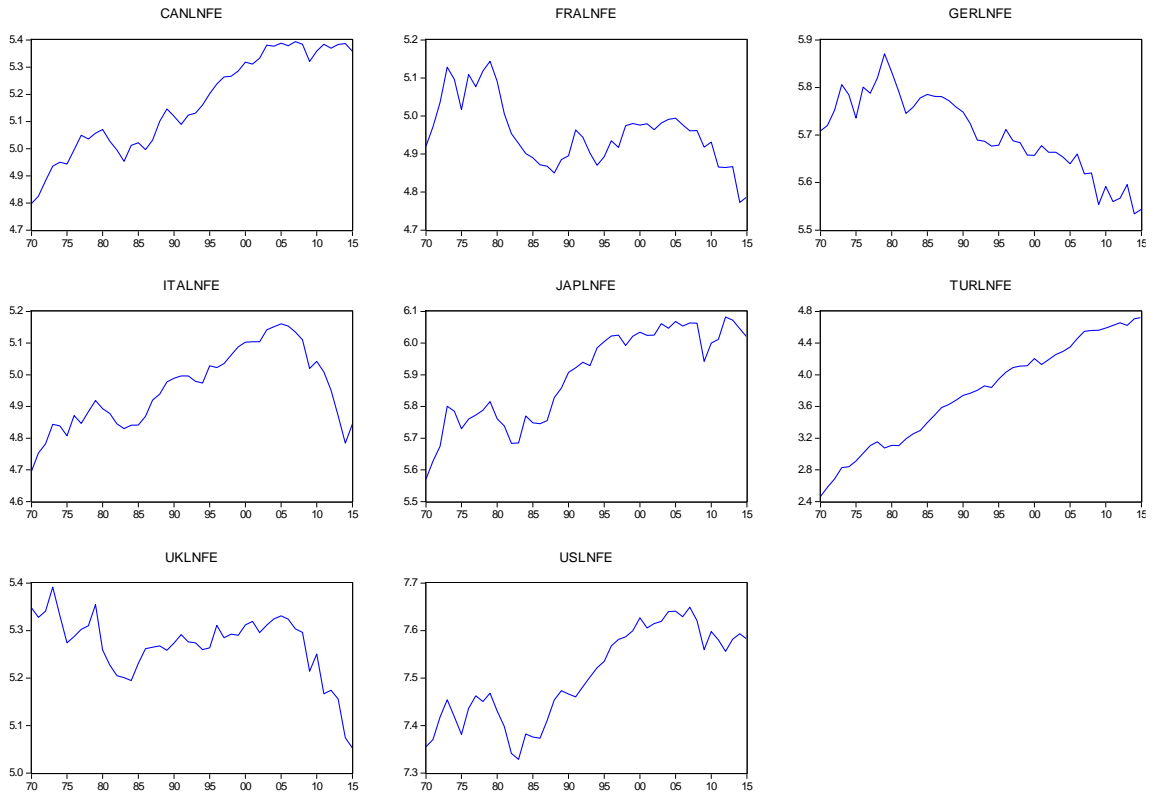
$$GSYH = F(FE, NFE) \quad (4.1)$$

Tablo 4.1. Çalışmada Kullanılan Veriler

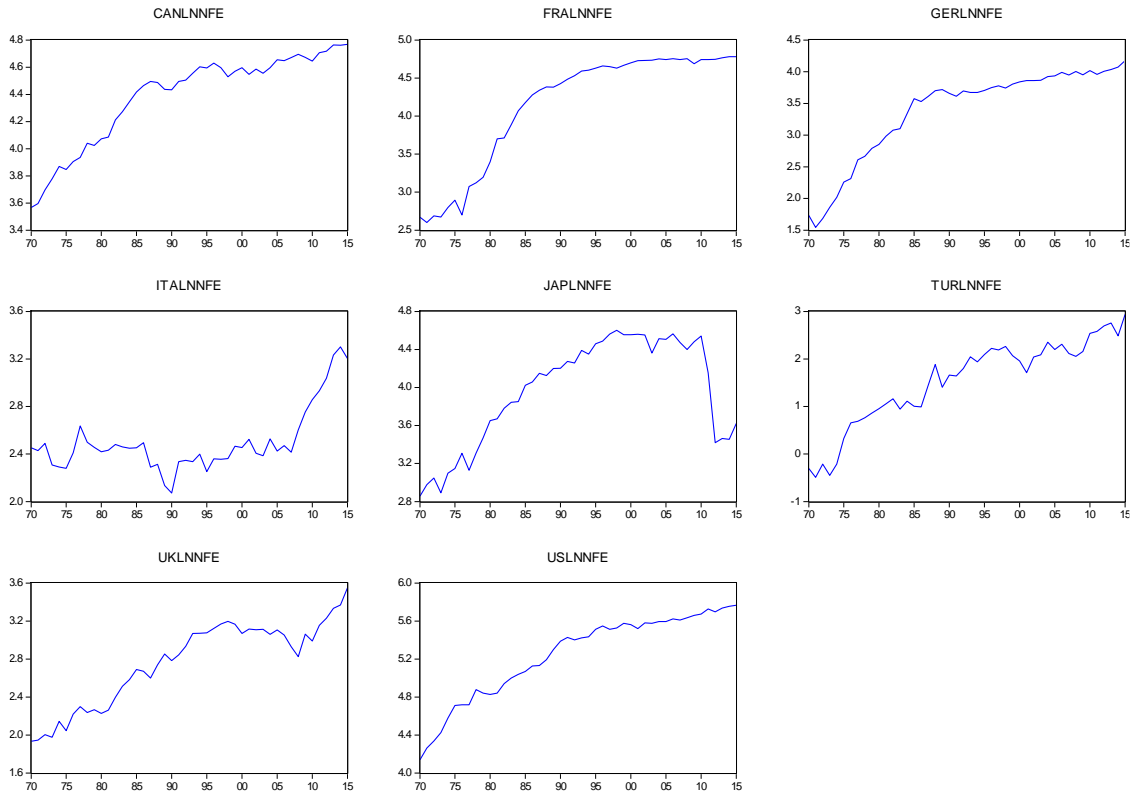
Değişken	Dönem	Birimi	Veri Kaynağı
GDP - Kişi başına düşen milli gelir	1970-2015	Dolar	WB World Development Indicator 2016
FE - Fosil enerji tüketimi (petrol, doğal gaz, kömür)	1970-2015	Mtep	BP Statistical Review of World Energy 2016
NFE - Fosil olmayan enerji tüketimi (nükleer, yenilenebilir)	1970-2015	Mtep	BP Statistical Review of World Energy 2016

Grafik 4.1., grafik 4.2. ve grafik 4.3.'de sırasıyla uygulamada kullanılan “fe” (fosil enerji tüketimi), “nfe” (fosil olmayan enerji tüketimi) ve “gdp” (GSYH) serilerine ait, doğal logaritması alınmış 1970-2015 dönemi grafikleri gösterilmiştir.

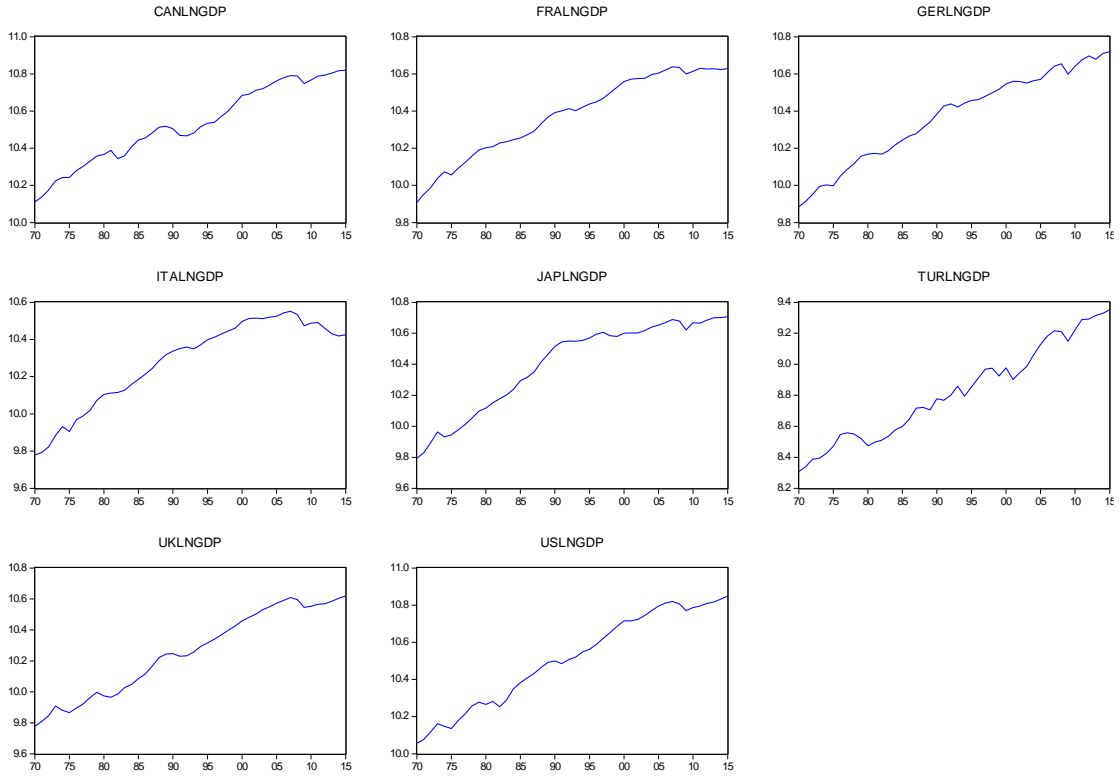
Grafiklerde yer alan Can (Canada-Kanada), Fra (France-Fransa), Ger (Germany-Almanya), Ita (Italy-İtalya), Jap (Japan-Japonya), UK (United Kingdom-İngiltere), US (United States-Amerika Birleşik Devletleri) ve Tur (Turkey-Türkiye) ifade etmektedir. Analizin sonraki aşamalarında da aynı ifade ve sıralamayla kullanılmaktadır.

Grafik 4.1. Ülkelerin Fosil Enerji Tüketimleri

Not: Grafikler logaritması alınmış serileri göstermektedir.

Grafik 4.2. Ülkelerin Fosil Olmayan Enerji Tüketimleri

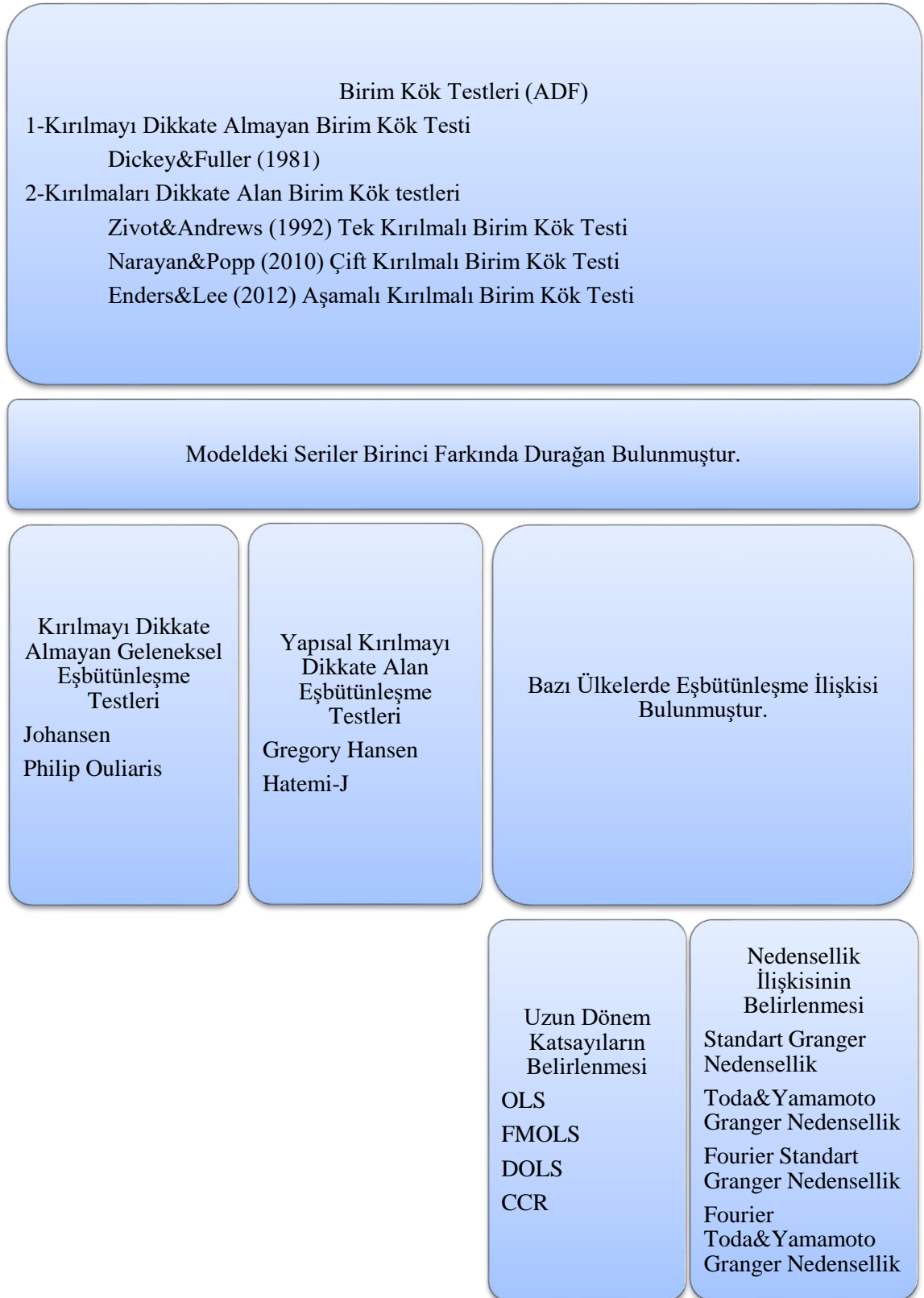
Not: Grafikler logaritması alınmış serileri göstermektedir.

Grafik 4.3. Ülkelerin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Serileri

Not: Grafikler logaritması alınmış serileri göstermektedir.

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye yönelik analizin ilk aşamasında serilerin birim kök testleri yapılmıştır. Birim kök testleri ele alınan serinin davranışını incelemektedir. Seriyeye gelen bir şokun etkisi uzun dönemde ortadan kalkıyorsa; serinin durağan bir yapıya sahip olduğu, ancak şokun etkisiyle seri yeni bir dengeye geliyorsa; durağan olmayan bir yapıya sahip olduğu, diğer bir ifadeyle birim kök içerdiği ifade edilmektedir. Son yıllarda ekonometri literatürü serilerin analizlerinde yapısal kırılmaların dikkate alınmasının önemini ortaya koymaktadır. Yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testlerinin geliştirilmesinin ve kullanılmasının temel nedeni; şokların yaşandığı dönemde kırılmaların meydana gelebileceği ve kırılmaların dikkate alınmadığı bu gibi durumlarda test sonuçlarının sapmalı sonuçlar ortaya koyabileceğidir.

Şekil 4.1. Uygulanacak Ekonometrik Yöntemin Genel Çerçevesi



Serilerin seviyesinde durağan olduğu durumda VAR analizi ile model tahmin edilmektedir. Serilerin seviyesinde birim kök içerdiği durumda, aralarında uzun dönem ilişkinin varlığını araştırmak için eşbütünleşme testlerine başvurulmaktadır. Eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu durumda uzun dönem eşbütünleşme tahmincileri kullanılarak analize devam edilmektedir. Eşbütünleşmenin bulunmadığı durumlarda ise değişkenlerin durağan durumları kullanılarak model En Küçük Kareler Yöntemi (EKK-OLS) ile tahmin edilmelidir. Bundan sonraki aşama ise nedensellik testlerinin yapılmasıdır.

4.2. Birim Kök Testleri ve Bulguları

Analizde reel GSYH, fosil ve fosil olmayan enerji tüketimi için birim kök testleri yapılmıştır. Analizimizde kullandığımız veri setinde şokların seriler üzerindeki etkisinin geçici mi yoksa kalıcı mı olduğunu, yani durağanlık durumunu belirlemek için hem geleneksel hem de yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testleri kullanılmıştır. Yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testleri literatürde üç tiptir. Birincisi tek keskin (ani) kırılmayı dikkate alan birim kök testi, ikincisi iki keskin kırılmaya izin veren birim kök testi, üçüncüsü ise aşamalı (gradual) kırılmayı dikkate alan birim kök testidir. Çalışmada yukarıda değinilen dört tip birim kök testi serilere uygulanmıştır.

Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilen Augmented Dickey Fuller (ADF) testinin boş hipotezi birim kökün varlığıdır. Yapısal kırılmaları dikkate almayan Dickey ve Fuller (1981)'den sonra Perron (1989) çalışmasıyla serilerde bulunan yapısal kırılmaların önemi anlaşılmış ve kırılmaları dikkate alan yeni yöntemler önerilmiştir. İlk olarak Zivot ve Andrews (1992) çalışmasında, tek bir yapısal kırılmanın ani şekilde gerçekleştiği varsayımı altında modele eklenen kukla değişken ile ADF tipi birim kök testi geliştirilmiştir. Makro iktisadi verilerde iki kırılmanın olması durumunda tek kırılmalı birim kök testlerinin açıklama gücü azalmaktadır. Bu nedenle, Narayan ve Popp (2010) iki ani kırılmayı dikkate alan ADF tipi birim kök testini ortaya koymuşlardır. Son olarak, makroekonomik serilerdeki kırılmaların ani değil de aşamalı olarak gerçekleştiğini varsayan Enders ve Lee (2012) aşamalı kırılmalı birim kök testini geliştirmiştir.

4.2.1. Kırılmayı Dikkate Almayan Dickey&Fuller (1981) Birim Kök Testi

Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilen “Genişletilmiş Dickey-Fuller” (Augmented Dickey Fuller-ADF) testinde veri türetme süreci şu şekilde gerçekleşmektedir:

$$y_t = \alpha + \beta t + e_t \quad (4.1)$$

$$e_t = \delta e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.2)$$

4.1 numaralı denklemde y ; bağımlı değişkeni, α ; sabit terimi, t ; trendi, β ; trend değişkenin parametresini, e ; hata terimini simgelemektedir. Yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testleri ADF birim kök regresyon modeline kukla değişkenler ekleyerek geliştirilmiştir. Yukarıdaki gibi bir veri oluşturma süreci ADF tipi yapısal kırılmalı birim kök testlerinin (tek kırılmalı Zivot ve Andrews (1992) ve iki kırılmalı Narayan ve Popp (2010)) başlangıç noktası olmuştur. Tahmin edilen model şu şekildedir:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \theta y_{t-1} + \sum_{j=1}^{\rho} \varphi_j \Delta y_{t-j} + u_t \quad (4.3)$$

4.3 numaralı denklemdeki θ ; bağımlı değişkenin gecikmesinin parametresini ifade etmektedir. Modele, $\sum_{j=1}^{\rho} \varphi_j \Delta y_{t-j}$ terimi, otokorelasyon sorununu çözmek için dâhil edilmektedir. Bu testin boş hipotezi “birim kök vardır” iken, alternatif hipotezi “birim kök yoktur” şeklindedir.

$H_1: \theta = 0$: Birim kök vardır.

$H_1: \theta < 0$: Birim kök yoktur.

4.2.2. Tek Kırılmalı Zivot&Andrews (1992) Birim Kök Testi

Birim kök analizlerinde yapısal kırılmaların dikkate alınmaması durumu sınırlı örneklerde sahte reddedilme sorunu yaratmasına ve elde edilen tahmin sonuçlarının sapmalı olmasına yol açabilmektedir (Perron, 1989). Zivot ve Andrews (1992) ise Perron

(1989) çalışmasını geliştirerek kırılma zamanının endojen (içsel) olarak tahmin edildiği tek kırılmalı bir birim kök testi önermişlerdir. Zivot ve Andrews (1992) tarafından tahmin edilmesi önerilen ADF tipi tek kırılmalı model şu şekildedir:

$$\Delta y_t = d_t \delta + \varphi y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.4)$$

Model A: $d_t = [1, t, DU]$ (sabitte tek kırılma)

Model C: $d_t = [1, t, DU, Dt]$ (sabitte ve trendde tek kırılma)

4.4 numaralı denklemde d değişkeni, kırılmayı simgeleyen kukla değişkenini ifade etmektedir. Zivot ve Andrews (1992) tek kırılmalı birim kök testi düzeyde kırılmayı dikkate alan ve hem düzeyde hem de trendde kırılmayı dikkate alan iki tip model sunmaktadır. Yukarıdaki denklemde kukla değişkeni Model A'daki gibi tanımlandığında düzeyde kırılmayı dikkate alan model, kukla değişkeni Model B'deki gibi tanımlandığında ise, hem düzeyde hem de trendde kırılmayı dikkate alan model tahmin edilebilmektedir.

Model A'da $t \geq T_B + 1$ için $DU=1$, diğer durumlar için 0 değerini alırken, Model C'de ise $t \geq T_B + 1$ için $D_t = t - T_B$, diğer durumlar için ise 0 değerini almaktadır. Her iki modelde de T_B yapısal kırılma zamanını göstermektedir.

4.2.3. Çift Kırılmalı Narayan&Popp (2010) Birim Kök Testi

Narayan ve Popp (2010), Zivot ve Andrews (1992) çalışmasını bir adım ileri götürerek çift kırılmalı birim kök testini geliştirmişlerdir. Bu çalışmada (4.4) numaralı denklemde kukla değişkeni aşağıda ifade edilen Model A'daki gibi tanımlandığında düzeyde kırılmaları dikkate alan model ve kukla değişkeni yine aşağıda ifade edilen Model B'deki şekliyle tanımlandığında ise hem düzeyde hem de trendde kırılmaları dikkate alan model tahmin edilebilmektedir.

Model A: $d_t = [1, t, DU1, DU2]$ (sabitte çift kırılma)

Model C: $d_t = [1, t, DU1, DU2, Dt1, Dt2]$ (sabitte ve trendde çift kırılma)

Model A ve Model C'deki kukla değişkenleri ise aşağıda gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$DU_j = \begin{cases} 0 & t \leq T_{Bj} + 1 \\ 1 & t > T_{Bj} + 1 \end{cases} \quad j=1,2$$

$$Dt_j = \begin{cases} t - T_{Bj} & t \geq T_{Bj} + 1 \\ 0 & t < T_{Bj} + 1 \end{cases} \quad j=1,2$$

4.2.4. Aşamalı (Fourier) Kırılmalı Enders&Lee (2012) Birim Kök Testi

Perron (1989) çalışmasında ilk kez kırılma zamanının bilindiği tek yapısal kırılmalı bir birim kök testi önermesi sonrasında oluşan literatürde, araştırmacılar bilinmeyen zamanlarda meydana gelen birkaç olası kırılma içeren serilerle karşılaşabildiklerinden, kırılma zamanının endojen (içsel) olarak tahmin edildiği birden çok kırılma içeren birim kök testlerine yoğunlaşmıştır. Fourier yaklaşımı, az sayıda düşük frekans bileşenleri kullanılarak, kırılma sayısını veya kırılma tarihlerini önceden bilindiğini varsaymaya gerek duymadan bir ya da daha fazla kırılmalı bir serinin temel özelliklerini yakalayabilmektedir. Kırılmaların aniden gerçekleşmediği halde aniden gerçekleştiği varsayımı nedeniyle oluşabilecek spesifikasyon problemi uygun frekans bileşenlerinin tahmin denkleminde dâhil edilmesiyle çözülebilmektedir (Enders ve Lee, 2012:196-197):

$$y_t = \alpha(t) + \varphi y_{t-1} + \gamma_t + \varepsilon_t \quad (4.5)$$

4.5 numaralı denklemde $\alpha(t)$; t 'nin deterministik fonksiyonunu, ε_t ; sabit varyanslı durağan bir bozulmayı simgelemektedir. $\alpha(t)$ 'nin bilinmeyen işlevsel biçimi modelin Fourier fonksiyonu kullanılarak genişletilmesi ile şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\alpha(t) = a_0 + \sum_{k=1}^n \left(a_k \sin \frac{2\pi kt}{T} \right) + \sum_{k=1}^n \left(\beta_k \cos \frac{2\pi kt}{T} \right); \quad n \leq T/2, \quad (4.6)$$

4.6 numaralı denklemde n ; modelin içerdiği frekans sayısını, k ; belirli bir frekansı ve T ; gözlem sayısını ifade eder.

Enders ve Lee (2012) aşamalı kırılmaları dikkate alan birim kök testinde (4.4) numaralı denklemdeki kukla değişkenleri aşağıda ifade edildiği şekliyle Model A'daki gibi tanımlandığında sabitte aşamalı kırılma modeli ve Model B'deki gibi tanımlandığında sabitte ve trendde aşamalı kırılma modeli tahmin edilebilmektedir.

$$\text{Model A: } d_t = \left[1, \sin \frac{2\pi kt}{T}, \cos \frac{2\pi kt}{T} \right] \text{ (sabitte aşamalı kırılma)}$$

$$\text{Model C: } d_t = \left[1, t, \sin \frac{2\pi kt}{T}, \cos \frac{2\pi kt}{T} \right] \text{ (sabitte ve trendde aşamalı kırılma)}$$

4.2.5. Birim Kök Testleri Bulgu ve Sonuçları

G7 ülkeleri ve Türkiye'nin uygulamada kullanılan serilerinin ADF tipi kırılmasız, yapısal kırılmalı ve aşamalı (fourier) kırılmalı birim kök testlerinin bulguları Tablo 4.2'de sabitli ve trendli modeller olmak üzere raporlanmıştır.

ADF tipi birim kök testlerinde maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak alınmış ve optimal gecikme uzunluğunun belirlenmesinde Akaike bilgi kriteri kullanılmıştır. Aşamalı kırılmalı birim kök testi için, maksimum fourier sayısı 3 ve maksimum gecikme sayısı 4 olarak alınmış ve optimal değerler yine Akaike bilgi kriteri ile belirlenmiştir.

Tablo 4.2 incelendiğinde, her bir ülkenin her bir değişkeni için modellerin birbirinden farklı sonuçlar verdiği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde "birim kök vardır" boş hipotezinin geleneksel, ani kırılmalı ve aşamalı kırılmalı test sonuçlarının hiçbir ülke için ortak bir şekilde reddedilemediği gözlenmektedir. Bu doğrultuda, birim kökün varlığının kuvvetli bir şekilde reddedilememesi nedeniyle serilerin birim kök içerdiği kabul edilerek, analizin ikinci aşaması olan söz konusu seriler arasında uzun dönem ilişkinin varlığının incelenmesine geçilmiştir.

Tablo 4.2. ADF Tipi Birim Kök Testleri Bulguları

FE							
	Kırılmasız Model	Tek Kırılmalı Model		Çift Kırılmalı Model			Aşamalı Kırılmalı Model
	Sabit&Trend	Sabit&Trend	TB	Sabit&Trend	TB1	TB2	Sabit&Trend
Kanada	-1.889	-3.341	1993	-5.765***	1979	2001	-3.537
Fransa	-2.174	-3.355	1994	-5.664**	1979	2006	-2.810
Almanya	-3.688**	-5.221**	1976	-5.517**	1977	1999	-2.597
İtalya	-0.135	-3.744	2001	-5.196**	1980	2004	-2.095
Japonya	-2.341	-2.764	1986	-6.308***	1986	1992	-2.683
İngiltere	-0.909	-3.390	2002	-6.697***	1988	2005	-1.627
ABD	-2.190	-2.485	1990	-6.442***	1980	2000	-3.521
Türkiye	-2.767	-4.460	1984	-5.621**	1984	2004	-4.210*
NFE							
	Kırılmasız Model	Tek Kırılmalı Model		Çift Kırılmalı Model			Aşamalı Kırılmalı Model
	Sabit&Trend	Sabit&Trend	TB	Sabit&Trend	TB1	TB2	Sabit&Trend
Kanada	-2.017	-5.122**	1980	-5.599***	1983	1996	-3.814
Fransa	-2.609	-6.901***	1979	-8.880***	1975	1979	-3.556
Almanya	-3.060	-7.123***	1982	-7.659***	1975	1983	-4.714***
İtalya	-1.078	-3.746	2003	-6.521***	1985	2003	-2.123
Japonya	2.367	-0.217	1998	-3.384	1993	2007	0.158***
İngiltere	-1.782	-2.555	1980	-5.911**	1995	2005	-1.240
ABD	-2.713	-6.377***	1987	-6.231**	1977	1987	-4.727**
Türkiye	-2.592	-4.964*	1997	-5.518**	1976	1997	-4.397**
GDP							
	Kırılmasız Model	Tek Kırılmalı Model		Çift Kırılmalı Model			Aşamalı Kırılmalı Model
	Sabit&Trend	Sabit&Trend	TB	Sabit&Trend	TB1	TB2	Sabit&Trend
Kanada	-2.956	-3.945	1997	-5.746**	1989	2006	-3.963*
Fransa	-1.158	-5.349**	2006	-5.668**	1977	2005	-1.756
Almanya	-2.045	-5.379**	1988	-6.898***	1976	1987	-3.540
İtalya	1.017	-2.666	1998	-5.214**	1986	2004	-1.923
Japonya	-0.954	-6.055***	1986	-6.434***	1975	1986	-2.678
İngiltere	-1.241	-3.765	2001	-5.309**	1983	2003	-2.846
ABD	-1.909	-4.448	2002	-5.137*	1984	2002	-2.678
Türkiye	-2.870	-4.893*	1985	-6.050***	1984	1999	-3.996

Not: Kırılmayı dikkate almayan birim kök testinin kritik değerleri; -4,19 (%1), -3,52 (%5) ve -3,19 (%10)'dur. Ani yapısal kırılmalı birim kök testleri için, tek kırılmalı birim kök testinin kritik değerleri Zivot ve Andrews (1992) Tablo 4'ten, çift kırılmalı birim kök testinin kritik değerleri ise Narayan ve Popp (2010) Tablo 3'ten alınmıştır. Fourier ADF testi için kritik değerler, Enders ve Lee (2012) Tablo1a ve 1b'den alınmıştır. Sırasıyla; *** (%1), ** (%5) ve * (%10) ifade eder.

4.3. Eşbütünleşme Testleri ve Bulguları

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığı ve yönünü tespit etmek için yaptığımız çalışmada, nedensellik analizinden önce değişkenlerimiz arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı eşbütünleşme testleri ile analiz edilmiştir. Bu kapsamda, çalışmada yapısal kırılmaları dikkate almayan geleneksel eşbütünleşme testleri ile birlikte, tek kırılmalı eşbütünleşme testi (Gregory ve Hansen, 1996) ve çift kırılmalı eşbütünleşme testi (Hatemi-J, 2008) yapılmıştır. Analize konu dönemde hem ülkelerin GSYH'leri hem de enerji tüketimleri yapısal değişimlere uğradığından, çalışmanın bu aşamasında yalnızca yapısal kırılmaları dikkate alan eşbütünleşme testlerinin sonuçları raporlanmıştır.

4.3.1. Tek Kırılmayı Dikkate Alan Eşbütünleşme Testi ve Bulguları

Gregory ve Hansen (1996) yapısal kırılmaların dikkate alınmadığı eşbütünleşme testlerinin gücünün zayıf olduğunu ortaya koyarak bilinmeyen bir rejim kaymasını dikkate alan üç tip hata terimi temelli birim kök testi önermişlerdir. Gregory ve Hansen (1996) eşbütünleşme vektöründeki bir kaymanın zamanını belirlemek için bir prosedür önermiş ve eşbütünleşme için Engle ve Granger (1987) tarafından önerilen *ADF* ile Phillips (1987) tarafından önerilen Z_α ve Z_t olarak bilinen iki test için yeni kritik değerler üretmişlerdir (Hatemi-J, 2008: 498).

Standart eşbütünleşme modeli:

$$y_t = \alpha + \beta'x_t + u_t \quad (4.7)$$

y_t bağımlı değişkeni, x_t m-boyutlu bağımsız değişkenler vektörünü, α sabit terimi, β m-boyutlu eğimler vektörünü ve t 'nin zaman indeksini temsil ettiği standart modeli Gregory ve Hansen (1996) şu şekilde genelleştirmiştir:

Model 1: Sabitte kırılma;

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \beta_0'x_t + u_t \quad (4.8)$$

4.8 numaralı denklemde α_0 , kırılmadan önceki sabit terimi ve α_1 , kırılma anında sabitteki değişimi göstermektedir. Ayrıca, bu modele, zaman trendi de eklenebilir. Böylece Model 1'e t gibi bir değişken eklendiğinde Model 2 aşağıdaki şekilde elde edilmektedir.

Model 2: Sabit ve trendde kırılma;

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \mu t + \beta_0' x_t + u_t \quad (4.9)$$

Başka olası bir yapısal değişim ise, eğim vektörünün de kaymasını sağlamaktadır. Bu ise söz konusu ilişkinin paralel şekilde kaymasına izin verir ve rejim değişimi şeklinde ifade edilir.

Model 3: Rejimde değişim;

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \beta_0' x_t + \beta_1' D_{1t} x_t + u_t \quad (4.10)$$

Bu durumda, α_0 ve α_1 ilk modeldeki gibidir. β_0 ; rejim değişiminden önceki eşbütünleşme eğim katsayılarını, β_1 ise; eğim katsayılarındaki değişikliği ifade eder. Gregory ve Hansen (1996)'nın geliştirdikleri test istatistikleri şu şekildedir;

$$ADF^* = \inf_{\tau \in T} ADF(\tau)$$

$$Z_t^* = \inf_{\tau \in T} Z_t(\tau)$$

$$Z_\alpha^* = \inf_{\tau \in T} Z_\alpha(\tau)$$

Yapısal kırılmanın modellendiği eşitliklerde kukla değişken şu şekilde tanımlanır;

$$D_{1t} = \begin{cases} 0 & t \leq [n\tau] \\ 1 & t > [n\tau] \end{cases}$$

Buna göre, bilinmeyen parametre $\tau \in (0,1)$ değişim noktasının (göreceli) zamanlamasını belirler ve köşeli parantez tamsayı kısmı ifade eder. Bu testin boş hipotezi eşbütünleşme yoktur iken, alternatif hipotezi eşbütünleşmenin var olduğu şeklindedir.

Tablo 4.3 Gregory ve Hansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Ülkeler	Testler	Düzye Kırılmalı Modeli		Rejimde Kayma Modeli	
		İstatistik	Kırılma Tarihi	İstatistik	Kırılma Tarihi
Kanada	ADF	-4.013	2000	-4.984	1992
	Z _t	-4.051	1999	-5.066	1992
	Z _a	-25.634	1999	-34.903	1992
Fransa	ADF	-3.707	2008	-4.701	1995
	Z _t	-3.398	2007	-4.784	1995
	Z _a	-20.210	2008	-31.466	1995
Almanya	ADF	-4.879*	1982	-6.533***	1988
	Z _t	-5.562***	1980	-6.233***	1988
	Z _a	-36.387	1981	-44.158	1988
İtalya	ADF	-4.578	1981	-4.627	1982
	Z _t	-4.277	1980	-4.860	1981
	Z _a	-27.620	1980	-33.127	1981
Japonya	ADF	-4.186	1980	-4.061	1980
	Z _t	-4.216	1980	-4.754	1988
	Z _a	-27.537	1980	-32.243	1983
İngiltere	ADF	-4.726*	2001	-4.727	1999
	Z _t	-4.441	2000	-4.482	2000
	Z _a	-27.777	2000	-31.534	2000
ABD	ADF	-4.708*	2005	-4.684	2005
	Z _t	-3.737	1998	-4.351	1994
	Z _a	-20.575	1998	-25.397	1994
Türkiye	ADF	-4.302	2010	-4.425	2004
	Z _t	-4.341	2010	-4.475	2004
	Z _a	-25.780	2010	-27.436	1995

Not: Tek kırılmayı dikkate alan eşbütünleşme testi yapılırken Akaike bilgi kriteri kullanılmış, maksimum gecikme sayısı 4 ve trimmage 0.15 olarak belirlenmiştir. Düzye kırılma modelinde, ADF ve Z_t için kritik değerler; -5.44 (%1), -4.92 (%5), -4.69 (%10) ve Z_a için kritik değerler; -57.01 (%1), -46.98 (%5) ve -42.49 (%10)'tür. Rejimde kayma modelinde ADF ve Z_t için kritik değerler; -5.97 (%1), -5.50 (%5), -5.23 (%10) ve Z_a için kritik değerler; -68.21 (%1), -58.33 (%5) ve -52.85 (%10)'tir. Kritik değerler Gregory ve Hansen (1996) Tablo 1'den alınmıştır. Sırasıyla; *** (%1), ** (%5) ve * (%10) ifade eder.

Gregory ve Hansen (1996) eşbütünleşme testi sonuçları değerlendirildiğinde, Kanada, Fransa, İtalya, Japonya ve Türkiye'de hem düzye hem de rejimde değişmeler dikkate alındığında ekonomik büyüme ve fosil-fosil olmayan enerji tüketimleri arasında uzun dönemli bir ilişkinin olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, Almanya için düzye ve rejimde, İngiltere ve ABD için düzye kırılmanın olduğu eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir.

4.3.2. Çift Kırılmayı Dikkate Alan Eşbütünleşme Testi ve Bulguları

Literatürde yapısal kırılmaları dikkate almayan eşbütünleşme testleri eşbütünleşme vektörünün, incelenen zaman periyodu boyunca aynı kaldığı varsayımı üzerine geliştirilmiş ve hata terimi temelli bu testler basitliklerinden dolayı çokça kullanılmıştır. Ekonomideki aktörlerin tercih ve davranışlarındaki değişiklikler, politika ve rejim değişiklikleri, örgütsel ve kurumsal değişiklikler, ekonomik şoklar gibi yapısal değişiklikler, eşbütünleşme vektöründe değişimlere neden olmakta ve değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisini değiştirebilmektedir (Hatemi-J, 2008:498). Enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkinin tutarlı sonucuna ulaşmada, bir veya daha fazla seride yapısal kırılmanın olması, seriler arasındaki gerçek ilişkinin gizlenmesine neden olabileceği için önemli bir sorundur.

Hatemi-J (2008), tek kırılmayı dikkate alan Gregory ve Hansen (1996) çalışmasını genişleterek, iki kırılmayı dikkate alan bir test geliştirmiştir. Testlerin dağılımı standart dağılım olmadığından ADF , Z_α ve Z_t testleri için Monte Carlo simülasyonları ile yeni kritik değerler üretilmiştir. Bu testte kırılma tarihleri ile ilgili önceden bir bilgi yoktur, temel verilere dayanmaktadır.

Hatemi-J (2008), iki yapısal kırılmanın sabitte ve eğimdeki etkisini (iki rejim kayması) dikkate almak için (4.7) numaralı denklemdeki standart model olan regresyon eşitliğini şu şekilde genelleştirmiştir:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \alpha_2 D_{2t} + \beta_0' x_t + \beta_1' D_{1t} x_t + \beta_2' D_{2t} x_t + u_t \quad (4.11)$$

Eşitlikteki D_{1t} ve D_{2t} kukla değişkenleri şöyle tanımlanır;

$$D_{1t} = \begin{cases} 0 & t \leq [n\tau_1] \\ 1 & t > [n\tau_1] \end{cases}$$

$$D_{2t} = \begin{cases} 0 & t \leq [n\tau_2] \\ 1 & t > [n\tau_2] \end{cases}$$

Burada $\tau_1 \in (0,1)$ ve $\tau_2 \in (0, 1)$ rejim değişim noktasının görelî zamanını temsil eden bilinmeyen parametrelerdir ve köşeli parantez tamsayı kısmını ifade eder.

“Eşbütünleşme yoktur” boş hipotezini test etmek için ADF , Z_α ve Z_t testleri kullanılmıştır. ADF testi $\Delta\hat{u}_{t-1}$ 'in eğimi ile ilgili t -testi ile $\Delta\hat{u}_t$ 'nin gecikmeli değerleri üzerine regrese edilmesi ile hesaplanır. \hat{u}_t tahmini hata terimini ifade eder. Z_α ve Z_t test istatistikleri sapmasız (bias-corrected) birinci dereceden korelasyon katsayısı tahmini $\hat{\rho}^*$ 'nın hesaplanması üzerine kurulmuştur;

$$\hat{\rho}^* = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} (\hat{u}_t \hat{u}_{t+1} - \sum_{j=1}^B \omega(j/B) \hat{\gamma}(j))}{\sum_{t=1}^{n-1} \hat{u}_t^2} \quad (4.12)$$

4.12 numaralı denklemde, $\omega(\cdot)$ spektral yoğunluk tahmincilerinin standart koşullarını sağlayan kernel ağırlıklandırma matrisidir. B , $B \rightarrow \infty$ ve $B/n^5 = O(1)$ koşullarını yerine getiren bant genişliği sayısıdır ve $\hat{\gamma}(j)$ otokovaryans fonksiyonudur. 4.12 numaralı denklemdeki otokovaryans şöyle tanımlanır;

$$\hat{\gamma}(j) = \frac{1}{n} \sum_{t=j+1}^T (\hat{u}_{t-j} - \hat{\rho} \hat{u}_{t-j-1})(\hat{u}_t - \hat{\rho} \hat{u}_{t-1}) \quad (4.13)$$

Burada $\hat{\rho}$, \hat{u}_{t-1} 'in \hat{u}_t üzerindeki EKK tahmini etkisidir. Z_α ve Z_t istatistikleri şu şekilde tanımlanır;

$$Z_\alpha = n(\hat{\rho}^* - 1), \quad (4.14)$$

$$Z_t = \frac{(\hat{\rho}^* - 1)}{(\hat{\gamma}(0) + 2 \sum_{j=1}^B \omega(j/B) \hat{\gamma}(j)) / \sum_{t=1}^{n-1} \hat{u}_t^2}, \quad (4.15)$$

Burada, $\hat{\gamma}(0) + 2 \sum_{j=1}^B \omega(j/B) \hat{\gamma}(j)$, $\Delta\hat{u}_t$ 'nin $\Delta\hat{u}_{t-1}$ üzerindeki regresyon hata terimlerinin uzun dönem varyansını belirtir. Bu testler standart dağılıma sahip olmamakla birlikte, ADF ile Z_t test istatistiğinin asimptotik dağılımları aynıdır. Test istatistikleri, τ_1 ve τ_2 ($\tau_1 \in T_1 = (0.15, 0.70)$ ve $\tau_2 \in T_2 = (0.15 + \tau_1, 0.85)$) için tüm değerler boyunca bu üç testin en küçük değerleridir ki; en küçük değerlerin seğilmesinin sebebi, boş hipoteze karşı ampirik bulguyu temsil etmesidir. Bu test istatistikleri şöyle tanımlanmıştır (Hatemi-J, 2008):

$$ADF^* = \inf_{(\tau_1 \tau_2) \in T} ADF(\tau_1 \tau_2)$$

$$Z_t^* = \inf_{(\tau_1 \tau_2) \in T} Z_t(\tau_1 \tau_2)$$

$$Z_\alpha^* = \inf_{(\tau_1 \tau_2) \in T} Z_\alpha(\tau_1 \tau_2)$$

Bu testin boş hipotezi eşbütünlük yoktur iken, alternatif hipotezi eşbütünlüğün var olduğu şeklindedir. Buna göre, yukarıda verilen test istatistikleri esas alınarak karar verilen eşbütünlük ilişkisinin sonuçları Tablo 4.4'de yer almaktadır.

Tablo 4.4. Hatemi-J Eşbütünlük Testi Sonuçları

HJ-2008		Rejim Değişikliği				
Ülkeler	Testler	İst.	Kırılma Tarihi	% 1	% 5	% 10
Kanada	ADF	-7.592***	1988-1994	-6.928	-6.458	-6.224
	Zt	-7.678***	1988-1994	-6.928	-6.458	-6.224
	Za	-52.375	1988-1994	-99.458	-83.644	-76.806
Fransa	ADF	-6.163	1981-1997	-6.928	-6.458	-6.224
	Zt	-5.468	1977-1997	-6.928	-6.458	-6.224
	Za	-37.435	1977-1997	-99.458	-83.644	-76.806
Almanya	ADF	-7.868***	1987-1992	-6.928	-6.458	-6.224
	Zt	-7.012***	1989-2005	-6.928	-6.458	-6.224
	Za	-47.054	1989-2005	-99.458	-83.644	-76.806
İtalya	ADF	-7.072***	1979-1981	-6.928	-6.458	-6.224
	Zt	-6.641**	1980-1998	-6.928	-6.458	-6.224
	Za	-44.536	1980-1998	-99.458	-83.644	-76.806
Japonya	ADF	-4.516	1975-1979	-6.928	-6.458	-6.224
	Zt	-7.741***	1988-1999	-6.928	-6.458	-6.224
	Za	-52.403	1988-1999	-99.458	-83.644	-76.806
İngiltere	ADF	-5.866	1990-2001	-6.928	-6.458	-6.224
	Zt	-5.933	1990-2001	-6.928	-6.458	-6.224
	Za	-40.057	1990-2001	-99.458	-83.644	-76.806
ABD	ADF	-5.854	1984-1990	-6.928	-6.458	-6.224
	Zt	-5.890	1984-1990	-6.928	-6.458	-6.224
	Za	-39.726	1984-1990	-99.458	-83.644	-76.806
Türkiye	ADF	-6.803**	1981-1996	-6.928	-6.458	-6.224
	Zt	-6.882**	1978-1998	-6.928	-6.458	-6.224
	Za	-47.081	1978-1998	-99.458	-83.644	-76.806

Not: Hatemi-J eşbütünlük testinde Akaike bilgi kriteri ile maksimum gecikme sayısı 4 ve trimaj=0.10 belirlenerek yapılmıştır. Tabloda verilen kritik değerler Hatemi-J (2008) Tablo 1'den alınmıştır. Sırasıyla; *** (%1), ** (%5) ve * (%10) ifade eder.

Tablo 4.4'te Hatemi-J (2008) tarafından geliştirilen çift kırılmalı eşbütünleşme test sonuçları gösterilmektedir. Analizin tutarlılığı açısından tüm ülkelerde ADF tipi test sonuçları yorumlanacaktır. Buna göre Kanada, Almanya, İtalya ve Türkiye için kişi başına GSYH ile fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Bu ülkelerde ADF tipi testlerde eşbütünleşmenin olmadığı boş hipotezi en az %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir.

Kanada için kırılma tarihleri 1988-1994 yılları olarak belirlenmiştir. 1988 petrol krizi sonrasında, 1994 yılı ise Asya krizinin yaşandığı ekonomik kriz dönemine denk gelmektedir. Eşbütünleşme testi bulgularına göre, Almanya'da kırılmanın gerçekleştiği 1987-1992 yılları Berlin Duvarı'nın yıkılmadan önceki ve yıkıldıktan sonra Doğu ve Batı Almanya'nın birleştiği tarihleri göstermektedir. İtalya için kırılma tarihleri olan 1979-1981 yılları, petrol krizlerinin yaşandığı yıllara denk gelmektedir.

Testte Türkiye'de yakalanan kırılma tarihleri 1981-1996'dır. 1981 yılı, OPEC ülkelerinin petrol fiyatlarını 1979 ve 1980 yıllarında ikinci kez arttırmasından sonra yaşanan ekonomik kriz sonrası işaret etmektedir. Artan enflasyon ve artan işsizlik ile birlikte ekonomiyi tekrar kontrol altına almak için hükümet 1980 yılında 24 Ocak kararlarını uygulamaya koymuştur. Ardından gerçekleşen 1980 askeri darbesinin etkileri 1981 yılında yaşanan kırılmayı işaret etmektedir. 1996 yılı ise 1994 ekonomik krizinin etkilerinin devam ettiği yüksek enflasyon sürecinin yaşandığı bir dönemdir. 1996 yılında Türkiye Gümrük birliğine dâhil olmuştur. Türkiye'nin bir yandan ekonomik sorunları diğer yandan siyasi sorunları yaşandığı yılları işaret etmektedir.

4.3.3. Uzun Dönem Eşbütünleşme Vektörünün Tahmin Edilmesi

Bir önceki aşamada Kanada, Almanya, İtalya ve Türkiye için söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu tespit edildiğinden, çalışmaya uzun dönem eşbütünleşme vektörünün uzun dönem eşbütünleşme tahmincileri (FMOLS, DOLS ve CCR) kullanılarak tahmin edilmesi ile devam edilmektedir.

4.3.3.1. Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (Fully Modified Ordinary Least Square-FMOLS)

Philips ve Hansen (1990); Klasik EKK tahmincisindeki sapmayı ve içsellik sorunlarını düzelterek tam değiştirilmiş EKK tahmincisini geliştirmişlerdir. Phillips ve Hansen, 1990: 101-102'de yer alan FMOLS tahmincisinin elde edilme aşamaları Berk (2014) çalışmasında gösterildiği gibi aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

Aşama 1: EKK yöntemi kullanılarak, açıklayıcı regresyon hataları (w_t) ve eşbütünleşme regresyon hataları (ε_t) bulunur.

Aşama 2: İlk aşamadaki hata terimleri kullanılarak, tek yönlü uzun dönem kovaryans matrisi (Λ) ve kovaryans matrisi (Ω) tahmin edilir.

Aşama 3: Bağımlı değişken içsellik sorununu çözmek için dönüştürülür;

$$\begin{aligned}
 y_t^+ &= y_t - \hat{\omega}_{12} \hat{\Omega}_{22}^{-1} \hat{u}_{2t} & (4.16) \\
 \hat{u}_{2t} &= \Delta \hat{w}_t \\
 y_t^+ &= y_t - \hat{\rho} \Delta X_t \\
 \hat{\rho} &= \frac{\hat{\Omega}_{21}}{\hat{\Omega}_{22}} \\
 y_t^+ &= y_t - \left(\frac{\hat{\Omega}_{21}}{\hat{\Omega}_{22}} \right) \Delta X_t
 \end{aligned}$$

Son olarak FMOLS tahmincisi şu şekilde elde edilir;

$$\hat{\theta}_{FMOLS} = \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma} \end{bmatrix} = \left(\sum_{t=1}^T X_t y_t^+ - T \hat{\lambda}_{12}^+ \right) \left(\sum_{t=1}^T X_t X_t' \right)^{-1} \quad (4.17)$$

Denklemdaki $\hat{\lambda}_{12}^+$ terimi, sapma düzeltme terimidir.

$$\hat{\lambda}_{12}^+ = \hat{\lambda}_{12} - \hat{\omega}_{12} \hat{\Omega}_{22}^{-1} \hat{\Lambda}_{22} \quad (4.18)$$

$$\hat{t}_{FMOLS} = \frac{\hat{\theta}_{FMOLS}}{(\hat{\Omega}_{11} \sum_{t=1}^T X_t^2)} \quad (4.19)$$

4.3.3.2. Kanonik Eşbütünleşme Regresyonu (Canonical Cointegration Regression-CCR)

Klasik EKK'deki sapmayı ve içsellik sorunlarını gidermek için yarı-parametrik düzeltme yapan FMOLS tahmincisinden farklı olarak, veride (Y_t, X_t) durağan dönüşümler kullanan CCR tahmincisi Park (1992) tarafından geliştirilmiştir. Park, 1992: 130-131'de yer alan CCR tahmincisinin elde edilme aşamaları Berk (2014) çalışmasında gösterildiği gibi aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

Aşama 1: EKK yöntemi kullanılarak, açıklayıcı regresyon hataları (w_t) ve eşbütünleşme regresyon hataları (ε_t) bulunur.

Aşama 2: İlk aşamadaki hata terimleri kullanılarak, tek yönlü uzun dönem kovaryans matrisi (Λ) ve kovaryans matrisi (Ω) tahmin edilir. FMOLS'den farklı olarak CCR'de eşanlı kovaryans matrisinin (Σ) de elde edilmesi gerekir.

Aşama 3: Bağımlı ve bağımsız değişkenler içsellik sorununu çözmek için dönüştürülür;

$$X_t^* = X_t - (\hat{\Sigma}^{-1} \hat{\Lambda}_2)' \hat{u}_t \quad (4.20)$$

$$y_t^* = y_t - \left(\hat{\Sigma}^{-1} \hat{\Lambda}_2 \hat{\beta}_{OLS} + \begin{bmatrix} 0 \\ \hat{\Omega}_{22}^{-1} \hat{\omega}_{21} \end{bmatrix} \right)' \hat{u}_t \quad (4.21)$$

Denklemden $\hat{\Lambda}_2$ terimi $\begin{bmatrix} \hat{\Lambda}_{12} \\ \hat{\Lambda}_{22} \end{bmatrix}$ matrisine eşittir. CCR tahmincisi dönüştürülmüş veriye EKK uygulanarak şu şekilde elde edilir;

$$\hat{\theta}_{CCR} = \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma} \end{bmatrix} = (\sum_{t=1}^T X_t^* y_t^*) (\sum_{t=1}^T X_t^* X_t^{*'})^{-1} \quad (4.22)$$

4.3.3.3. Dinamik En Küçük Kareler (Dynamic Ordinary Least Square-DOLS)

Stock ve Watson (1993), EKK tahmincisindeki sapma ve içsellik sorunlarını çözebilmek için, eşbütünleşme regresyonunun, açıklayıcı değişkenlerin düzey değerleri ile birlikte, gecikme (lag-q) ve öncülleriyle (lead-r) genişletilmesini önermiştir. Buna göre, Stock ve Watson, 1993: 792-793'de yer alan DOLS tahmincisinin elde edilme aşamaları Berk (2014) çalışmasında gösterildiği gibi aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$y_t = X_t' \beta + D_{1t}' Y_1 + \sum_{j=-q}^r \delta_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t \quad (4.23)$$

İçsellik sorunu ve sapmanın ortadan kalkması, ΔX_t 'nin gecikme ve öncüllerinin DOLS modeline eklenmesi sonrası eşbütünleşme regresyonu hatalarıyla açıklayıcı değişkenlerdeki inovasyonların dikleşmesiyle olur.

DOLS tahmincisinin kullanılabilmesi için, bağımlı ve açıklayıcı değişken serileri arasında eşbütünleşme ilişkisinin olması gerekir. DOLS yöntemi tek bir denklemlerle çalıştığı için, Johansen yöntemindeki gibi bir denklemden parametre tahmini diğer denklemden model kurma hatasından etkilenmemektedir. Bu yönüyle Johansen ve FMOLS yaklaşımlarına göre daha avantajlı olduğu söylenebilir (Berk, 2014: 73).

4.3.4.4. Uzun Dönem Eşbütünleşme Vektörünün Tahmin Bulguları

Aşağıda verilen Tablo 4.5. ve Tablo 4.6. fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi olarak toplulaştırılmış bağımsız değişkenler ile oluşturulan ekonomik büyüme modelinin FMOLS, CCR ve DOLS tahmin sonuçları gösterilmektedir. Ayrıca OLS sonuçları sağlamlık (robustness) açısından tablolara eklenmiştir. Tablo 4.5., uzun dönem eşbütünleşme vektörünün tahmin bulgularını göstermekte, Tablo 4.6. ise yapısal kırılmalar dikkate alınarak rejim kayma modeli tahminlerini vermektedir. Bunun için yapısal kırılmaları dikkate alan Hatemi-J eşbütünleşme testi sonuçlarına göre, yapısal kırılmaların tespit edildiği Kanada, Almanya, İtalya ve Türkiye'de denklem (4.11)'deki model tahmin edilmiştir. Bu ülkeler için yapısal kırılmaların dikkate alınmadığı tahmin sonuçları ile yapısal kırılmaları dikkate alınarak yapılan tahmin sonuçlarının katsayılarının değiştiği görülmektedir.

Tablo 4.5.'te yer alan ülkelerin FMOLS, CCR ve DOLS tahmin sonuçları incelendiğinde, katsayıların işaretlerinin aynı ve büyüklüklerinin de birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Kanada için FMOLS, CCR ve DOLS tahmin sonuçlarına göre FE tüketimindeki yüzde bir artış, GSYH'yi yüzde 0.86 arttırırken, NFE tüketimindeki yüzde bir artış, GSYH'yi sırasıyla yüzde 0.18, 0.18 ve 0.19 arttırmaktadır.

Almanya için, FMOLS, CCR ve DOLS tahmin sonuçlarına göre, FE tüketiminde yüzde bir artış GSYH'yi sırasıyla; yüzde 1.33, 1.31 ve 1.35 azaltırken, nükleer ve yenilenebilir enerji tüketiminde yüzde birlik bir artış GSYH'yi sırasıyla; yüzde 0.21, 0.21 ve 0.18 arttırmaktadır.

İtalya için sonuçlar değerlendirildiğinde, FMOLS, CCR ve DOLS bulgularına göre, FE tüketimindeki yüzde bir artış, GSYH'yi sırasıyla yüzde 1.79, 1.78 ve 1.75 arttırmaktadır. NFE tüketimindeki yüzde bir artış ise FMOLS ve CCR göre GSYH'yi yüzde 0.35 arttırmaktadır.

Türkiye için, tablodaki sonuçlar incelendiğinde, FMOLS, CCR, DOLS tahmin sonuçlarına göre FE tüketiminde yüzde bir artış GSYH'yi yüzde 0.59 arttırırken, yenilenebilir enerji tüketimindeki yüzde bir artış GSYH'yi yaklaşık yüzde 0.1 azaltmaktadır.

Kanada için FE tüketimindeki yüzde bir artışın, GSYH'yi hangi yönde ve hangi büyüklükte etkileyeceğini gösteren FMOLS, CCR ve DOLS tahmin sonuçları yaklaşık yüzde 0.86 iken, yapısal kırılmaların dikkate alındığı tahminde ise, sonuçlar yaklaşık yüzde 0.40 olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere, yapısal kırılmalar dikkate alındığında katsayıların etkisi yarıdan fazla azalmaktadır. Benzer şekilde, NFE tüketimindeki yüzde bir artış, GSYH'yi yaklaşık yüzde 0.18 artırırken, yapısal kırılmalar dikkate alındığında yaklaşık yüzde 0.30 arttıracığı bulunmuştur. NFE tüketimde meydana gelecek yüzde bir artışın etkisi yapısal kırılmalar dikkate alındığında yaklaşık yüzde 60 fazla olmaktadır.

Tablo 4.5. FMOLS, CCR, DOLS ve OLS Sonuçları

Ülke	Değişken	FMOLS	CCR	DOLS	OLS
Kanada	FE	0.860*** (0.000)	0.859*** (0.000)	0.865*** (0.000)	0.824*** (0.000)
	NFE	0.178*** (0.001)	0.178*** (0.001)	0.191*** (0.003)	0.188*** (0.002)
	C	5.307*** (0.000)	5.312*** (0.000)	5.213*** (0.000)	5.447*** (0.000)
Almanya	FE	-1.327*** (0.000)	-1.307*** (0.000)	-1.354*** (0.000)	-1.104*** (0.000)
	NFE	0.212*** (0.000)	0.217*** (0.000)	0.182*** (0.000)	0.232*** (0.000)
	C	17.228*** (0.000)	17.097*** (0.000)	17.503*** (0.000)	15.883*** (0.000)
İtalya	FE	1.792*** (0.000)	1.782*** (0.000)	1.747*** (0.000)	1.712*** (0.000)
	NFE	0.347*** (0.000)	0.346*** (0.001)	0.217 (0.219)	0.348*** (0.000)
	C	0.544 (0.614)	0.594 (0.549)	1.092 (0.374)	0.927 (0.377)
Türkiye	FE	0.592*** (0.000)	0.590*** (0.000)	0.593*** (0.000)	0.529*** (0.000)
	NFE	-0.096** (0.016)	-0.096** (0.016)	-0.092* (0.055)	-0.051 (0.217)
	C	6.739*** (0.000)	6.744*** (0.000)	6.714*** (0.000)	6.908*** (0.000)

Not: FMOLS, CCR, DOLS ve OLS sonuçlarının altında parantez içindeki sayılar olasılık değerlerini ifade etmektedir. DOLS tahmininde gecikme ve öncül (lag&lead) 1 olarak alınmış, tahminlerde uzun dönem varyans Barlett yöntemi kullanılmıştır. * (%10), ** (%5), *** (%1) anlam düzeylerini gösterir.

Almanya için, yapısal kırılmalar dikkate alındığında FE tüketimi için sadece CCR tahmin sonucu istatistiksel olarak anlamlıdır. Buna göre, Tablo 4.5'te görüldüğü gibi FE tüketiminde yüzde bir artış GSYH'yi CCR tahmininde yüzde 1.31 azaltmaktadır. Yapısal kırılmalar dikkate alındığında ise, FE tüketimindeki yüzde bir artışın GSYH'yi yüzde 0.25 arttırdığı görülmektedir. Bu tahmin sonucu, hem katsayıların yönünün hem de büyüklüğünün değiştiğini ortaya koymaktadır. Yapısal kırılmalar dikkate alındığında, NFE tüketiminde yüzde birlik bir artışın GSYH üzerindeki etkisi sadece katsayıların değişmesi nedeniyle meydana gelmektedir. Bunlar FMOLS, CCR ve DOLS'ye göre yaklaşık yüzde 0.20 iken, yüzde 0.18 olmuştur.

İtalya için sonuçlar değerlendirildiğinde, FMOLS, CCR, DOLS bulgularına göre, FE tüketimindeki yüzde bir artış, GSYH'yi sırasıyla yüzde 1.66, 1.68, 2.24 arttırmaktadır. FE değişkeni için sadece katsayılar da değişiklik olmuştur. NFE tüketimindeki yüzde bir artış ise FMOLS ve CCR'ye göre GSYH'yi yaklaşık yüzde 0.19 arttırmaktadır.

Türkiye için, tablodaki sonuçlar incelendiğinde, FMOLS, CCR, DOLS tahmin sonuçlarına göre FE tüketiminde yüzde bir artış GSYH'yi yüzde 0.59 artırmıştır. Yapısal kırılmalar dikkate alındığında ise tahmin sonuçlarında katsayıların değiştiği görülmektedir. Buna göre FMOLS, CCR ve DOLS katsayıları sırasıyla; 0.37, 0.32 ve 0.75 bulunmuştur. Yapısal kırılmaların dikkate alınmadığı tahminde NFE değişkenin katsayıları istatistiksel olarak anlamlı iken, yapısal kırılmalar dikkate alındığında ise bütün tahminciler için katsayılar istatistiksel olarak anlamsız hale gelmektedir.

Tablo 4.6. Yapısal Kırılmalı FMOLS, CCR, DOLS ve OLS Sonuçları

Ülke	Değişken	FMOLS	CCR	DOLS	OLS
Kanada	FE	0.392*** (0.000)	0.404*** (0.000)	0.369* (0.071)	0.425*** (0.000)
	NFE	0.295*** (0.000)	0.298*** (0.000)	0.312*** (0.000)	0.289*** (0.000)
	C	7.176*** (0.000)	7.104*** (0.000)	7.229*** (0.000)	7.032*** (0.000)
Almanya	FE	0.216 (0.116)	0.251* (0.070)	0.151 (0.304)	0.328** (0.020)
	NFE	0.175*** (0.000)	0.178*** (0.000)	0.168*** (0.000)	0.180*** (0.000)
	C	8.404*** (0.000)	8.190*** (0.000)	8.811*** (0.000)	7.739*** (0.000)
İtalya	FE	1.656*** (0.000)	1.676*** (0.000)	2.239 (0.000)***	1.623*** (0.000)
	NFE	0.189*** (0.003)	0.195*** (0.005)	-0.039 (0.836)	0.143 (0.109)
	C	1.496** (0.015)	1.386*** (0.002)	-0.790 (0.435)	1.756** (0.013)
Türkiye	FE	0.372*** (0.000)	0.321*** (0.000)	0.746*** (0.005)	0.313*** (0.000)
	NFE	-0.003 (0.916)	0.007 (0.814)	-0.099 (0.210)	0.014 (0.657)
	C	7.367*** (0.000)	7.513*** (0.000)	6.273*** (0.000)	7.543*** (0.000)

NOT: FMOLS, CCR, DOLS ve OLS sonuçlarının altında parantez içindeki sayılar olasılık değerlerini ifade etmektedir. DOLS tahmininde gecikme ve öncül (lag&lead) 1 olarak alınmış, tahminlerde uzun dönem varyans Barlett yöntemi kullanılmıştır. Tabloda, Kanada ve Türkiye için ADF, Almanya ve İtalya için Zt testi sonuçlarına yer verilmiştir. * (%10), ** (%5), *** (%1) anlam düzeylerini gösterir.

Eşbütünlük testi sonuçlarına göre değişkenler arasında eşbütünlük bulunmayan ülkelerin OLS ile tahmini yapılmış ve sonuçları Tablo 4.7.'de verilmektedir.

Tablo 4.7. Eşbütünlük İlişkisi Bulunmayan Ülkelerin OLS Sonuçları

	Değişken	Fransa	Japonya	İngiltere	ABD
OLS	FE	0.519* (0.077)	1.357*** (0.000)	0.405 -0.394	0.840*** (0.001)
	NFE	0.307*** (0.000)	0.173*** (0.005)	0.598*** (0.000)	0.392*** (0.000)
	C	6.533*** (0.000)	1.709 -0.154	6.472** (0.016)	2.152 -0.161

Buna göre; Fransa'da OLS tahmin sonuçları FE ve NFE tüketimindeki yüzde bir artışın, GSYH'yi sırasıyla yüzde 0.52 ve 0.31 arttıracığını göstermektedir. Japonya için FE ve NFE tüketiminde meydana gelecek yüzde bir artış GSYH'yi sırasıyla yüzde 1.36 ve 0.17 arttıracaktır. İngiltere'de OLS tahmin sonucu NFE tüketiminde anlamlı bulunmuş ve NFE tüketiminde yüzde bir artışın GSYH üzerinde yaklaşık yüzde 0.60 pozitif yönlü etkisi olacağını göstermektedir. ABD'de FE ve NFE tüketiminde meydana gelecek yüzde bir artış ise GSYH'yi sırasıyla yüzde 0.84 ve 0.39 arttıracaktır.

4.4. Nedensellik Testleri

Çalışmanın ampirik kısmının son aşamasında, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi incelenmektedir. Bu kapsamda, Granger nedensellik testi, Toda&Yamamoto nedensellik testi, Fourier Granger nedensellik testi ve Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi ile bulgular sunulmaktadır.

4.4.1. Standart Granger Nedensellik Testi

Granger (1969) tarafından geliştirilen Granger nedensellik analizi zaman serileri arasındaki nedenselliğin yönünün tespit edilmesini sağlamaktadır. Diğer bir ifadeyle, Granger nedensellik analizi bir değişkenin bugünkü değeri ile diğer değişkenin geçmiş değerleri arasında ilişki olup olmadığını test etmektedir. Bu noktada, X_t ve Y_t gibi iki değişken arasındaki Granger nedenselliği test etmek için (4.24) ve (4.25) numaralı denklemlerdeki gibi bir VAR modeli tahmin edilmektedir.

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{\rho} \alpha_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{\rho} \alpha_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (4.24)$$

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{\rho} \beta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{\rho} \beta_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (4.25)$$

Burada, ρ gecikme uzunluğunu, α ve β tahmin edilecek parametreleri ve ε_t beyaz gürültü sürecine sahip hata terimlerini göstermektedir. Eşitlik (4.24)'de sıfır hipotezi “ X_t değişkeninden Y_t 'ye doğru Granger nedensellik yoktur” $H_0: a_{2i} = 0$ şeklinde tanımlanmaktadır. Wald (F-testi) testi uygulanmasından sonra, eğer sıfır hipotezi reddedilirse, aşağıda tanımlandığı gibi gecikmeli parametrelerden en az biri sıfıra eşitse X_t değişkeninden Y_t 'ye doğru Granger nedensellik yoktur sonucuna, sıfırdan farklıysa; X_t değişkeninden Y_t 'ye doğru Granger nedensellik olduğu sonucuna ulaşılır. Gecikmeli parametrelerin ikisi de sıfırdan farklı ise karşılıklı ilişki durumu söz konusu olacaktır.

$H_0: a_{2i} = 0$ X'den Y'ye nedensellik yoktur.

$H_0: \beta_{1i} = 0$ Y'den X'e nedensellik yoktur.

Standart Granger nedensellik testinin yapılabilmesi serilerin birim kök özellikleri ile ilgilidir. Seriler durağan ise, aralarındaki nedensellik ilişkisi test edilebilmekte, eğer seriler durağan değilse, aralarındaki uzun dönem ilişkinin var olabileceği ihtimali söz konusu olmaktadır. Seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı ise aynı zamanda en az tek yönlü bir Granger nedensellik ilişkisinin olabileceğinin de bir göstergesidir.

Engle ve Granger (1987)'ye göre, seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi varsa, VAR modelleri hata düzeltme modeli şeklinde tahmin edilmeli ve daha sonra nedensellik testi uygulanmalıdır. Seriler eşbütünleşme ilişkisinin varlığı, serilerin arasındaki nedensellik hakkında bilgi vermediği için, hata düzeltme modeli uygulanmaktadır. Bununla beraber, seriler aynı dereceden bütünleşik ve aralarında eşbütünleşme ilişkisi yoksa VAR modelleri serilerin farkları kullanılarak tahmin edilmelidir. Dolayısıyla doğrusal Granger nedensellik analizi yapılırken, serilere birim kök testleri uygulanmalı ve bütünleşme dereceleri tespit edilmelidir. Serilerin aynı dereceden bütünleşik olduğu durumlarda ise, eşbütünleşme testi uygulanmalıdır (Yaraşır Tülümce ve Özpençe, 2014: 286-287).

4.4.2. Toda&Yamamoto Granger Nedensellik Testi (1995)

Toda ve Yamamoto (1995) yaklaşımı, geleneksel nedensellik testlerinden çıkabilecek sapmalı sonuçları engelleyen bir testtir. VAR sisteminde birim kök ve eşbütünleşme ön testlerinin yapılmasını gerektirmemektedir. Toda&Yamamoto yaklaşımında VAR($p + d$) modelinin tahmin edilmesine dayanmaktadır ve ilk yapılması gereken VAR modeli için uygun gecikme uzunluğunun (p) belirlenmesidir. VAR($p + d$) modeli şöyle tanımlanmaktadır:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p+d} \alpha_{1(i+d)} Y_{t-(i+d)} + \sum_{i=1}^{p+d} \alpha_{2(i+d)} X_{t-(i+d)} + \varepsilon_{1t} \quad (4.26)$$

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p+d} \beta_{1(i+d)} Y_{t-(i+d)} + \sum_{i=1}^{p+d} \beta_{2(i+d)} X_{t-(i+d)} + \varepsilon_{2t} \quad (4.27)$$

Burada d serilerin maksimum bütünleşme derecesini göstermektedir.

Granger nedensellik analizi spesifik parametrelere sıfır kısıtlamalarını gerektirdiği için test istatistiği χ^2 veya Wald prensibine dayanan F testi uygulanarak elde edilebilmektedir. Bununla birlikte, VAR modellerinin durağan olmayan değişkenler içerdiği durumlarda F veya χ^2 dağılımları standart olmayan asimptotik özelliklere sahip olabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, Granger nedensellik için uygulanan Wald testlerinin, VAR sisteminin eşbütünleşme özelliklerine bağlı olarak standart olmayan limit dağılımlarıyla sonuçlandığı bilinmektedir (Lütkepohl ve Kratzig, 2004: 148).

Toda&Yamamoto testi, Granger nedensellik analizi için standart Wald testlerinin ilk p katsayı matrisi üzerine uygulaması yapılmaktadır. Bu durumda, sıfır hipotezi $H_0: a_{2i} = 0$, eşitlik (4.26)'da “ X_t değişkeninden Y_t 'ye doğru Granger nedensellik yoktur” biçiminde tanımlanır. Sonrasında, Wald (F-testi) testi uygulaması gerçekleştirilir. Nedensellik testi uygulanırken VAR modelinde d gecikme değerlerine ait parametreler üzerine kısıtlamalar konulmamakla birlikte, bu şekilde elde edilen Wald istatistiğine “değiştirilmiş Wald (modified Wald (MWALD))” istatistiği denir ve χ_p^2 asimptotik dağılımına sahiptir. Toda&Yamamoto testi, serilere birim kök ve eşbütünleşme testlerinin uygulanmasını gerektirmemekte ve seviye değerlerinde kullanılmasına imkân sağlamaktadır.

4.4.3. Fourier Standart Granger (2015) ve Fourier Toda&Yamamoto (2016) Granger Nedensellik Testi

Toda&Yamamoto (1995) Granger nedensellik yaklaşımı ρ 'nin gecikme uzunluğu ve d 'nin değişkenlerin maksimum entegrasyon derecesi olduğu bir VAR ($\rho + d$) modelinin tahmin edilmesine dayanır ve VAR($\rho + d$) modeli Nazlioglu vd. 2016'daki gibi şu şekilde ifade edilebilir:

$$y_t = \alpha + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_{p+d} y_{t-(p+d)} + \varepsilon_t \quad (4.28)$$

y_t ; K içsel değişkenlerini, α ; sabit terimlerin vektörü, β ; katsayı matrislerini ve ε_t ; beyaz gürültü süreci özelliğindeki kalıntıları ifade etmektedir. Granger nedenselliğin boş hipotezi (Granger nedeni değildir), y_t 'nin K . elemanının ilk ρ parametrelerindeki ($H_0: \beta_1 = \dots = \beta_\rho = 0$) kısıtlamasına dayanmaktadır. Bu hipotez için Wald istatistiği, ρ serbestlik derecesine sahip asimptotik bir χ^2 dağılımına sahiptir.

VAR yaklaşımında yapısal kırılmaları kontrol etmek kolay değildir, çünkü; bir değişkende meydana gelen kırılma, diğer değişkenler üzerinde etkili olup onların değişimine neden olabilir. Dolayısıyla yapısal kırılmanın orijinal kaynağını bulmak oldukça güçtür. VAR sürecinde yapısal kırılmalar uygun şekilde kontrol edilmedikçe, tahmin edilen modelde tanımlama hatası oluşacak, tüm etki-tepki ve varyans ayrıştırmaları sorunlu olacaktır. Bununla birlikte, granger nedensellik testinin “granger nedeni değildir” boş hipotezini aşırı reddetme eğiliminde olacak ve gerçekte doğru olan boş hipotez reddedilebilecektir (Ng ve Vogelsang, 2002, Enders ve Jones, 2015).

Enders ve Jones (2015) çalışmasında VAR yaklaşımında kırılmaların sayısının ve zamanının bulunmasını basitleştirmek için az sayıda düşük frekans bileşeni ile fourier yaklaşımı kullanmaktadır. Buna göre, Standart Granger nedensellik testinin kırılmalar keskin olduğunda uygun boyut ve güç özelliklerine sahip olduğu, ancak aşamalı kırılmalar söz konusu olduğunda daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir. Standart Granger nedensellik analizi, VAR modelinin birim kök ve eşbütünleşme özelliklerine duyarlıdır ve nedensellik çıkarımlarında bulunabilmek için birim kök ve eşbütünleşme testlerinin yapılmasını gerektirmektedir. Çünkü Wald testi sadece VAR modelindeki

değişkenler bütünleşik veya eşbütünleşik olduğunda standart olmayan dağılıma sahip olmakla kalmamakta, hata terimlerine de bağlı olmaktadır. Toda-Yamamoto yaklaşımı VAR analizinin birim kök ve eşbütünleşme özelliklerinde güçlü olmasıyla bu problemleri gidermektedir (Nazlioglu vd., 2016: 172).

Nazlioglu vd. (2016) çalışmasında Toda-Yamamoto çerçevesini aşamalı yapısal kırılmalı bir Fourier yaklaşımı yardımıyla genişleterek, Granger nedensellik analizinde kırılmaları hesaba katmak için yeni ve basit bir yaklaşım önermiştir. Yapısal kaymaları dikkate almak için, kesişme terimlerinin α 'nın zaman içinde sabit olduğu varsayımını genişleterek, yukarıdaki VAR modeli denklemini şu şekilde değiştirir:

$$y_t = \alpha(t) + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_{p+d} y_{t-(p+d)} + \varepsilon_t \quad (4.29)$$

4.29 numaralı denklemde, sabit terim $\alpha(t)$, zamanın fonksiyonu olmakla birlikte, y_t 'deki yapısal kırılmaları da ifade eder. Yapısal kaymaları bilinmeyen bir tarih, sayı ve kırılma şekli ile kademeli bir süreç olarak yakalamak için, Fourier genişlemesi şu şekilde tanımlanmıştır:

$$a(t) = a_0 + \sum_{k=1}^n \gamma_{1k} \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{k=1}^n \gamma_{2k} \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (4.30)$$

Bu eşitlikte, n ; frekans sayısıdır, γ_{1k} ve γ_{2k} ; sırasıyla frekansın genişlik ve uzanımını ölçer. Büyük bir n değerinin, stokastik bir parametre varyasyonu ile ilişkili olma olasılığı yüksektir ve serbestlik derecelerini düşürerek, aşırı uyum problemine yol açabilmektedir. Becker vd. (2006) çalışmasında KPSS tipi test için geliştirdikleri modelde Fourier yaklaşımın tek frekans bileşeni, tarih, sayı ve kırılma biçiminden bağımsız olarak deterministik bileşenlerdeki çeşitli kırılmaları taklit edeceğini bulmuşlardır. Dolayısıyla Nazlioglu vd. (2016) tek frekans bileşenini kullanmış ve $a(t)$ şu şekilde tanımlamıştır:

$$a(t) = a_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (4.31)$$

Bu yaklaşım için, k frekansı belirtir ve 4.31 eşitliği 4.29 denklemine koyarak şu eşitliğe ulaşılır:

$$y_t = a_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_{p+d} y_{t-(p+d)} + \varepsilon_t \quad (4.32)$$

Bu spesifikasyonda, boş hipotez (Granger nedeni değildir.) wald istatistiği kullanılarak test edilebilir. Nazlioglu vd. (2016) geliştirdikleri bu model için Efron (1979)'un geliştirdiği kalıntıların örneklemeden elde edilen bootstrap yaklaşımından hareketle, F istatistiğinin bootstrap dağılımını kullanmışlardır.

4.4.4. Nedensellik Testleri Bulguları

Zaman serisi analizlerinde incelenen zaman periyodunun uzaması ile serilerin bir veya daha fazla yapısal kırılmaya sahip olma olasılığı artmaktadır. Serilerde yapısal kırılmaların varlığı durumunda bu yapının dikkate alınmaması analizlerde model spesifikasyon hatasına yol açabilmektedir. Son yıllarda ekonometri literatüründe bu konu üzerinde önemli çalışmalar yapılmış ve nedensellik analizlerinde de yapısal kırılmaları dikkate alan yeni nesil nedensellik testleri geliştirilmiştir.

Geleneksel yaklaşımlarda keskin kırılmalar olduğu kabulü ile kırılmalar kukla değişkenler ile modellenmiştir (Zivot ve Andrews, 1992 ve Narayan ve Popp, 2010). Bununla birlikte, kırılmaların keskin bir şekilde değil de aşamalı olarak gerçekleştiğini yumuşak geçiş (smooth transition) yaklaşımı ile inceleyen çalışmalar vardır (Leybourne vd., 1988 ve Kapetanios vd., 2003 gibi). Her iki yaklaşım da kırılma tarih, kırılma sayısı ve kırılmaların fonksiyonel biçimlerinin önceden bilinmesini gerektirmektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için Gallant (1981)'in geliştirdiği esnek fourier formuna dayanan fourier yaklaşımı önerilmekte ve bunu kullanan birçok çalışma (Becker vd. 2006, Enders ve Lee, 2012 gibi) bulunmaktadır. Fourier yaklaşımında kırılmaların sayısının, zamanının ve kırılma şeklinin önceden bilinmesine gerek yoktur (Nazlioglu vd., 2016: 172). Bu avantajından dolayı, çalışmanın bu aşamasında uygulanan nedensellik analizi testlerinden Fourier Toda&Yamamoto (2016) Granger nedensellik testi sonuçları yorumlanacaktır.

Gormus vd. (2017) çalışmasında küçük örneklemelerde (T yaklaşık 20 gözlem) Toda&Yamamoto testinin daha az sapma (distortion) gösterdiği ortaya konulmuştur. Toda&Yamamoto testi yapısal kırılmaları yok sayıp, deterministik terim olarak sadece sabit terimi alırken, Fourier Toda&Yamamoto testi yapısal kırılmaları Fourier yaklaşımıyla yakalayabilmektedir. Yapısal kırılmaların daha uzun zaman periyodunda meydana geldiğini destekleyecek nitelikte, gözlem sayısı arttıkça eğer Toda&Yamamoto testi boş hipotezi reddederken Fourier Toda&Yamamoto testi kabul ediyorsa, Fourier Toda&Yamamoto testinin sonuçlarının yorumlanması önerilmektedir. Bununla beraber, Toda&Yamamoto ve Fourier Toda&Yamamoto testlerinin boş hipotezi birlikte reddetmesi durumunda sonucun sağlamlılığının (robustness) desteklendiği ifade edilebilir. Çalışmamızda, ekonometrik sonuçların ekonomik gerçeklere ve beklentilere uygunluğu da göz önüne alınarak Fourier Toda&Yamamoto testinin kümülatif frekans sonuçlarına göre değerlendirmeler yapılacak ve politika önerisinde bulunulacaktır.

Analizde uygulanan nedensellik testleri için maksimum gecikme uzunluğu; $p_{max}=4$, Toda&Yamamoto nedensellik testleri için maksimum entegrasyon derecesi; $d_{max}=1$, Fourier nedensellik testleri için maksimum frekans sayısı; $k_{max}=3$ olarak alınmıştır. Optimal gecikme uzunluğu ve frekans sayısı, Akaike bilgi kriterine göre belirlenmiştir. Sonuç tablolarında yer alan Bootsrap p-value, 1000 replikasyonla elde edilmiştir. Bununla birlikte, olasılık değerlerinin yanında bulunan işaretler, sırasıyla; *** (%1), ** (%5) ve * (%10) ifade eder.

4.4.4.1. Kanada

Kanada için fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi test sonuçları Tablo 4.8'de gösterilmektedir. Yapısal kırılmaların dikkate alınmadığı nedensellik testlerine (Standart Granger nedensellik ve Toda&Yamamoto nedensellik testleri) göre fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır.

Yapısal kırılmaların dikkate alındığı Fourier Standart Granger nedensellik testi ve Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi kümülatif frekans bulgularına göre ise, Kanada'da GSYH'den fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunduğu tespit edilmektedir.

Tablo 4.8. Kanada'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnFe							
Standard GC	0	1	-	0.399	0.527	0.539	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	1.203	0.273	0.268	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	3	2	7.116	0.068*	0.090*	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	19.259	0.001***	0.005***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	3	0.845	0.358	0.356	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	15.728	0.003***	0.010***	Ho red
lnFe=>lnGdp							
Standard GC	0	1	-	0.564	0.453	0.442	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.306	0.580	0.557	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	3	2	2.958	0.398	0.428	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	1.134	0.889	0.885	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	3	1.442	0.230	0.234	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	3.050	0.550	0.542	Ho kabul

Fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik analizi sonuçları Tablo 4.9'da verilmektedir. Yapısal kırılmaları dikkate almayan test sonuçlarına göre, fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi yoktur.

Tablo 4.9. Kanada'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnNfe							
Standard GC	0	1	-	0.189	0.664	0.682	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.040	0.842	0.857	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	2	6.066	0.194	0.226	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	6.349	0.175	0.223	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.017	0.896	0.907	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	0.393	0.983	0.980	Ho kabul
lnNfe=>lnGdp							
Standard GC	0	1	-	0.206	0.650	0.665	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.167	0.683	0.694	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	2	8.058	0.089*	0.099*	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	21.321	0.000***	0.001***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	1.308	0.253	0.277	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	41.038	0.000***	0.000***	Ho red

Bununla birlikte, Fourier Standart Granger nedensellik testi ve Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi kümülatif frekans bulguları, fosil olmayan enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4.10’da Kanada için fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisine yönelik analiz sonuçları gösterilmektedir. Standart Granger nedensellik ve Toda&Yamamoto nedensellik testleri iki değişken arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığını ortaya koyarken; yapısal kırılmaların dikkate alındığı durumda, fosil olmayan enerji tüketiminden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmektedir.

Tablo 4.10 Kanada’nın Fosil Enerji Tüketimi ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnNfe=>lnFe							
Standard GC	0	2	-	2.021	0.364	0.386	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.511	0.475	0.458	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	3	1	7.417	0.060*	0.072*	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	19.671	0.001***	0.004***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	2	1	1.310	0.519	0.518	Ho kabul
Cumulative frequency	5	3	3	12.640	0.005***	0.007***	Ho red
lnFe=>lnNfe							
Standard GC	0	2	-	1.348	0.510	0.501	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	1.325	0.250	0.249	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	3	1	2.027	0.567	0.595	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	3.583	0.465	0.482	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	2	1	0.745	0.689	0.724	Ho kabul
Cumulative frequency	5	3	3	0.246	0.970	0.968	Ho kabul

4.4.4.2. Fransa

Fransa’da ekonomik büyüme ile fosil enerji tüketimi arasındaki ilişki Tablo 4.11’de verilmektedir. Yapısal kırılmaları dikkate almayan Standart Granger nedensellik testine göre ekonomik büyümeden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi görülürken, Toda&Yamamoto testine göre fosil enerji tüketimi ile GSYH arasında herhangi bir ilişki tespit edilememektedir.

Yapısal kırılmaları dikkate alan nedensellik testlerinde ise, Fourier Standart Granger nedensellik testine göre ekonomik büyümeden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi varken, Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testine göre, fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilememektedir.

Tablo 4.11 Fransa'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnFe							
Standard GC	0	1	-	5.135	0.023**	0.029**	Ho red
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.003	0.956	0.957	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	3	1	20.754	0.000***	0.001***	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	16.050	0.003***	0.006***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.143	0.705	0.695	Ho kabul
Cumulative frequency	5	3	3	1.440	0.696	0.716	Ho kabul
lnFe=>lnGdp							
Standard GC	0	1	-	0.832	0.362	0.358	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.478	0.489	0.500	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	3	1	3.113	0.374	0.386	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	6.539	0.162	0.176	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.0004	0.984	0.986	Ho kabul
Cumulative frequency	5	3	3	2.860	0.414	0.435	Ho kabul

Tablo 4.12'de gösterilen ekonomik büyüme ve fosil olmayan enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisi incelendiğinde, yapısal kırılmaları dikkate almayan Standart Granger nedensellik testine göre değişkenler arasında herhangi bir ilişki söz konusu değildir. Toda&Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre, ekonomik büyümeden fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Tablo 4.12. Fransa'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
InGdp=>InNfe							
Standard GC	0	4	-	4.693	0.320	0.313	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	4	-	8.283	0.082*	0.097*	Ho red
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	15.749	0.000***	0.002***	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	10.967	0.027**	0.052*	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	3	1	6.334	0.096*	0.097*	Ho red
Cumulative frequency	5	4	3	11.206	0.024**	0.067*	Ho red
InNfe=>InGdp							
Standard GC	0	4	-	6.253	0.181	0.216	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	4	-	1.735	0.784	0.772	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	1.145	0.285	0.290	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	11.071	0.026**	0.055*	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	3	1	0.451	0.930	0.928	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	7.533	0.110	0.167	Ho kabul

Yapısal kırılmaları dikkate alan nedensellik testlerinin bulguları ise şu şekildedir: Fourier Standart Granger nedensellik testi tek frekans ve Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi sonuçlarına göre ekonomik büyümeden fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır. Bununla birlikte, Fourier Standart Granger nedensellik testi kümülatif frekans sonucuna göre ise fosil olmayan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir ilişki tespit edilmektedir.

Tablo 4.13. Fransa'nın Fosil Enerji Tüketimi ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
InNfe=>InFe							
Standard GC	0	3	-	3.113	0.374	0.376	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	4	-	2.975	0.562	0.551	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	3	1	27.608	0.000***	0.000***	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	17.727	0.001***	0.005***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	4	1	9.764	0.045**	0.074*	Ho red
Cumulative frequency	5	4	3	12.492	0.014**	0.035**	Ho red
InFe=>InNfe							
Standard GC	0	3	-	2.080	0.556	0.567	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	4	-	7.285	0.122	0.165	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	3	1	23.255	0.000***	0.001***	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	9.586	0.048**	0.066*	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	4	1	15.295	0.004***	0.015**	Ho red
Cumulative frequency	5	4	3	12.770	0.012**	0.029**	Ho red

Fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi arasındaki ilişkiye dair bulgular Tablo 4.13’de yer almaktadır. Yapısal kırılmaların dikkate alınmadığı nedensellik testlerine göre değişkenler arasında herhangi bir ilişkiye rastlanmamaktadır. Fakat, yapısal kırılmaları dikkate alan, Fourier Standart Granger nedensellik ve Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testlerinde değişkenler arasında karşılıklı bir ilişkinin var olduğu sonucu bulgular arasındadır.

4.4.4.3. Almanya

Almanya’da fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisine yönelik test sonuçları Tablo 4.14’de raporlanmaktadır. Yapısal kırılmayı dikkate almayan Standart Granger nedensellik testi, ekonomik büyümeden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi sonucunu ortaya koyarken, Toda&Yamamoto nedensellik testine göre iki değişken arasında herhangi bir ilişkinin varlığı söz konusu değildir.

Tablo 4.14. Almanya’nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnFe							
Standard GC	0	1	-	14.100	0.000***	0.000***	Ho red
Toda & Yamamoto	1	1		0.069	0.793	0.810	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	2	8.052	0.090*	0.097*	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	31.728	0.000***	0.001***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.103	0.748	0.739	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	9.815	0.044**	0.086*	Ho red
lnFe=>lnGdp							
Standard GC	0	1	-	0.903	0.342	0.337	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.149	0.700	0.696	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	2	0.729	0.948	0.946	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	0.428	0.980	0.976	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.405	0.524	0.519	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	1.794	0.774	0.772	Ho kabul

Yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier Standart Granger nedensellik testi ve Fourier Toda&Yamamoto nedensellik testi kümülatif frekans sonuçları GSYH’den fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisini sunmaktadır. Son olarak, Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi tek frekans sonuçlarına göre fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki de yoktur.

Tablo 4.15’de raporlanan ekonomik büyüme ve fosil olmayan enerji tüketimi nedensellik testi sonuçlarına göre, yapısal kırılmaları dikkate almayan, Standart Granger nedensellik, Toda&Yamamoto nedensellik testlerine göre değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi yoktur. Yapısal kırılmaları dikkate alan nedensellik testlerinde ise; Fourier Standart Granger nedensellik testine göre çift yönlü bir ilişkinin varlığı tespit edilirken, Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi, tek frekans sonucuna göre herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı, kümülatif frekans sonucuna göre ise, fosil olmayan enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek taraflı bir nedensellik ilişkisinin varlığı bulgular arasındadır.

Tablo 4.15. Almanya’nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnNfe							
Standard GC	0	3	-	0.992	0.820	0.811	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	4		2.566	0.633	0.647	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	4.498	0.034**	0.041**	Ho red
Cumulative frequency	4	1	3	11.606	0.001***	0.001***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	2	1	0.407	0.816	0.829	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	1.539	0.820	0.814	Ho kabul
lnNfe=>lnGdp							
Standard GC	0	3	-	1.820	0.610	0.625	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	4	-	5.274	0.260	0.275	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	3.699	0.054*	0.059*	Ho red
Cumulative frequency	4	1	3	6.843	0.009***	0.018**	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	2	1	2.003	0.367	0.363	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	16.901	0.002***	0.004***	Ho red

Tablo 4.16’da yer alan Almanya’da fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi arasında, yapısal kırılmayı dikkate almayan nedensellik testlerinin sonuçlarına göre, fosil olmayan enerji tüketimi ve fosil enerji tüketimi arasında herhangi bir ilişki söz konusu değildir.

Öte yandan, yapısal kırılmalar dikkate alındığında Fourier Standart Granger nedensellik testi tek frekans sonucu fosil olmayan enerji tüketiminden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisini ortaya koyarken, kümülatif frekans bulgusu değişkenler arasında çift yönlü bir ilişki olduğu sonucunu desteklemektedir. Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi tek frekans sonuçlarına göre, fosil olmayan enerji tüketimi ve fosil enerji tüketimi arasında herhangi bir ilişki yokken,

kümülatif frekans sonucuna göre, Almanya için fosil enerji tüketiminden fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığı söz konusudur.

Tablo 4.16. Almanya'nın Fosil Enerji Tüketimi ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnNfe=>lnFe							
Standard GC	0	4	-	7.776	0.100	0.128	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	2		0.127	0.938	0.938	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	12.592	0.013**	0.025**	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	14.605	0.006***	0.022**	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	2	1	0.357	0.836	0.823	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	6.327	0.176	0.233	Ho kabul
lnFe=>lnNfe							
Standard GC	0	4	-	3.347	0.501	0.478	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	2	-	0.041	0.980	0.976	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	2.732	0.604	0.606	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	10.630	0.031**	0.055*	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	2	1	0.103	0.950	0.953	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	18.770	0.001***	0.008***	Ho red

4.4.4.4. İtalya

İtalya'da fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin arasındaki nedensellik ilişkisi, Tablo 4.17'te raporlanmaktadır. Yapısal kırılmaları dikkate almayan Standart Granger nedensellik testi fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı sonucunu göstermektedir. Toda&Yamamoto testine göre ise, fosil enerji tüketiminden ekonomik büyümeye tek taraflı nedensellik ilişkisi mevcuttur.

Yapısal kırılmaların dikkate alındığı nedensellik testlerinde ise, Fourier Standart Granger nedensellik testi kümülatif frekans ve Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testleri bulguları dikkate alındığında fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi yokken, tek frekans Fourier Standart Granger nedensellik testi sonucuna göre ekonomik büyümeden, fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Tablo 4.17. İtalya'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnFe							
Standard GC	0	1	-	1.049	0.306	0.300	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	3	-	1.062	0.786	0.776	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	6.389	0.011**	0.011**	Ho red
Cumulative frequency	4	3	3	1.648	0.648	0.633	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.343	0.558	0.564	Ho kabul
Cumulative frequency	5	3	3	0.952	0.813	0.827	Ho kabul
lnFe=>lnGdp							
Standard GC	0	1	-	0.725	0.395	0.383	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	3	-	8.073	0.045**	0.046**	Ho red
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	0.048	0.826	0.803	Ho kabul
Cumulative frequency	4	3	3	4.190	0.242	0.269	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	1.493	0.222	0.220	Ho kabul
Cumulative frequency	5	3	3	1.399	0.706	0.710	Ho kabul

Tablo 4.18'de yer alan İtalya'nın fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkisi değerlendirildiğinde, yapısal kırımların dikkate alınmadığı testlerde, Standart Granger nedensellik testine göre, fosil olmayan enerji tüketiminden ekonomik büyümeye tek yönlü bir nedensellik ilişkisi mevcuttur. Toda&Yamamoto nedensellik testine göre ise, ekonomik büyümeden fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmektedir.

Tablo 4.18. İtalya'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnNfe							
Standard GC	0	1	-	1.821	0.177	0.171	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	3	-	6.349	0.096*	0.098*	Ho red
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	6.483	0.011**	0.013**	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	35.541	0.000***	0.000***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	3	1	3.877	0.275	0.293	Ho kabul
Cumulative frequency	5	3	3	3.882	0.275	0.289	Ho kabul
lnNfe=>lnGdp							
Standard GC	0	1	-	3.820	0.051*	0.057*	Ho red
Toda & Yamamoto	1	3	-	4.342	0.227	0.269	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	0.394	0.530	0.512	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	4.250	0.373	0.373	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	3	1	3.353	0.340	0.356	Ho kabul
Cumulative frequency	5	3	3	3.939	0.268	0.305	Ho kabul

Yapısal kırılmaları dikkate alan, Fourier Standart Granger nedensellik testlerine göre, GSYH'den fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi sonucuna rağmen, Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testine göre fosil olmayan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki tespit edilememektedir.

Tablo 4.19'da gösterilen fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi ilişkisine bakıldığında, yapısal kırılmaları dikkate almayan Standart Granger nedensellik testi, fosil olmayan enerji tüketiminden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi sonucuna işaret etmektedir. Toda&Yamamoto nedensellik testinin bulgularına göre fosil olmayan enerji tüketimi ile fosil enerji tüketimi arasında bir ilişki ise tespit edilememektedir.

Tablo 4.19. İtalya'nın Fosil Enerji ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnNfe=>lnFe							
Standard GC	0	1	-	6.400	0.011**	0.013**	Ho red
Toda & Yamamoto	1	1	-	1.151	0.283	0.285	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	3	4.047	0.044**	0.049**	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	2.167	0.705	0.730	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	1.609	0.205	0.204	Ho kabul
Cumulative frequency	5	1	3	0.151	0.698	0.690	Ho kabul
lnFe=>lnNfe							
Standard GC	0	1	-	2.085	0.149	0.148	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.169	0.681	0.692	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	3	1.211	0.271	0.277	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	22.021	0.000***	0.001***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.155	0.694	0.705	Ho kabul
Cumulative frequency	5	1	3	0.360	0.548	0.546	Ho kabul

Yapısal kırılmalar dikkate alındığında, Fourier Standart Granger nedensellik testi tek frekans sonuçlarına göre, fosil olmayan enerji tüketiminden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur. Fourier Standart Granger nedensellik testi kümülatif frekanslarda fosil enerji tüketiminden, fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucu da bulgulardandır. Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testinin bulgularına göre ise fosil olmayan enerji tüketimi ile fosil enerji tüketimi arasında bir ilişki bulunmamaktadır.

4.4.4.5. Japonya

Tablo 4.20’de fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin bulguları yer almaktadır. Japonya’nın bulguları değerlendirildiğinde, yapısal kırılmaları dikkate almayan nedensellik testlerinden Standart Granger nedensellik testine göre fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmektedir. Toda&Yamamoto nedensellik testinde ise bu değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığı gözlenmektedir.

Tablo 4.20. Japonya’nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnFe							
Standard GC	0	3	-	9.501	0.023**	0.039**	Ho red
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.009	0.926	0.925	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	8.051	0.090*	0.098*	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	24.029	0.000***	0.004***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.885	0.347	0.343	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	5.518	0.238	0.274	Ho kabul
lnFe=>lnGdp							
Standard GC	0	3	-	14.539	0.002***	0.008***	Ho red
Toda & Yamamoto	1	1	-	2.584	0.108	0.118	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	3.175	0.529	0.539	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	3.585	0.465	0.459	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	3.407	0.065*	0.066*	Ho red
Cumulative frequency	5	4	3	1.272	0.866	0.855	Ho kabul

Yapısal kırılmaları dikkate alan nedensellik testlerinden Fourier Standart Granger nedensellik testine göre, ekonomik büyümeden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensel ilişki bulunmakla beraber, Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi tek frekansa göre, “fosil enerji tüketimi ekonomik büyümenin granger nedeni değildir” boş hipotezi %10 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir. Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi kümülatif frekans bulgusu ise, fosil enerji tüketimi ile ekonomik arasında herhangi bir nedensellik ilişkisini ortaya koymamaktadır.

Tablo 4.21’deki fosil olmayan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisine dair sonuçlar incelendiğinde, Standart Granger nedensellik testi, ekonomik büyümeden fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğu sonucuna ulaşırken, Toda&Yamamoto nedensellik testine göre, bu değişkenler arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi mevcut değildir. Bununla birlikte, yapısal kırılmaları dikkate alan

nedensellik testlerinde bulgular, ekonomik büyümeden fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 4.21. Japonya'nın Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test	p	k	WALD	χ^2	bootstrap	Decision
					p-value	p-value	
InGdp=>InNfe							
Standard GC	0	4	-	16.306	0.003***	0.009***	Ho red
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.000	0.997	1.000	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	10.952	0.027**	0.037**	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	7.993	0.092*	0.097*	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	4	1	8.804	0.066*	0.087*	Ho red
Cumulative frequency	5	4	3	7.977	0.092*	0.099*	Ho red
InNfe=>InGdp							
Standard GC	0	4	-	1.427	0.839	0.837	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.099	0.752	0.706	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	3.773	0.438	0.439	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	2.550	0.636	0.608	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	4	1	1.021	0.907	0.889	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	0.500	0.974	0.977	Ho kabul

Japonya için fosil olmayan enerji tüketimi ve fosil enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisi aşağıdaki Tablo 4.22'de yer almaktadır. Tablodaki sonuçlara göre, fosil olmayan enerji tüketimi ve fosil enerji tüketimi arasında yapısal kırılmayı dikkate alan ve yapısal kırılmaları dikkate almayan bütün test sonuçları, güçlü (robust) bir nedensellik ilişkisinin olmadığı sonucunu göstermektedir.

Tablo 4.22. Japonya'nın Fosil Enerji Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test	p	k	WALD	χ^2	bootstrap	Karar
					o. değeri	o. değeri	
InNfe=>InFe							
Standard GC	0	3	-	4.590	0.204	0.237	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.207	0.649	0.661	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	5.017	0.286	0.315	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	6.468	0.167	0.193	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	1.129	0.288	0.287	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	0.897	0.925	0.903	Ho kabul
InFe=>InNfe							
Standard GC	0	3	-	0.203	0.977	0.974	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.094	0.759	0.754	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	3.409	0.492	0.492	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	4.790	0.310	0.345	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.050	0.822	0.820	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	6.896	0.142	0.182	Ho kabul

4.4.4.6. İngiltere

İngiltere'nin ekonomik büyüme ve fosil enerji tüketimi arasındaki ilişkiye yönelik test sonuçları Tablo 4.23'de yer almaktadır. Yapısal kırılmanın dikkate alınmadığı nedensellik testlerine göre bu iki değişken arasında bir nedensellik ilişkisi yoktur. Yapısal kırılmaları dikkate alan nedensellik testlerinin tek frekans sonuçlarına göre ise, fosil enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmektedir. Kümülatif frekans sonuçları dikkate alındığında ise, Fourier Toda&Yamamoto nedensellik testi fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi tespit edilmemekle beraber, Fourier Standart Granger nedensellik testi ise fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı nedensellik ilişkisini ortaya koymaktadır.

Tablo 4.23. İngiltere'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnFe							
Standard GC	0	1	-	1.082	0.298	0.279	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	2	-	1.566	0.457	0.478	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	4.878	0.300	0.304	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	16.336	0.003***	0.008***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	2	1	0.159	0.923	0.920	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	4.009	0.405	0.432	Ho kabul
lnFe=>lnGdp							
Standard GC	0	1	-	1.560	0.212	0.215	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	2	-	0.848	0.655	0.646	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	12.073	0.017**	0.021**	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	12.103	0.017**	0.039**	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	2	1	4.737	0.094*	0.091*	Ho red
Cumulative frequency	5	4	3	7.330	0.119	0.142	Ho kabul

Yapısal kırılmaları dikkate alan Standart Granger nedensellik testi ve Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testinin kümülatif frekans sonuçları da yapısal kırılmaları dikkate almayan nedensellik testleri ile aynı bulguların varlığını göstermektedir. Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi kümülatif frekans sonuçları dikkate alındığında ise, fosil olmayan enerji tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulgusu ortaya konulmaktadır.

Tablo 4.24'e göre fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin aksine, yapısal kırılmaları dikkate almayan nedensellik testleri fosil olmayan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir ilişki olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 4.24. İngiltere'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Decision
		p	k		p-value	p-value	
lnGdp=>lnNfe							
Standard GC	0	4	-	9.004	0.061*	0.077*	Ho red
Toda & Yamamoto	1	3	-	7.041	0.071*	0.098*	Ho red
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	9.129	0.058*	0.098*	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	15.428	0.004***	0.019**	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	4	2	10.630	0.031**	0.049**	Ho red
Cumulative frequency	5	4	3	5.098	0.277	0.334	Ho kabul
lnNfe=>lnGdp							
Standard GC	0	4	-	18.460	0.001***	0.004***	Ho red
Toda & Yamamoto	1	3	-	7.274	0.064*	0.077*	Ho red
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	12.342	0.015**	0.032**	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	26.603	0.000***	0.003***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	4	2	8.287	0.082*	0.089*	Ho red
Cumulative frequency	5	4	3	33.784	0.000***	0.001***	Ho red

Tablo 4.25'te yer alan, enerji türlerinin kendi aralarındaki ilişkisinin analiz edildiği fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi ilişkisinde yapısal kırılmaları dikkate almayan Standart Granger nedensellik testine göre fosil enerji tüketimi, “fosil olmayan enerji tüketiminin granger nedeni değildir” boş hipotezi reddedilmektedir. Toda&Yamamoto nedensellik testine göre fosil enerji tüketimi ile fosil olmayan enerji tüketimi arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi yoktur.

Yapısal kırılmaların dikkate alındığı Fourier Standart Granger nedensellik testinin tek frekans sonucunda da Standart Granger nedensellik testine benzer şekilde, fosil enerji tüketiminden fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek taraflı bir nedensellik ilişkisi tespit edilirken, kümülatif frekans sonuçları dikkate alındığında ise; değişkenler arasında karşılıklı nedensellik ilişkisinin olduğu sonucu bulgulardandır. Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi sonuçlarına göre, fosil enerji tüketiminden fosil olmayan enerji tüketimine doğru %1 anlamlılık düzeyinde bir nedensellik ilişkisinin bulgusuna ulaşıldığı da görülmektedir.

Tablo 4.25. İngiltere'nin Fosil Enerji ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnNfe=>lnFe							
Standard GC	0	1	-	0.025	0.874	0.865	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.213	0.644	0.632	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	6.401	0.171	0.187	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	13.466	0.009***	0.020**	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	2	1	1.813	0.404	0.413	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	2.572	0.632	0.642	Ho kabul
lnFe=>lnNfe							
Standard GC	0	1	-	8.425	0.004***	0.010***	Ho red
Toda & Yamamoto	1	1	-	1.967	0.161	0.156	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	4	1	17.905	0.001***	0.006***	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	27.830	0.00001***	0.001***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	2	1	14.028	0.001***	0.003***	Ho red
Cumulative frequency	5	4	3	26.116	0.00003***	0.001***	Ho red

4.4.4.7. Amerika Birleşik Devletleri

ABD için enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin incelendiği bu kısımda, yapılan test sonuçlarına göre fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi Tablo 4.26'da raporlanmaktadır.

Tabloda yer alan bulgulara göre, yapısal kırılmaları dikkate almayan nedensellik testleri fosil enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki olmadığı sonucuna işaret etmektedir.

Yapısal kırılmaların dikkate alındığı Fourier Standart Granger nedensellik testi tek frekans sonucuna göre, ekonomik büyümeden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi varken, kümülatif frekans sonucuna göre ise, fosil enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Fourier Toda&Yamamoto nedensellik testi tek frekans sonucu dikkate alındığında, bu iki değişken arasında herhangi bir ilişki olmadığı sonucu dikkat çekmektedir. Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi kümülatif frekans sonucuna göre, fosil enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru %10 anlamlılık düzeyinde, tek yönlü bir ilişkinin varlığı söz konusudur.

Tablo 4.26. ABD'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test	p	k	WALD	χ^2	bootstrap	Karar
					o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnFe							
Standard GC	0	3	-	2.742	0.433	0.445	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	4		3.694	0.449	0.456	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	3	2	5.312	0.150	0.177	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	22.919	0.0001***	0.002***	Ho red
Fourier							
Single frequency	3	4	2	2.266	0.687	0.692	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	4.993	0.288	0.332	Ho kabul
lnFe=>lnGdp							
Standard GC	0	3	-	1.773	0.621	0.632	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	4	-	2.730	0.604	0.635	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	3	2	10.444	0.015**	0.024**	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	16.408	0.003***	0.012**	Ho red
Fourier							
Single frequency	3	4	2	1.737	0.784	0.793	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	7.958	0.093*	0.099*	Ho red

Tablo 4.27'de yer alan fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelendiğinde, yapısal kırılmaları dikkate almayan, Standart Granger nedensellik testi fosil olmayan enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Toda&Yamamoto nedensellik testi sonucuna göre, fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki söz konusu değildir.

Yapısal kırılmaları dikkate alan nedensellik testlerinde ise sonuçlar şu şekildedir: Fourier Standart Granger nedensellik testi tek frekans ve Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi kümülatif frekans sonuçlarına göre fosil olmayan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift taraflı bir nedensellik ilişkisinin olduğu sonucunu göstermektedir. Fourier Standart Granger nedensellik testi kümülatif frekans sonuçları, temiz enerji tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu desteklemektedir. Fourier Toda&Yamamoto nedensellik testi tek frekans sonucuna göre, fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki bulunamadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 4.27. ABD'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
InGdp=>InNfe							
Standard GC	0	1	-	2.421	0.120	0.107	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1		0.148	0.700	0.709	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	5.619	0.018**	0.033**	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	3.538	0.472	0.450	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	4	2	1.446	0.836	0.840	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	8.995	0.061*	0.087*	Ho red
InNfe=>InGdp							
Standard GC	0	1	-	2.765	0.096*	0.088*	Ho red
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.906	0.341	0.333	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	3.071	0.080*	0.082*	Ho red
Cumulative frequency	4	4	3	21.949	0.0002***	0.002***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	4	2	7.194	0.126	0.159	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	10.629	0.031**	0.048**	Ho red

Tablo 4.28'de yer alan yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier Standart Granger nedensellik testi, fosil olmayan enerji tüketiminden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisini tespit ederken, diğer bütün test sonuçları ABD'de bu iki değişken arasında bir nedensellik ilişkisi olmadığına işaret etmektedir.

Tablo 4.28. ABD'nin Fosil Enerji Tüketimi ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
InNfe=>InFe							
Standard GC	0	1	-	1.858	0.173	0.176	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1		1.881	0.170	0.179	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	2	1	5.122	0.077*	0.080*	Ho red
Cumulative frequency	4	2	3	17.105	0.0002***	0.003***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.628	0.428	0.432	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	3.548	0.471	0.475	Ho kabul
InFe=>InNfe							
Standard GC	0	1	-	0.164	0.685	0.690	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.161	0.689	0.689	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	2	1	0.097	0.953	0.960	Ho kabul
Cumulative frequency	4	2	3	3.732	0.155	0.181	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.062	0.804	0.781	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	1.858	0.762	0.752	Ho kabul

4.4.4.8. Türkiye

Türkiye’de ekonomik büyüme ve fosil enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisinin test sonuçları Tablo 4.29’da raporlanmaktadır. Buna göre, yapısal kırılmaları dikkate almayan nedensellik testlerine göre, fosil enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin varlığını tespit edilememektedir.

Yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier Standart Granger nedensellik testi tek frekans sonucuna göre de, fosil enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi yoktur. Bununla birlikte, Fourier Standart Granger nedensellik testi kümülatif frekans sonucu ve Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testlerine göre, fosil enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmektedir.

Tablo 4.29. Türkiye’nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnFe							
Standard GC	0	1	-	0.248	0.619	0.627	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1		1.159	0.282	0.287	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	3	0.463	0.496	0.492	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	6.345	0.175	0.208	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	1.187	0.276	0.293	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	2.150	0.708	0.696	Ho kabul
lnFe=>lnGdp							
Standard GC	0	1	-	1.967	0.161	0.164	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	1.456	0.228	0.228	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	3	1.786	0.181	0.206	Ho kabul
Cumulative frequency	4	4	3	19.886	0.001***	0.003***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	3.411	0.065*	0.079*	Ho red
Cumulative frequency	5	4	3	9.706	0.046**	0.075*	Ho red

Tablo 4.30’da fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisine yönelik sonuçlar yer almaktadır. Buna göre, yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier Standart Granger nedensellik testi, ekonomik büyümenin fosil olmayan enerji tüketiminin granger nedeni olduğu sonucuna ulaşırken, diğer tüm testler bu iki değişken arasında herhangi bir ilişki olmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 4.30. Türkiye'nin Ekonomik Büyüme ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnGdp=>lnNfe							
Standard GC	0	1	-	2.562	0.109	0.116	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1		0.057	0.812	0.809	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	8.681	0.003***	0.007***	Ho red
Cumulative frequency	4	1	3	8.218	0.004***	0.005***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.154	0.695	0.710	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	2.460	0.652	0.677	Ho kabul
lnNfe=>lnGdp							
Standard GC	0	1	-	0.026	0.872	0.865	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.181	0.671	0.672	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	1	0.084	0.772	0.766	Ho kabul
Cumulative frequency	4	1	3	1.452	0.228	0.245	Ho kabul
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.002	0.962	0.975	Ho kabul
Cumulative frequency	5	4	3	6.901	0.141	0.172	Ho kabul

Son olarak fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi ilişkisini raporlayan Tablo 4.31 incelendiğinde, yapısal kırılmaları dikkate almayan Standart Granger nedensellik testi fosil enerji tüketiminden fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Toda&Yamamoto nedensellik testi ise, fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığını tespit etmektedir.

Yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier Standart Granger nedensellik testi tek frekans sonucu, fosil enerji tüketiminden fosil olmayan enerji tüketimine tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu işaret ederken, kümülatif frekans sonucuna göre; fosil enerji tüketimi ile fosil olmayan enerji arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisinin varlığı kabul edilmektedir. Bununla birlikte, Fourier Toda&Yamamoto nedensellik testi, fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı bulgular arasındadır.

Tablo 4.31. Türkiye'nin Fosil Enerji ve Fosil Olmayan Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik Testleri Sonuçları

	Gauss test			WALD	χ^2	bootstrap	Karar
		p	k		o. değeri	o. değeri	
lnNfe=>lnFe							
Standard GC	0	1	-	0.001	0.980	0.983	Ho kabul
Toda & Yamamoto	1	1		0.094	0.760	0.750	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	3	0.466	0.495	0.495	Ho kabul
Cumulative frequency	4	1	3	2.806	0.094*	0.099*	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.297	0.586	0.579	Ho kabul
Cumulative frequency	5	1	3	2.703	0.100	0.110	Ho kabul
lnFe=>lnNfe							
Standard GC	0	1	-	6.954	0.008***	0.009***	Ho red
Toda & Yamamoto	1	1	-	0.290	0.590	0.611	Ho kabul
Fourier Standard GC							
Single frequency	2	1	3	6.920	0.009***	0.009***	Ho red
Cumulative frequency	4	1	3	19.493	0.00001***	0.000***	Ho red
Fourier Toda&Yamamoto GC							
Single frequency	3	1	1	0.00003	0.996	0.999	Ho kabul
Cumulative frequency	5	1	3	0.361	0.548	0.555	Ho kabul

4.5. Bölüm Değerlendirmesi

Ekonometrik bulguların iktisadi olayları açıklayıcı etkisi ve politika önerileri yapmaya uygun olması iktisadi gerçeklere uygunluğu ile ilişkilidir. Bu bakımdan, ekonometrik yöntemde kullanılan modelin iktisat teorisinden hareketle oluşturulması gerekmektedir. 1970'lerde yaşanan enerji krizlerinden sonra giderek gelişen ekonomik büyüme literatüründe emek ve sermaye ile birlikte ekonomik büyümenin belirleyicisi olarak enerji de üretim fonksiyonuna dâhil edilmiştir. Buradan hareketle, çalışmanın temel araştırma sorunsalı olan ekonomik büyüme ile enerji arasında nasıl bir ilişki olduğu sorusuna cevap aranırken uygulanan ekonometrik yöntemlerin oldukça önemli bir payının olduğunun göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Modelde yer alan serilerin davranış özelliklerini inceleyen birim kök testleri tek başlarına dahi politika etkilerini açıklamakta kullanılabilmektedir. Apergis ve Payne (2010a) çalışmasında petrol tüketimindeki şokların etkisinin kalıcı veya geçici olduğunu ortaya koymak için birim kök testleri uygulanmaktadır. Birim kök testleri ile serinin durağanlığı veya serideki kırılma tespit edilebilir. Örneğin, durağanlığın tespit edildiği durum politika yapıcılara, sürece şok olarak etki edecek enerji vergi, standart ve tarifeleri ile enerji tasarrufu ve talep yönetimine ilişkin uygulayacak oldukları politikaların etkilerinin geçici olacağını ve tekrar enerji tüketiminin trendine geri döneceğini, politika amacına ulaşamayacağını işaret etmektedir. Dolayısıyla bu durumda uygulanan politikaların etkisi kısa süreli olacaktır.

Burada önemli olan bir diğer husus, enerji tüketim yapısının diğer sektörleri ne ölçüde etkilediğidir. Tüketime yönelik sürekli şoklar makroekonomik toplamlara da iletilebilmektedir. Örneğin, enerji tüketimi serisi birim kök içeriyorsa, enerji talebi ve enerji tahmini modellemesinde, enerji tüketiminin geçmişteki davranışı, gelecek tahminlerinde daha az kullanılacaktır (Apergis ve Payne, 2010a: 6376).

Bu sebeple ekonometrik analize, serilerin karakteristik özelliklerini, şokların seriler üzerindeki etkisinin kalıcı/geçici olduğunu tespit etmek için birim kök testleri yapılarak başlanmıştır. Zaman serisinin uzun olması, seride yapısal kırılmaları da barındırabileceği için, geleneksel birim kök testleri serinin durağanlığı hakkında yanıltıcı bilgi verebilir. Bu sebeple, geleneksel birim kök testine kukla değişkenler ekleyerek geliştirilen yapısal kırılmalı birim kök testleri de uygulanmıştır. Serilerin davranışı hakkında edinilen bilgi genel olarak birim kökün varlığı reddedilemediği şeklinde yorumlanmıştır. Birim kök testlerinden elde edilen bulgu ile eşbütünleşme testleri yapılmış ve modele dâhil ettiğimiz değişkenlerin uzun dönem ilişkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Buna göre; Kanada, Almanya, İtalya ve Türkiye’de eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Fransa, Japonya, İngiltere ve ABD’de eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Eşbütünleşme analizinin ardından nedensellik testleri ile enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi test edilmiş, serilerin arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığı ve yönü belirlenmiştir. Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedenselliğin yönü önemli politik çıkarımlara sahiptir, çünkü nedenselliğin yönünü bilmek enerji tasarrufu ve enerji teşvik sistemleri ile ilgili hükümet politikaları oluşturulması açısından doğrudan etkilere sahiptir (Zikovic ve Vlahinic-Dizdarevic, 2011: 21).

Bu çalışmada bir yandan Dünya Bankası’nın “gelişen ekonomiler” sınıflamasında yer alan Türkiye’nin enerji tüketimi ve ekonomik büyümesi arasındaki ilişki incelenmiştir. Buna ilaveten, dünyanın en gelişmiş ekonomileri kategorisinde yer alan ve aynı zamanda dünyanın en fazla enerji tüketen ülkeleri sıralamasında da en üstte yer alan ülkeler için de aynı analizler gerçekleştirilmiştir. Fosil enerji tüketimi, fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelediğimiz bu çalışmanın literatüre iki önemli katkısı bulunmaktadır. Bildiğimiz kadarıyla enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi analiz eden geniş bir literatür olmasına rağmen, enerji tüketimini fosil ve fosil olmayan şeklinde ayırtıran çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Gelişen dünya ekonomilerinde fosil enerji tüketiminin toplam enerji

tüketimi içerisindeki payının giderek arttığı göz önünde bulundurulursa, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi incelenirken bu iki tür enerji grubunun ayrı ayrı değerlendirmek gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca söz konusu önceki çalışmalarda bireysel ülke analizi yerine panel data analizi gerçekleştirilmiştir. Panel data analizi genellikle zaman serisinin çok kısa olduğu veri setleri için tercih edilmekle birlikte heterojen yapıdaki ülke grupları için elde edilecek ortalama sonuçlar politika yapıcıları için yanıltıcı olabilmektedir. Çalışmada son on yıldır hızla genişleyen zaman serisi literatürünün en güncel teknikleri söz konusu değişkenlere uygulanarak bireysel sonuçlar elde edilmiş, bu sayede ülkeye özgü politika çıkarımları yapılması imkânı elde edilmiştir. Bu anlamda çalışmanın birinci önemli katkısı enerji tüketimini türler bazında ayırarak ekonomik büyüme ile ilişkisini ortaya koymak olurken; ikinci önemli katkısı politika yapıcılar için ülke bazlı sonuçlar sunması oluşturmaktadır.

Fosil enerji tüketimi, fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelediğimiz bu çalışmada, zaman serisi metodolojisi içinde yeni geliştirilen ekonometrik yöntemlerin, farklı enerji tüketimi sınıflandırmasına uygulanması çalışmanın güncelliğini ortaya koymaktadır. Nedensellik testlerinin sonuçları ise özet şeklinde Tablo 4.32’de yer almaktadır⁴.

Tablo 4.32. G7 Ülkeleri ve Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Enerji Tüketimi İlişkisi

Fourier TY GC Kümülatif Frekans	Fourier TY GC Kümülatif Frekans
Kanada	Japonya
FE \leftarrow GDP	FE \neq GDP
NFE \rightarrow GDP	NFE \leftarrow GDP
NFE \rightarrow FE	NFE \neq FE
Fransa	İngiltere
FE \neq GDP	FE \neq GDP
NFE \leftarrow GDP	NFE \rightarrow GDP
NFE \leftrightarrow FE	NFE \leftarrow FE
Almanya	ABD
FE \leftarrow GDP	FE \rightarrow GDP
NFE \rightarrow GDP	NFE \leftrightarrow GDP
NFE \leftarrow FE	NFE \neq FE
İtalya	Türkiye
FE \neq GDP	FE \rightarrow GDP
NFE \neq GDP	NFE \neq GDP
NFE \neq FE	NFE \neq FE

⁴ Ülkelerin bütün nedensellik testlerini kapsayan sadeleştirilmiş tabloları Ek-1.’de yer almaktadır.

Tablo 4.32’de Fourier Toda&Yamamoto kümülatif frekans nedensellik testinin sonuçlarının tüm ülkeler için bir özeti yer almaktadır. Buna göre, aşağıdaki gibi bir değerlendirme yapılabilir.

Fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinde:

- ABD ve Türkiye için fosil enerji tüketimi ekonomik büyümenin granger nedeni değildir boş hipotezi reddedilmektedir. Bu ülkeler için büyüme hipotezi geçerlidir.
- Kanada ve Almanya’da ekonomik büyümeden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu ülkeler için saklama hipotezi geçerlidir.
- Fransa, İtalya, Japonya ve İngiltere’de fosil enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Bu ülkelerde yansızlık hipotezinin varlığı söz konusudur.

Fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinde:

- Kanada Almanya, İngiltere’de fosil olmayan enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu ülkelerde büyüme hipotezi geçerlidir.
- Fransa ve Japonya’da ekonomik büyümeden fosil olmayan enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile saklama hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- ABD için nedensellik testi sonuçları fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisinin varlığına işaret etmektedir.
- İtalya ve Türkiye’de fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı, yansızlık hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi ilişkisinde:

- Kanada’da fosil olmayan enerji tüketiminden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
- Almanya ve İngiltere’de ise, fosil enerji tüketimi fosil olmayan enerji tüketiminin granger nedenidir.

- Fransa’da fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.
- İtalya, Japonya, ABD ve Türkiye’de ise, fosil enerji tüketimi ve fosil olmayan enerji tüketimi arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Kanada’da; fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki saklama hipotezini destekler niteliktedir ve ekonomik büyümeden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensel ilişki vardır⁵. Ülkenin toplam enerji arzındaki en büyük pay doğal gazın, ikinci olarak petrolüdür. Fosil yakıtlar, enerji arzının %70’inden fazlasını ihtiva etmektedir. Nitekim net petrol ihracatçısı bir ülkedir. Bu bakımdan, fosil enerji tüketimini enerji tasarrufu politikaları ile azaltması mümkündür. Fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ise büyüme hipotezini desteklemektedir. Diğer bir ifade ile fosil olmayan enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur⁶. Ayrıca, fosil olmayan enerji tüketiminden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin bulunması da, fosil olmayan enerji tüketiminin artmasının, hem doğrudan hem de dolaylı olarak fosil enerji tüketimini arttırdığını göstermektedir.

Fransa’nın nedensellik testi sonuçları şu şekildedir; GSYH ile fosil olmayan enerji tüketimi arasında saklama hipotezi geçerli olup, ekonomik büyümenin artması temiz enerji tüketimini arttırmaktadır⁷. Fosil enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında yansızlık hipotezini destekler bir sonuç bulunmuştur⁸. Ek-1.’deki tabloda görüldüğü üzere, fosil enerji tüketimi ve GSYH arasındaki ilişki ile temiz enerji ve GSYH arasındaki ilişkinin nedensellik sonuçları Toda&Yamamoto ve Fourier Toda&Yamamoto testi kümülatif frekans sonuçlarına göre aynı işarete sahiptir. Bu sonuçların sağlamlığını (robustness) göstermektedir.

Fransa’da bu sonuçlar paralelinde, ekonomik büyümeden ödün vermeden enerji tasarruf politikaları uygulanabilir. Fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında

⁵ Kanada için saklama hipotezini destekleyen çalışmalar; Zachariadis (2007), Chontanawat vd. (2006, 2008), Yildirim ve Aslan (2012), Bozoklu ve Yilanci (2013), Omri vd. (2015), Destek (2016) bkz.

Ayrıca Kanada için geri besleme hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşan çalışmalar; Ghali ve El-Sakka (2004), Soytaş ve Sari (2006), Lee vd. (2008), Lee ve Chiu (2011a), Bildirici ve Ersin (2015) bkz.

⁶ Kanada için büyüme hipotezini destekleyen diğer çalışmalar; Erol ve Yu (1987), Murray ve Nan (1996), Lee (2006), Narayan ve Smyth (2007), Lee ve Chien (2010), Balcilar vd. (2010), Destek (2015) bkz.

⁷ Fransa için saklama hipotezini destekleyen diğer çalışmalar; Lee (2006), Yoo ve Ku (2009), Lee ve Chien (2010), Smiech ve Papiez (2014), Bildirici ve Ersin (2015) bkz.

⁸ Fransa için yansızlık hipotezinin geçerli olduğu çalışmalar; Erol ve Yu (1987), Murray ve Nan (1996), Zachariadis (2007), Narayan ve Prasad (2008), Nazlioglu vd. (2011), Yildirim ve Aslan (2012), Chu ve Chang (2012), Chu (2012), Tugcu vd. (2012), Chang vd. (2014) bkz.

herhangi bir ilişkinin bulunmaması, Fransa'nın temiz enerji kaynaklarına daha fazla ağırlık vermesini sağlayabilecektir. Bununla birlikte, temiz enerji tüketimi ile fosil enerji tüketimi arasında karşılıklı bir ilişki⁹ bulunduğu görülmektedir. Her ne kadar temiz enerji tüketimi fosil enerji tüketimini etkiliyor olsa da fosil enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi etkilememesi¹⁰, fosil enerji kaynaklarının Fransa'nın enerji kaynak dağılımında düşük pay almasından kaynaklanıyor olabilir. Nitekim, 1970 yılında toplam enerji tüketiminde %90.5 olan fosil enerji tüketiminin payı, 2015 yılı itibariyle %50.2'ye gerilemiştir. Temiz enerji kaynakları, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının toplamından oluşmakta ve Fransa nükleer enerjiden en çok yararlanan ülkeler arasında yer almaktadır. Bu açıdan, kademeli olarak nükleer enerji kaynaklarını yenilenebilir enerji teknolojilerine kaydırması enerji arz güvenliğini sağlarken, ekonomik büyümenin de olumsuz etkilenmemesini sağlayabilecektir.

Almanya için genel bir değerlendirme yapıldığında nedensellik analizi sonuçları, ekonomik büyümeden fosil enerji tüketimine doğru tek yönlü¹¹, temiz enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü¹² ve fosil enerji tüketiminden temiz enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya koymuştur. Buna göre, Almanya'nın ekonomik büyümesinin enerji tüketimini arttırdığı ve enerji tüketimi artışının ekonomik büyümeyi olumlu etkilediği sonucuna varılmaktadır. Doğrudan toplam enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisi test edilmemiş olmakla birlikte enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında dolaylı olarak karşılıklı bir ilişkinin olduğunu söyleyebiliriz. Bununla birlikte, temiz enerji kaynaklarını ilk kullanmaya başlayan ülkelerden biri olarak Almanya'da nükleer enerjinin aşamalı olarak terkedilmesi şayet

⁹ Fransa için geri besleme hipotezinin desteklendiği çalışmalar; Chontanawat vd. (2006, 2008), Lee vd. (2008), Wolde-Rufael ve Menyah (2010), Kum vd. (2012), Farhani vd. (2014b), Omri vd. (2015) bkz.

¹⁰ Fransa için büyüme hipotezini destekleyen çalışmalar; Soytaş ve Sari (2003), Narayan ve Smyth (2007), Nachane vd. (1988), Soytaş ve Sari (2006), Narayan ve Smyth (2007), Ang (2007), Destek (2015), Destek (2016) bkz.

¹¹ Almanya için saklama hipotezini destekleyen çalışmalar; Erol ve Yu (1987), Soytaş ve Sari (2006), Tugcu vd. (2012), Bozoklu ve Yilanci (2013), Bildirici ve Ersin (2015), Destek (2015) bkz.

¹² Almanya için büyüme hipotezini destekleyen çalışmalar; Soytaş ve Sari (2003), Narayan ve Smyth (2007), Chu ve Chang (2012) bkz.

Geri besleme hipotezi sonucuna ulaşan çalışmalar için Nachane vd. (1988), Chontanawat vd. (2006, 2008), Lee vd. (2008), Chu (2012), Kum vd. (2012), Lei vd. (2014) bkz.

Yansızlık hipotezi sonucuna ulaşan çalışmalar için Murray ve Nan (1996), Lee (2006), Zachariadis (2007), Narayan ve Prasad (2008), Yoo ve Ku (2009), Lee ve Chien (2010), Yıldırım ve Aslan (2012), Smiech ve Papiez (2014), Destek (2016) ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında herhangi bir nedensellik olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Nazlıoğlu vd. (2011) çalışmasında Almanya için panel nedensellik testine göre yansızlık hipotezi tespit edilmişken, Toda&Yamamoto sonuçlarına göre nükleer enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

yenilenebilir enerji yatırımları ve yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji kaynak dağılımındaki ağırlığı arttırılmadan yapılacak olursa ekonomik büyümenin olumsuz etkilenebileceğini söylemek yanlış olmayacaktır.

İtalya'nın nedensellik testleri sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında, yansızlık hipotezini destekler, herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır¹³. Aynı zamanda, fosil ve temiz enerji tüketimlerinin de bir nedensellik ilişkisine sahip olmadığı güçlü sonucuna ulaşılmıştır. Bu bakımdan, enerji tüketimi ekonomik büyümenin belirleyicileri arasında olmadığı için, enerji tasarrufu politikalarının uygulanması mümkündür.

İtalya'da gerek fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme gerekse fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki bulunamamış olması, İtalya'nın Ek-2.'de yer alan grafiklerde görüldüğü üzere büyüme hızıyla, fosil enerji ve fosil olmayan enerji tüketimi hızının farklı trend yapısı içermesi bakımından da desteklenmektedir.

Japonya için Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testinin kümülatif frekanslar altındaki sonuçları ile genel bir değerlendirme yapılacak olursa, fosil enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiş ve yansızlık hipotezinin geçerliliği desteklenmiştir¹⁴. Bununla birlikte, temiz enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında, ekonomik büyümeden temiz enerji tüketimine doğru %10 anlamlılık düzeyinde tek yönlü bir nedensellik ilişkisi ile saklama hipotezinin desteklendiği tespit edilmiştir¹⁵. Fosil enerji tüketimi ile temiz enerji tüketimi arasında ise herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Fosil enerji tüketimi ile temiz enerji tüketimi arasında ise herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Fosil enerji tüketimi ile ekonomik

¹³ İtalya için, Zachariadis (2007), Balcilar vd. (2010), Tugcu vd. (2012), Smiech ve Papiez (2014) ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında herhangi bir nedensellik olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

¹⁴ Japonya için, Kum vd. (2012), Chang vd. (2014), Omri vd. (2015) ile elektrik tüketimi ve reel GSYH ilişkisini bootstrapped granger nedensellik testi ile inceleyen Narayan ve Prasad (2008), çalışmasında herhangi bir ilişki bulamamıştır. Nazlioglu vd. (2011) çalışmasında Japonya için panel granger nedensellik testine göre yansızlık hipotezi tespit edilmişken, Toda-Yamamoto sonuçlarına göre büyümeden nükleer enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi ile saklama hipotezinin varlığı tespit edilmiştir.

¹⁵ Japonya için saklama hipotezini destekleyen çalışmalar için; Cheng (1998), Lee (2006), Lee ve Chien (2010), Jinke vd. (2008), Nazlioglu vd. (2011) bkz.

Büyüme hipotezi sonucuna ulaşan çalışmalar için; Soytaş ve Sari (2003), Zachariadis (2007), Yildirim ve Aslan (2012), Narayan ve Smyth (2007), Lee ve Chang (2008), Chu (2012), Chu ve Chang (2012), Destek (2016) bkz.

Geri besleme hipotezini destekleyen çalışmalar için; Yu ve Choi (1985), Erol ve Yu (1987), Nanchane vd. (1988), Soytaş ve Sari (2006), Chontanawat vd. (2006, 2008), Mahadevan ve Asafu-Adjaye (2007), Lee vd. (2008), Bozoklu ve Yilanci (2013), Lei vd. (2014), Furuoka (2016), Saboori vd. (2017) bkz.

büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin bulunmaması enerji tasarrufu politikalarının uygulanmasının ekonomik büyüme olumsuz bir etkisinin olmayacağını ortaya koymaktadır. Ekonomik büyümenin sürdürülmesi temiz enerji tüketimini de arttırmaktadır. 2011 yılında gerçekleşen Fukuşima nükleer sızıntısı sonrasında nükleer enerji programını bir süre durduran Japonya, enerji karmasında, nükleer enerjinin ve yenilenebilir enerjinin payı arttıkça fosil enerji kullanımından ekonomik büyüme zarar vermeden uzaklaşabilecektir.

İngiltere için, Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik kümülatif frekans bulgularını dikkate alarak genel bir analiz yaptığımızda fosil enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında yansızlık hipotezini destekleyen¹⁶, fosil enerji tüketimi ile GSYH arasında bir ilişkinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Temiz enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında ise, büyüme hipotezinin geçerli olduğu, temiz enerji tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir¹⁷. Son olarak temiz enerji tüketimi ile fosil enerji tüketimi ilişkisi incelendiğinde fosil enerji tüketiminin, temiz enerji tüketiminin granger nedeni olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, İngiltere'de nükleer ve yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümede çok önemli bir role sahip olduğu Toda&Yamamoto nedensellik ve Fourier Toda&Yamamoto nedensellik testi kümülatif frekans sonuçlarına göre güçlü bir şekilde ortaya koyulmuştur. İngiltere'nin Ek-2.'de yer alan grafiği incelendiğinde, fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme trendlerinin benzer yapıda olması sonucu doğrular niteliktedir. Bu bulgular, enerji arzında meydana gelecek kesintilerin ve şokların ekonomik büyüme üzerinde önemli etkisi olabileceğini ifade etmektedirler.

ABD için yapılan nedensellik analizi Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testi kümülatif frekans sonuçlarına göre genel olarak değerlendirilirse, fosil enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında büyüme hipotezinin geçerli olduğu

¹⁶ İngiltere için yansızlık hipotezini destekleyen çalışmalar; Yu ve Choi (1985), Erol ve Yu (1987), Murray ve Nan (1996), Soytaş ve Sari (2003), Lee (2006), Chontanawat vd. (2006, 2008), Yildirim ve Aslan (2012), Bozoklu ve Yilanci (2013), Smiech ve Papiez (2014), Destek (2015), Omri vd. (2015) bkz.

¹⁷ İngiltere için büyüme hipotezini destekleyen çalışmalar; Nachane vd. (1988), Lee ve Chien (2010), Narayan ve Smyth (2007), Chu ve Chang (2012) bkz.

Saklama hipotezi sonucuna ulaşan çalışmalar için; Zachariadis (2007), Nazlioglu vd. (2011), Kum vd. (2012), Bildirici ve Ersin (2015), Chang vd. (2016) bkz.

Geri besleme hipotezi sonucuna ulaşan çalışmalar için; Soytaş ve Sari (2006), Mahadevan ve Asafu-Adjaye (2007), Narayan ve Prasad (2008), Wolde-Rufael ve Menyah (2010), Nazlioglu vd. (2011), Chang (2014), Destek (2016) bkz.

görülmektedir¹⁸. Fosil enerji tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır. Fosil olmayan enerji tüketimi ve GSYH arasında karşılıklı bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır¹⁹. Enerji türleri arasında ise herhangi bir ilişki bulunmamaktadır. Enerji verimliliği konusunda yapılacak olan çalışmalar ve enerji tasarrufu politikaları ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilir. Bu bakımdan ABD'nin sera gazı salınımını azaltma taahhüdünde bulunmaması ve fosil enerji kaynaklarının kullanımdan temiz enerji kaynaklarına geçmek, fosil enerji tüketiminin enerji kompozisyonundaki payını azaltmak çabalarının sınırlı olmasının temel nedeni olabilir.

Türkiye için nedensellik analizi genel olarak değerlendirildiğinde, fosil enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur²⁰. Bununla birlikte, ekonomik büyüme ve temiz enerji tüketimi arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Türkiye'de nükleer enerji kullanımı henüz başlamadığı için temiz enerji ile kast edilen yenilenebilir enerji tüketimidir. Yenilenebilir enerjinin, enerji kaynakları dağılımında çok düşük bir paya sahip olması ve nükleer enerjinin kullanılmaması enerji politikalarında fosil enerji kaynaklarının ve arz güvenliğinin önemini daha fazla arttırmaktadır. Büyüme hipotezinin desteklediği nedensellik testi bulgularına göre fosil enerji tüketimi, Türkiye'de ekonomik büyümenin en önemli girdilerinden biri konumundadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve potansiyelinin kullanılması, aynı zamanda temiz enerji olarak gruplandırdığımız enerji tüketimine nükleer enerjinin de ilave edilmesiyle Türkiye büyük bir kalkınma sürecine girecektir.

Türkiye'de Toda&Yamamoto ve Fourier Toda&Yamamoto Granger nedensellik testlerinin fosil olmayan enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik olmaması güçlü sonucunu, Türkiye'nin fosil enerji tüketimindeki büyüme ve GSYH büyümesinin trendlerinin birbirine çok benzer yapıda olmasına karşın, fosil olmayan enerji tüketimi yüksek volatilité (yıllar içinde artan ve azalan) içermesi de destekler niteliktedir.

¹⁸ ABD için büyüme hipotezini destekleyen çalışmalar; Stern (1993), Stern (2000), Soytas ve Sari (2006), Narayan ve Symth (2007), Bowden ve Payne (2009), Chu ve Chang (2012), Bozoklu ve Yilanci (2013) bkz.

¹⁹ ABD için geri besleme hipotezini destekleyen çalışmalar; Lee (2006), Mahadevan ve Asafu-Adjaye (2007), Lee vd. (2008), Menyah ve Wolde-Rufael (2010), Nazlioglu vd. (2011), Chu ve Chang (2012) , Omri vd. (2015) bkz.

²⁰ Türkiye için büyüme hipotezini destekleyen çalışmalar; Murray ve Nan (1996), Soytas vd. (2001), Soytas ve Sari (2003), Altınay ve Karagöl (2005), Işık (2010), Destek (2016) enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulmuşlardır.

Literatür araştırması göstermiştir ki; aynı nedensellik testleri ile aynı ülkeler için yapılan çalışmalarda dahi farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Dolayısıyla enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi üzerinde bir fikir birliği sağlanmış değildir. Kullanılan ekonometrik yöntemlerin farklı olması veya modelde kullanılan verilerin farklılaşması, seçilen örneklemin karakteristik özellikleri bunu etkilemektedir (Lee, 2006: 1086)

Altınay ve Karagol (2004) çalışmasında Türkiye için toplam enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir ilişki bulamamışken, Altınay ve Karagol (2005) çalışmasında elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasında elektrik tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü güçlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu tespit etmiştir. Dolayısıyla, bu çalışmasında elektrik tüketimi ve gelirin doğrudan ilişkilendirilemeyeceğini, ikisinin de muhtemel başka faktörlerden etkileneceğini vurgulamıştır. Fakat bu sonuçtan, elektrik tüketimi artışının ekonomik büyümenin itici gücü olduğu ve elektrik tüketimini karşılamak, dolayısıyla ekonomik büyümeyi sürdürmek için elektrik arzının sağlanmasının çok önemli olduğu belirtilmiştir (Altınay ve Karagol, 2005: 855).

Enerji arz güvenliğinin sağlanması için ülkenin enerji potansiyeli doğru kullanması ve enerji ihtiyacını karşılayacak enerji kaynaklarına sahip değil ise enerji ithalatını ve kaynak planlamasını yapmasını gerektirir. Bu açıdan enerji talep tahminleri önem arz etmektedir. Doğru bir enerji talep tahmini yapabilmek için de, enerji tüketiminin talep fonksiyonunu etkileyen açıklayıcı değişkenleri tanımlamalıdır. Bu noktada, gelir, enerji tüketimine olan talebi açıklarken her zaman gerekli bir değişkendir. Bununla birlikte, gelirden enerji tüketimine nedensellik ilişkisinin var olduğu durumda, enerji tüketiminin talep fonksiyonu, açıklayıcı bir değişken olarak gelir içeriyor olabilir. Lakin, yapılan testlerde herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmuyorsa, açıklayıcı bir değişken olarak geliri kullanan enerji talebi tahmin eşitliği, enerji tüketimi ve gelir arasında sahte bir ilişki doğuracaktır (Lee, 2006: 1091-2).

Enerji tasarrufu politikalarında (enerji verimliliğini sağlayan mallar için mali teşvik gibi) kullanılan en etkili araçlardan biri vergilerdir. Bulgularımızdan da hareketle önerdiğimiz, enerji tasarrufu ile ilgili bir politikanın uygulanmasının amaç haline geldiği bir durumda, uygulanacak olan vergi politikası ekonomik amacının yanında, sosyal amaçları, siyasal amaçları da içeren, bu amaçların hepsinin bir arada değerlendirilmesini gerektiren bir yapıya sahip olmaktadır (Aydın ve Tan, 2016: 63).

Enerji hizmetlerinin üretimi ve kullanımı sırasında oluşan dışsallıkların içselleştirilmesi için uygulanacak politikalar temiz enerji kaynaklarının rekabet gücünü arttıracaktır. Küresel ısınma, iklim değişikliği gibi tüm insanlığı ilgilendiren sorunların çözümünde ulaşılabacak ortak karar (sera gazı salınımını azaltmak gibi) ve yeni enerji kaynaklarının teknik ve ekonomik gelişimi enerji kaynak dağılımını belirleyecek unsurlardandır (Toth ve Rogner, 2006: 23). Bu bakımdan, güneş, rüzgar, biyokütle, dalga enerjisi, hidrojen gibi yenilenebilir kaynaklar ile nükleer enerji gibi temiz enerji kaynaklarının önemi giderek artmaktadır. Her ne kadar nükleer enerjinin verimliliği daha mevcut teknolojilerde yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha fazla olsa da, gerek geçmiş kötü tecrübeler gerekse de kamu kabulünü gerektirmesi sebebiyle mesafeli yaklaşılan bir enerji kaynağıdır.

SONUÇ

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisine kamu maliyesi adına bir yaklaşım getirebilmek için ortaya konulan bu çalışmanın birinci bölümünde enerji kaynaklarının sınıflandırılması ve enerji türlerine yönelik istatistiki veriler sunulmuştur. Buna göre, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2015 yılı verileri Türkiye'de fosil enerji kaynaklı enerji tüketiminin, nihai enerji tüketimi içinde %75 pay aldığını göstermektedir. Dünya genelinde fosil enerji tüketiminin oranı ise %85'dir. Türkiye'de, toplam tüketim içinde petrol ürünleri tüketimi %38 ile en büyük paya sahiptir. Türkiye'de fosil enerji kaynaklı tüketimde en büyük ikinci paya sahip olan enerji kaynağını %21 ile doğal gaz oluşturmaktadır. 1980 sonrası kullanılmaya başlayan doğalgaz tüketimi yıllar itibariyle büyük bir artış göstermiştir. 2015 yılına gelindiğinde doğal gaz arzının yaklaşık %45'inin elektrik üretiminde kullanıldığı görülmektedir. Fosil enerji kaynağı olarak kömürün Türkiye'nin nihai enerji tüketimindeki payı ise %9 ile taş kömürüne ve %3 ile linyite aittir. Kömürün enerji tüketimi içindeki payı yıllar itibariyle düşüş göstermiştir.

Nihai enerji tüketimi kaynaklarına göre incelendiğinde Türkiye'de 2015 yılında petrol ve doğal gazdan sonra elektrik enerjisi gelmektedir. Elektrik tüketimi, nihai enerji tüketiminin %19'unu kapsamaktadır. TÜİK verilerine göre, 1980 yılında Türkiye nüfusu yaklaşık 44 milyon ve kentleşme oranı %44 iken, 2015 yılında toplam nüfus yaklaşık 79 milyon ve kentleşme oranı yaklaşık %92 olarak gerçekleşmiş, nüfus artışı ve gelişme düzeyindeki artış ile elektrik tüketiminin de arttığı görülmektedir. Enerji talebi 1980-2000 yılları arasında %147 oranında artarken, 2000-2015 yılları arasında %63 artmıştır. 1980-2015 döneminde enerji talebinin ise dört katına çıktığı görülmektedir. Diğer taraftan, toplam yerli üretim de 1980-2000 yıllarında %49 değişim gösterirken, 2000-2015 yılları arasında %19 oranında pozitif yönlü değişim sergilemiştir. Bu dönem içinde, Türkiye'nin elektrik talebinin giderek artması ve elektrik üretiminin çok önemli bir bölümünün doğal gazdan sağlanması, yaklaşık %99 ithal bağımlısı durumunda bulunması da göz önünde bulundurulduğunda, aynı dönemlerde enerji ithalatı, 1980-2000 için %266, 2000-2015 için %105 artış göstermiştir. Yerli üretimin enerji talebini karşılama oranı, 1980 yılında %54 iken, 2015 yılında %24'e oranına gerilemiştir.

Türkiye fosil enerji kaynak (tükenebilir) rezervleri bakımından zengin bir ülke olmamakla birlikte, yenilenebilir enerji kaynakları (tükenmez) bakımından oldukça büyük bir potansiyele sahiptir. Yenilenebilir kaynaklar arasında yer alan, jeotermal ve güneş enerjisi nihai enerji tüketiminden pay almaya başlamıştır. Ayrıca, 1960'lı yıllardan

günümüze nükleer enerji geliştirme çabaları gösterilmiş, 2009 yılından itibaren Rusya ve Japonya ile yapılan hükümetler arası anlaşmalara dayanan Akkuyu ve Sinop sahalarında inşa edilecek iki nükleer santralin inşasına yönelik kararlı adımlar atılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünün ilk aşamasında Türkiye ve G7 ülkelerinin genel görünümüne ilişkin bir çerçeve sunulmuş ve bu bölümün ikinci aşamasında enerji ve kamu maliyesi ilişkisi çeşitli alt başlıklarla ortaya konulmuştur. Bir üretim faktörü olarak enerji, ekonomilerin temel girdilerinden bir tanesidir. Bu kapsamda, ekonomik ve toplumsal refahın belirleyicilerinden biri olarak enerji büyük bir öneme sahiptir. Bir takım özellikleri itibariyle kamusal mal karakteristiğine sahip bir özel mal olarak enerji, ekonomik mallar sınıflandırmasına göre kamu yararı (public utilities) olarak ifade edilebilir. Enerji kaynaklarına sahip olmak bir devletin refahı ve güvenliği ile yakından ilgilidir. Enerji kaynaklarının yeryüzünde eşitsiz dağılımı, enerji kaynak yoksunu ülkelerin enerji talebinin karşılanabilmesi için, enerjinin taşınmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu kapsamda, Türkiye'nin içinde yer aldığı projeler şu şekilde sıralanabilir; Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı, Bakü-Tiflis-Ceyhan Ana İhraç Ham Petrol Boru Hattı (BTC), Trans-Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP), Rusya-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Batı Hattı), Mavi Akım Gaz Boru Hattı, Doğu Anadolu Doğal Gaz Ana İletim Hattı (İran-Türkiye), Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı (BTE), Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Enterkonneksiyonu (ITG), Türk Akım Gaz Boru Hattı Projesi. Türkiye, dünya petrol ve doğalgaz rezervlerinin yaklaşık %72'lik (%30 Avrupa ve Avrasya, %42 Ortadoğu) kısmına sahip bir coğrafyanın merkezinde yer almakta olup, bu konumu jeopolitik önemini daha da arttırmaktadır. Enerji arz ve talep pazarları arasında köprü görevi gören coğrafi konumu ve dahil olduğu projeler ile enerji koridoru olan Türkiye, enerji merkezi olmak yönünde bir hedef belirlemiştir. Enerji arzında yaşanabilecek sorunlar ekonomik, siyasi ve askeri sorunları beraberinde getirmektedir. Bu bakımdan enerji, ülkelerin ulusal güvenlikleri açısından da oldukça önem arz etmektedir.

Enerjinin doğal tekel özelliğine sahip olması sebebiyle, birden fazla firmanın etkin üretim yapması mümkün değildir. Ölçeğe göre artan getirinin olduğu sektörlerde ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması kamu kesiminin üretim yapmasını gerektirebilir. Tam rekabet piyasalarında etkin üretim düzeyi marjinal maliyetin fiyata (ortalama gelir) eşit olduğu noktada belirlenirken, azalan maliyetli endüstriler söz konusu olduğunda, marjinal maliyet, ortalama maliyetin altında kaldığı için tekelci firmanın zarar etmesine sebep olmaktadır. Aynı zamanda, tekelci firmaların kar maksimizasyonu sağlamaya

yönelik davranışı, mal ve hizmetlerin tam rekabet piyasa koşullarına nazaran daha yüksek fiyattan sunulmasına sebep olmaktadır. Bu bakımdan, doğal tekel şartlarında eksik sunum veya yüksek fiyatlama sakıncaları oluşmaktadır. Bu durumu engellemek, optimum fiyat ve üretim düzeyini sağlamak için, kamu kesimi bizzat üretim yapabileceği gibi, özel kesimin üretimi üstlenmesi isteniyorsa tekeli firma zararının kamu tarafından sübvansede edilerek piyasa aksaklıklarının giderilmesi mümkündür. Bu sebeplerle, doğal tekel niteliğindeki enerji sektöründe tek bir firmanın faaliyet göstermesi etkinlik için gerekli iken, bu sektör büyük firmaların ve dolayısıyla devletlerin mücadele alanı bulmaya çalıştığı bir politika aracı olmaktadır.

Enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanıldığı 19. yüzyılın sonlarından günümüze kadar önemini koruyan petrol, bu anlamda ülkelerin dış politika amaçlarını enerji kaynakları çerçevesinde şekillendirmesine yol açmıştır. Petrolden sonra keşfedilen ve nispeten yeni ve temiz bir enerji kaynağı olarak nitelenebilecek doğal gaz ise yeni stratejik öneme sahip enerji kaynaklarından bir tanesidir. Bir ülkenin kalkınmasında oldukça büyük bir öneme sahip olan ve ikamesi olmayan, ulusal güvenlik ve askeri uygulamalar açısından da son derece önemli olduğu değerlendirilen enerji gibi mallar, stratejik mal olarak nitelendirilmektedir. Ülkelerin dış politikalarının belirlenmesinde enerji stratejik bir mal olarak değerlendirilmekte ve bu nedenle de kamu kesimi enerji politikasının belirlenmesine ayrı bir önem vermektedir.

Enerji kullanımının negatif dışsallıkları sebebiyle oluşan çevreye dair konular küresel kamusal mal niteliğine sahiptir. Sosyal mallarda olduğu gibi, küresel kamusal mallar da tüketiminde rekabetin olmadığı, faydasından dışlanamayan malları ifade ederken, ilave olarak faydaların ülkeler, insanlar ve nesilleri kapsamasını da gerektirmektedir. Bu anlamda, küresel kamusal malların sunumu ve finansmanı için uluslararası işbirliği gerekmektedir. Bu noktada, BM gibi uluslararası örgütler ve BMÇP gibi program ve fonlar ile enerji kaynaklı çevresel zararların giderilmesi için küresel ölçekte işbirliği sağlanmaya çalışılmaktadır. Ülkeler ve ekonomiler bir yandan büyüme ve kalkınma hedeflerini gerçekleştirmeye çalışırken, bir yandan gelecek nesiller için yaşanabilir bir dünya bırakma çabasına girmektedir. Bu çabalar sürdürülebilir kalkınma olarak ifade edilebilir. Sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının giderilmesi için sahip olması gereken kaynaklardan ödün vermeden, şimdiki neslin ihtiyaçlarını karşılayabilmeyi sağlayacak bir kalkınma modeli olarak ifade edilebilir. Sürdürülebilir kalkınma insan ve yaşam için gerekli kaynakların kullanımını ihtiva

etmekle birlikte, ekonomik gelişmenin yanında ekolojik, sosyal ve kültürel gelişmelerin de refah için önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Ekonomik büyümenin sınırlarının tartışılmaya başlandığı günümüz iktisat yazınında, sürdürülebilir kalkınma kavramının önemi daha da artmaktadır. Keşfedildikleri günden bu zamana kadar, ekonomik büyüme amacını gerçekleştirmek için aşırı ve dikkatsiz kullanıma konu olan enerji kaynaklarının yarattığı olumsuzlukları gidermek için, bilimsel ve teknolojik gelişmeler sağladığı imkânlar ölçüsünde çevresel zararları olmayan ya da daha az olan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması önem arz etmektedir. Görüldüğü üzere, enerji alanı sahip olduğu nitelikleri itibariyle birçok farklı çalışma alanının konusu olmakta ve disiplinler arası çalışmayı gerektirmektedir.

Bu kapsamda çalışmanın üçüncü bölümünde, çalışmanın asıl odak konusu olan enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin iktisadi doktrinler içindeki yeri genel olarak incelenmiştir. İçsel büyüme teorilerinde enerjinin içsel bir faktör, biyofizik iktisadında ise enerjinin ana faktör olarak kabul edildiği görülmektedir. Neoklasik üretim fonksiyonu ise ekonomik büyümeyi emek, sermaye ve teknolojiye bağlı artışlar ile açıklamaktadır. Ancak günümüzde enerjinin üretim sürecinin devamı için vazgeçilmez bir üretim girdisi olduğu da kabul edilmektedir. Büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkinin nedensellik analizi literatürde büyüme, saklama, geri besleme ve yansızlık hipotezleri açısından irdelenmektedir. Büyüme hipotezi nedenselliğin yönünün enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru olduğunu ifade ederken, saklama hipotezi nedenselliğin ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru olduğunu kabul etmektedir. Geri besleme hipotezi ise, çift yönlü bir nedensellik ilişkisini ortaya koymakla beraber, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin ortaklaşa belirlendiğini ifade etmektedir. İki değişken arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmaması ise literatürde yansızlık hipotezi olarak yerini almaktadır. Ancak büyüme ve enerji tüketimine yönelik yapılan ampirik analizlerde ortak bir görüş birliği sağlanamamaktadır. Bunun bir nedeni, ampirik çalışmalarda uygulanan yöntemlerin, ülke veya ülke gruplarının, zaman periyodunun değişmesidir. Diğer nedeni de, ülkelerin farklı karakteristik özelliklere sahip olmalarıdır. Farklı ülkelerde farklı kurumsal yapı, farklı politikalar, farklı enerji kaynakları gibi çeşitlilikler mevcuttur. Ampirik literatürde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisine yönelik oldukça çok sayıda çalışma olmasına karşın literatürün eksik kalan bazı tarafları bulunmaktadır. Öncelikle yapılan çalışmaların önemli bir kısmı panel veri analizine

dayanmaktadır. Panel veri analizleri genellikle incelemeye konu serilerin zaman boyutunun kısa olması nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak panel veri sonuçları enerji gibi ülkeye özgü spesifik değişikliklere maruz kalabilecek değişkenlere yönelik yanıltıcı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Belirli bir ülke grubuna yönelik ortalama sonuçlar ülke bazında değerlendirmeler için yetersiz kalabilmektedir. Bununla birlikte ampirik literatür zaman serisi analizlerinde çoğunlukla toplam enerji tüketimi veya enerji alt başlıklarının farklı çalışmalarda bağımsız bir şekilde incelendiğini ortaya koymaktadır. Ne var ki çalışmanın ikinci bölümünde ortaya koyulduğu gibi 90'lı yıllarla birlikte dünya yenilenemeyen enerji tüketimi azalma eğiliminde iken, yenilenebilir enerji tüketimi ise artma eğilimindedir. Bu durumun göz önüne alınarak enerji tüketimi- ekonomik büyüme ilişkisinin enerji tüketiminin yenilenebilirlik özelliği dikkate alınarak analiz edilmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Ekonometri teorisinin en yeni araçları iktisatçılara ekonomik değişkenler arasındaki ilişkileri daha doğru ortaya koymasına imkan tanımaktadır. Buradan hareketle, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkinin yeni tekniklerle araştırılmaya devam edilmesi ve daha güvenilir sonuçlara ulaşılması, sadece politika yapıcıları için değil, sosyal ve çevresel boyutlarıyla da önemli bir adım olmaktadır.

Bu çalışmanın dördüncü bölümünde, Türkiye ve G7 ülkeleri için 1970-2015 periyodunda enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki zaman serisi yöntemleriyle analiz edilmiştir. Çalışmanın ampirik kısmının literatüre katkılarında biri enerji tüketiminin fosil ve fosil olmayan enerji şeklinde ayrıştırılarak analiz edilmesidir. Ampirik analizin söz konusu değişkenler üzerine kurulu olmasının temel nedeni ise, iki şekilde açıklanabilmektedir. İlki, 1990 yılı sonrasında ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmaya başlamasıyla beraber, fosil enerji tüketim miktarının artmasına rağmen toplam enerji tüketimi içindeki payının azalmasıdır. İkincisi ise, ülkelerin enerji politikalarında yaşadıkları bu dönüşüm sonucunda politika yapıcılarına yol gösterici sonuçlar ortaya koymayı hedeflemektir. Ampirik analizde izlenen yöntemde; öncelikle serilerin yapısal kırılmaları dikkate alınmayan ve yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testleri ile durağanlık analizi yapılmış, sonrasında eşbütünleşme testleri ve uzun dönem katsayı tahminlenmesi ile devam edilmiştir. Son olarak, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme değişkenleri nedensellik testlerine tabi tutulmuştur.

Çalışmanın önemli bulgularına göre; fosil enerji tüketimine ilişkin ABD ve Türkiye'de büyüme hipotezinin, Kanada ve Almanya için saklama hipotezinin, Fransa,

İtalya, Japonya ve İngiltere için ise yansızlık hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir. Fosil olmayan enerji tüketimine yönelik bulguları ise; Kanada, Almanya ve İngiltere için büyüme hipotezinin, Fransa ve Japonya için saklama hipotezinin, İtalya ve Türkiye için ise yansızlık hipotezinin varlığını göstermektedir.

Türkiye'ye özgü ampirik sonuçlar yalnızca fosil enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru bir nedenselliğin olduğu yönündedir. Fosil olmayan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememesinin en önemli nedeninin Türkiye'de fosil olmayan enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payının çok düşük olması ve yıllar itibariyle de çok fazla artmamış olmasıdır. Diğer taraftan üretici ve tüketici davranışları kamu kesiminin aldığı kararlar ve belirlediği politikalar çerçevesinde şekillenmektedir. Bu durum göz önüne alındığında, kamu kesimi tarafından günümüz dünyasının ekonomik, siyasi, teknolojik ve çevresel gelişmeleri dikkate alınarak belirlenecek bir enerji stratejisi, enerji sektörüne yönelik yatırımları ve tüketicilerin enerji kaynak kullanım tercihlerini değiştirici etkiler doğuracaktır. Buna göre, analiz bulguları da değerlendirildiğinde Türkiye'de öncelikli olarak enerji arz güvenliğinin sağlanması için ithal bağımlılığının azaltılması ve yerli kaynakların etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bunun için uygulanan teşvik paketlerinde yerel kaynaklar ve pazarlar ön planda tutulmalıdır. Dünyada hala geliştirilmeye devam eden yenilenebilir enerji teknolojileri için Türkiye'nin de araştırma ve geliştirme faaliyetlerine başlaması ve teknoloji üretimi için bütçeden ayrılacak payın büyüklüğü önem taşımaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde kullanılmasının yanında, ısı amaçlı kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Bu anlamda, fosil enerji kaynak rezervlerinden büyük ölçüde yoksun fakat, yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük bir potansiyele sahip olan Türkiye, yenilenebilir enerji yatırımlarının finansman imkanlarını geliştirmek için çaba göstermelidir. Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve yaygınlaşması için uygulanan teşvik sisteminin takibi yapılmalı ve çıktıları yakından izlenmelidir. Teşvik sistemi ile kamu maliyesinde oluşan yük uzun dönemde etkin yatırımlarla dengelenmelidir. Yatırımların niteliksel ve niceliksel manada arttırmak için gerekli mevzuat güncellemesi ile iletim ve dağıtım altyapısı gibi teknik konular üzerinde çalışılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının mikro düzeyde kullanılmaya başlanması göz önünde bulundurularak, enerji eğitimlerine ağırlık verilmeli ve olası risklerin önüne geçilmelidir. Tüm bunların yanı sıra, yetişmiş ara eleman eksikliğinin kapatılması yerel

idarelerinin müşterek katılımları ile daha kapsamlı ve sağlıklı bir sistemin kurulması gerekmektedir.

Enerji sadece ekonomik alanda değil, sosyal, çevresel, politik birçok alanda etkili olan bir girdi durumundadır. Enerji politik anlamda önemli bir güç olmakla birlikte, sosyal ve ekonomik refahın da temelini oluşturmaktadır. Bununla beraber, çevresel bir takım negatif dışsallıkları mevcuttur. Bu olumsuzlukları telafi etmek için fosil enerji kaynaklarının alternatifi olarak çevreye duyarlı, ucuz ve ulaşılabilir, yenilenebilir enerji kaynaklarına veya nükleer enerji kaynaklarına geçişin sağlanması önemlidir. Dünyanın en önemli sorunlarından biri olan iklim değişikliği ile mücadele kapsamında sera gazı etkisini azaltmak ve CO₂ emisyonlarını düşürmek Türkiye'nin öncelikli plan ve taahhütleri arasında yer almalıdır. Bu sebeple, belirli yasal düzenlemelerle de taahhüt edilen sınırlara ulaşmak için kamu kesiminin enerji piyasasını düzenleme işlevi ön plana çıkmaktadır.

Çalışmada incelenen fosil olmayan enerji türlerinin Türkiye'nin ekonomik büyüme performansına doğrudan ve dolaylı katkıları yadsınamaz niteliktedir. Toplam ithalat içinde büyük bir paya sahip olan enerji ithalatının yerli enerji kaynakları sayesinde azaltılması, doğrudan cari işlemler dengesi üzerinde bir etki oluşturacağı gibi, yerli enerji üretimi için kurulacak tesislere devletin yapacağı kaynak aktarımı ekonomi üzerinde çarpan etkisine sahip olacaktır. Teşvik paketleri ile artacak enerji yatırımları ise hızlandıran etkisiyle ekonomik büyümenin artmasını sağlayacaktır. Enerji üretim tesisleri beraberinde istihdam artışını da getirecektir. İşsizliğin düşmesi toplumsal refah artışını destekleyecektir. Bununla birlikte, yüksek bilgi birikimi ve teknoloji gerektiren tesislerde istihdam edilecek nitelikli işgücünün sağlanması için bir takım hazırlıklar yapılması gerekmektedir.

Nükleer enerji ve yenilenebilir enerji sektörlerinde nitelikli ara eleman ihtiyacının giderilmesi için, sektörel eğitimlerin verilebileceği, alanında uzmanlaşmayı sağlayabilecek, meslek liseleri ve meslek yüksekokulları programlarının oluşturulması gerekmektedir. Bu noktada, yakın bir gelecekte nükleer enerji kullanımına başlanması, nükleer enerji ile ilgili araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yapılabileceği ve nükleer teknolojide nitelikli eleman ihtiyacını karşılayacak üniversite ve enstitü programlarının oluşturulmasını gerektirmektedir. Bununla birlikte, enerji sektöründe enerji alanında spesifik olarak çalışmalar yapabilecek, kamu yararını ön planda tutup araştırma

faaliyetleri ile bilimsel ve akademik katkılarda bulunmayı hedefleyen düşünce kuruluşlarının oluşması ve desteklenmesi önemli bir katkı olacaktır.

Üretim ve tüketimde enerji verimliliğini hedef alan uygulamalara ağırlık verilmelidir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak santrallerde enerji verimliliğinin sağlanmasının yanı sıra tüketimde enerji verimliliğinin sağlanması için bilgilendirici dersler ile küçük yaştan itibaren bilinçli nesillerin yetişmesi sağlanabilir. Enerji ile ilgili eğitim ve öğretim faaliyetlerinin ilkökul düzeyinde başlaması, enerji kullanımının ve enerji verimliliğinin toplumsal kültürün bir parçası olarak yerleşmesi hedeflenmelidir.

Günümüzün en önemli enerji kaynağı olan elektrik enerjisi, geçtiğimiz yüzyılda keşfedilmiş ve kullanılmaya başlandığı günden itibaren tüketimi giderek artmıştır. Önceleri sadece fosil enerji kaynaklarından üretilebilirken, günümüzde nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarından da elde edilen elektrik enerjisi temiz ve verimli yapısıyla pazar payını arttırmaktadır. Elektrik, ikincil enerji kaynağı olarak bir enerji taşıyıcısı vazifesi görmektedir. Bu görevi yapabilecek yeni enerji kaynağı olarak hidrojen teknolojileri üzerinde çalışmalar halen devam etmektedir ve hidrojenin kullanılabilirliği sağlandığında elektriğin yerini alabilecek yeni bir enerji taşıyıcısı olacağı bazı çalışmalarda vurgulanmaktadır. Bu bakımdan hidrojen enerjisi üzerine çalışmaların yapılmasına yönelik girişimler önemle değerlendirilmesi gereken konulardandır.

Enerji ithalatçısı durumunda olan ülkelerde, fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması özellikle ekonomik anlamda büyük önem taşımaktadır. Petrol ve doğal gazla bağımlılığın azaltılmasının yolu fosil olmayan enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ile mümkündür. Petrolün en azından taşımacılık sektöründe alternatifinin bulunmaması sebebiyle petrol ithalatının devam etmesi beklenmektedir. Lakin ısınma ve enerji üretiminde kullandığımız doğal gazın alternatifi mevcuttur. Özellikle elektrik üretimini doğal gazdan elde eden ülkelerde, alternatif kaynaklar olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılmasına yönelik kamu politikalarının arz ettiği değer kadar nükleer enerji alanındaki politikalar da günümüzde önemlidir.

Enerji arz güvenliğinin sağlanabilmesi için enerji çeşitlendirmesine gidilmesi ve bu anlamda yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi bir diğer önemli husustur. Yenilenebilir enerji kaynaklarına uygulanacak yatırım ve teşvik paketleri ile vergi enstrümanları üretimin ve tüketimin artmasını sağlamaktadır. Vazgeçilmez olan enerji için arz güvenliğini sağlayabilmek, hem enerji türü çeşitlenmesi hem de enerji türünün

elde edildiği kaynak çeşitlendirilmesi ile mümkündür. Bununla birlikte, kullanımında ikamesi şu an için mümkün olmayan, ithalata bağımlı olunan enerji kaynaklarında (özellikle doğalgaz, petrol gibi) arz güvenliğini sağlamak için ithalatın gerçekleştirildiği ülke çeşitlendirmesi yapılması ve depolama kapasitesinin artırılması büyük önem taşımaktadır.

Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıyla enerji kaynak dağılımını değiştirerek enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasının hedeflendiği geleceğe yönelik politikaların sağlıklı uygulanabilmesi için dikkate alınması gereken başka faktörler de mevcuttur. Ülkelerde temiz enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin kullanılması ve geliştirilmesi bir gerekliliktir. Bu bakımdan, temiz enerji kaynaklarının maliyetleri teknolojik gelişmelere bağılı olarak ucuzlarsa da, halen devam eden fosil yakıt teşvikleri göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji yatırımları nispeten daha maliyetli görünmekte, bu durum üretim, tüketim ve yatırım kararlarına etki edebilmektedir. Fosil enerji kaynaklarının, gerek negatif dışsallıkları gerek rezerv durumları göz önüne alındığında, yakın gelecekte yeni ve yenilenebilir kaynakların daha etkin kullanılmak mecburiyetinde kalınacağı öngörüsüyle, yenilenebilir enerji kaynaklarını ve teknolojilerini erken kullanmaya başlamak uzun dönemde daha yüksek bir kalkınma düzeyine ulaşmayı teşvik edebilecektir.

Yerli ve yenilenebilir enerji programlarının desteklenmesi sadece ekonomik değil, sosyal ve siyasal açıdan da değerlendirilmesi gereken bir konudur. Uzun dönem katma değeri yüksek olan, ilk yatırım maliyetleri yüksek alanlarda kamunun kaynak aktarımı önemli bir yer teşkil etmektedir. Bu noktada, kamu kaynakları içerisinde en önemli paya sahip olan vergi gelirleri kullanılmakla birlikte ek bir fona da ihtiyaç duyulabilmektedir. Özellikle ülkemizde enerji üzerinden alınan vergilerde yapılacak bir artış veya tüm enerji fiyatları içinde yer alacak bir enerji fonunun bulunması önemli bir kaynak teşkil edecek, lakin beraberinde mükelleflerin tercih değişikliğine de yol açabilecektir. Vergi ahlakının ve vergiye gönüllü uyumun nispeten düşük olduğu ülkelerde vergiden kaçınma ve vergi kaçakçılığının artmasına sebep olabilecek bu uygulamaların etkilerinin azaltılması, toplumsal kabulün sağlanmasından geçmektedir.

Enerji piyasasında tahsisli bir vergi uygulanması enerji yapısını -enerji bileşimini- değiştirmek için elde edilen vergi gelirinin öncelikli alanlara harcanmasına imkân tanıyabilecektir. Bununla birlikte, dünyadaki gelişmeler dikkate alındığında enerji alanında, yararlanma ilkesinin geçerli olduğu enerji fon uygulamalarının daha çok

kullanıldığı görülmektedir. Fosil enerji kullanımını üzerindeki vergi ve benzeri mali yükümlülükler enerji fonu uygulaması ile yeniden değerlendirilmelidir. Enerji fonunun, öncelikle ülkenin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin harekete geçirilmesinde kullanılması durumunda, uzun dönemde ekonomik büyümeden ödün verilmeden enerji yapısının dönüştürülmesini sağlayacağı tahmin edilmektedir. Bu kapsamda, fosil enerji kaynaklarından alınan vergi ve vergi benzeri gelirlerin yeniden düzenlenmesi ile fosil kaynakların üzerindeki vergi yükü üretim ve tüketim kararlarını etkilemeyecek şekilde değiştirilirse, uzun dönem ekonomik büyüme ilişkisi etkilenmeyecektir. Politika yapıcıların optimal miktar-oran düzenlemeleri ile kirliliğin önlenmesi ve temiz enerji kaynaklarının yaygınlaşması için enerji fonu çalışması üzerine yoğunlaşmaları kanaatimizce uygun olacaktır.

KAYNAKÇA

- Acar, S., Kitson, L. ve Bridle, R. (2015). “Türkiye’de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikleri”, *Global Subsidies Initiative*, Mart, 1-30.
- Akalın, G. (2000). *Kamu Ekonomisi*, Akçağ Yayınları, Ankara.
- Akalın, G. (2002). *Türkiye’de Ekonomi-Politik Kriz ve Piyasa Ekonomisine Giriş*, Akçağ Yayınları, Ankara.
- Akalın, G. (2006). *Kamu Ekonomisi*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Akarca, A. T. and Long, T. V. (1980). “On The Relationship Between Energy and GNP: A Reexamination”, *Journal of Energy and Development*, 5, 326-331.
- Akça, H. (2007). *Regülasyon Ekonomisi*, Nobel Kitabevi, Adana.
- Akhmat, G. and Zaman, K. (2013). “Nuclear Energy Consumption, Commercial Energy Consumption and Economic Growth in South Asia: Bootstrap Panel Causality Test”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 552-559.
- Aktaş, C. ve Yılmaz, V. (2008). “Causal Relationship Between Oil Consumption and Economic Growth in Turkey”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15/1 : 45-55.
- Alam, M. S. (2006). “Economic Growth with Energy”, *MPRA*, Paper No. 1260, December, <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/1260/> , 1-25.
- Al-mulali, U. (2011). “Oil Consumption, CO2 Emission and Economic Growth in MENA Countries”, *Energy*, 36, 6165-6171.
- Al-mulali, U. (2014). “Investigating The Impact of Nuclear Energy Consumption on GDP Growth and CO2 Emission: A Panel Data Analysis”, *Progress in Nuclear Energy*, 73, 172-178.
- Altınay, G. and Karagol, E. (2004). “Structural Break, Unit Root, and The Causality Between Energy Consumption and GDP in Turkey”, *Energy Economics*, 26, 985-994.
- Altınay, G. and Karagol, E. (2005). “Electricity consumption and economic growth: Evidence from Turkey”, *Energy Economics*, 27, 849-856.
- Ang J. B. (2007). “CO2 Emissions, Energy Consumption and Output in France”, *Energy Policy*, 35, 4772–4778.
- Apergis, N. and Payne, J. E. (2010a). “Structural Breaks and Petroleum Consumption in US States: Are Shocks Transitory or Permanent?”, *Energy Policy*, 38, 6375-6378.
- Apergis, N. and Payne, J. E. (2010b). “Natural Gas Consumption and Economic Growth: A Panel Investigation of 67 Countries”, *Applied Energy*, 87, 2759-2763.
- Apergis, N. and Payne, J. E. (2010c). “Coal Consumption and Economic Growth: Evidence From A Panel of OECD Countries”, *Energy Policy*, 38, 1353-1359.
- Apergis, N. and Payne, J. E. (2010d). “The Causal Dynamics Between Coal Consumption and Growth: Evidence From Emerging Market Economies”, *Applied Energy*, 87, 1972-1977.
- Apergis, N. and Payne, J. E. (2010e). “A Panel Study of Nuclear Energy Consumption and Economic Growth”, *Energy Economics*, 32, 545-549.

- Apergis, N. and Payne, J. E. (2010f). “Renewable Energy Consumption and Growth in Eurasia”, *Energy Economics*, 32, 1392-1397.
- Apergis, N. and Payne, J. E. (2010g). “Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence From A Panel of OECD Countries”, *Energy Policy*, 38, 656-660.
- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K. and Wolde-Rufael, Y. (2010). “On The Causal Dynamics Between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth”, *Ecological Economics*, 69, 2255-2260.
- Apergis, N. and Tang, C. F. (2013). “Is The Energy-Led Growth Hypothesis Valid? New Evidence From A Sample of 85 Countries”, *Energy Economics*, 38, 24-31.
- Apergis, N. and Danuletiu, D. C. (2014). “Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of Panel Long-Run Causality”, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4/4, 2014, 578-587.
- Apergis, N., Ghang, T., Gupta, R. and Ziramba, E. (2016). “Hydroelectricity Consumption and Economic Growth Nexus: Evidence From A Panel Of Ten Largest Hydroelectricity Consumers”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 318-325.
- Arbex, M. and Perobelli, F. S. (2010). “Solow meets Leontief: Economic growth and energy consumption”, *Energy Economics*, 32, 43-53.
- Asafu-Adjaye, J., Byrne, D. and Alvarez, M. (2016). “Economic Growth, Fossil Fuel And Non-Fossil Consumption: A Pooled Mean Group Analysis Using Proxies for Capital”, *Energy Economics*, 60, 345-356.
- Aslan, A. and Çam, S. (2013). “Alternative and Nuclear Energy Consumption-Economic Growth Nexus For Israel: Evidence Based on Bootstrap-Corrected Causality Tests”, *Progress in Nuclear Energy*, 62, 50-53.
- Aqeel, A. and Butt, M. S. (2001). “The Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth in Pakistan”, *Asia-Pacific Development Journal*, 8/2, 101-110.
- Aydın, F. F. (2010). “Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 35, 317-340.
- Aydın, L. (2011). “Türkiye’nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözüm Önerileri”, *Stratejik Düşünce Enstitüsü, SDE Analiz*, Temmuz, 1-28.
- Aydın, L. (2016). *Enerji Ekonomisi ve Enerji Politikaları*, Güncellenmiş 2. Baskı, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- Aydın, M. and Tan, S. S., (ed.) (2016). *Political Economy of Taxation*, First Edition, IJOPEC, 23, London.
- Ayres, R. U., Bergh, J. C. J. M., Lindenberger, D. and Warr, B. (2013). “The Underestimated Contribution of Energy to Economic Growth”, *Structural Change and Economic Dynamics*, 27, 79-98.
- Aytaç, D. (2010). “Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Çok Değişkenli VAR Yaklaşımı ile Tahmini”, *Maliye Dergisi*, 158, 482-495.
- Bahar, O. (2005). “Türkiye’de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme”, *Muğla Üniversitesi SBE Dergisi*, 14, 35-59.

- Balcilar, M, Ozdemir, Z. A. and Arslanturk, Y. (2010). “Economic Growth and Energy Consumption Causal Nexus Viewed Through A Bootstrap Rolling Window”, *Energy Economics*, 32, 1398-1410.
- Basaran, S. T., Dogru, A. O., Balcik, F. B., Ulugtekin, N. N., Goksel, C., and Sozen, S. (2015). “Assessment of Renewable Energy Potential and Policy in Turkey: Towards The Acquisition Period in European Union”, *Environmental Science and Policy*, 46, 82-94.
- Beaudreau, B. C. (1998). *Energy and Organization: Growth and Distribution Reexamined*, Westport, CT: Greenwood Press, USA.
- Becker, R., Enders, W. and Lee, J. (2006). “A Stationarity Test in the Presence of an Unknown Number of Smooth Breaks”, *Journal of Time Series Analysis*, 27(3), 381-409.
- Behmiri, N. B. and Manso, J. R. P. (2012a). “Crude Oil Conservation Policy Hypothesis in OECD (Organisation For Economic Cooperation And Development) Countries: A Multivariate Panel Granger Causality Test”, *Energy*, 43, 253-260.
- Behmiri, N. B. and Manso, J. R. P. (2012b). “Does Portuguese Economy Support Crude Oil Conservation Hypothesis?”, *Energy Policy*, 45, 628-634.
- Behmiri, N. B. and Manso, J. R. P. (2013). How Crude Oil Consumption Impacts on Economic Growth of Sub-Saharan Africa?”, *Energy*, 54, 74-83.
- Behmiri, N. B. and Manso, J. R. P. (2014). “The Linkage Between Crude Oil Consumption and Economic Growth in Latin America: The Panel Framework Investigations for Multiple Regions”, *Energy*, 72, 233-241.
- Belke, A., Dreger, C. and Haan, F. (2010). “Energy Consumption and Economic Growth- New Insights into the Cointegration Relationship”, *Ruhr Graduate School in Economics*, Ruhr Economic Papers No.190, 1-22.
- Berk, E. (2014). *Türkiye’de Para Talebi: Basit ve Divisia Ölçümlerle Ampirik Bir Analiz*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy Economics, Concepts, Issues, Markets and Governance*, Springer-Verlag, London.
- Bhattacharya, M., Lean, H. H. and Bhattacharya, S. (2014). *Economic Growth, Coal Demand, Carbon Dioxide Emissions: Empirical Findings from India with Policy Implications*, Monash University, Department of Economics, ISSN 1441-5429, Discussion Paper, 47/14, 1-28.
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I. and Bhattacharya, S. (2016). “The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Top 38 Countries”, *Applied Energy*, 162, 733-741.
- Bhusal, T. P. (2010). “Econometric Analysis of Oil Consumption and Economic Growth in Nepal”, *Economic Journal of Development Issues*, 11–12/1-2, 135-143.
- Bildirici, M. E. and Bakırtaş, T. (2014). “The Relationship Among Oil, Natural Gas and Coal Consumption and Economic Growth in BRICTS (Brazil, Russian, India, China, Turkey and South Africa) Countries”, *Energy*, 65, 134-144.

- Bildirici, M. and Ersin, Ö. (2015). “An Investigation of the Relationship between the Biomass Energy Consumption, Economic Growth and Oil Prices”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 210, 203-212.
- Bilginoğlu, M. A. (2012). “Türkiye'nin Enerji Sorunları ve Çözüm Arayışları”, *Erciyes Üniversitesi Stratejik Araştırmalar Merkezi (ERUSAM)*, 29.03.2012 Tarihli Sunum Metni, Kayseri: ERÜ Basın Yayın.
- Bloch, H., Rafiq, S. and Salim, R. (2012). “Coal Consumption, CO2 Emission and Economic Growth in China: Empirical Evidence and Policy Responses”, *Energy Economics*, 34, 518–528.
- Bloch, H., Rafiq, S. and Salim, R. (2015). “Economic Growth with Coal, Oil and Renewable Energy Consumption in China: Prospects for Fuel Substitution”, *Economic Modelling*, 44, 104-115.
- Bozoklu, S. and Yilanci, V. (2013). “Energy Consumption and Economic Growth for Selected OECD Countries: Further Evidence from The Granger Causality Test in The Frequency Domain”, *Energy Policy*, 63, 877-881.
- Bowden, N. and Payne, J. E. (2009). “The Causal Relationship Between U.S. Energy Consumption and Real Output: A Disaggregated Analysis”, *Journal of Policy Modeling*, 31, 180-188.
- Bowden, N. and 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 (2016). *Statistical Review of World Energy 2016*
- BP (2017). *Energy Outlook - 2017 Edition*,
- Buchanan, J. (1963). “The Economics of Earmarked Taxes”, *Journal of Political Economy*, 71/5, 457-469.
- Burbridge, J. and Harrison, A. (1984). “Testing for the effects of oil prices rises using vector autoregressions”, *International Economic Review*, Vol 25, 459-484.
- Büyükmihci, M. K. (2003). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Avrupa Birliği Ülkelerindeki Uygulamalar ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Tarafından Hazırlanmakta Olan Kanun Tasarısı Taslağı Çerçevesinde Planlanan Önlemler”, *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, TMMOB, 3-4 Ekim Kayseri, s.15-22.
- Carling, R. (2007). “Tax Earmarking Is a Good Practice?, Perspectives on Tax Reform (12)”, *CIS Policy Monograph*, 75, 1-21, <http://www.cis.org.au/app/uploads/2015/07/pm75.pdf>
- Chang, T., Gatwabayege, F., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Manjezi, N. C. and Simo-Kengne, B. D. (2014). “Causal Relationship Between Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in G6 Countries: Evidence From Panel Granger Causality Tests”, *Progress in Nuclear Energy*, 77, 187-193.
- Chang, T., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Masabala, L. S., Simo-Kengne, B. D. and Weideman, J. P. (2016). “The Causal Relationship Between Natural Gas Consumption and Economic Growth: Evidence from The G7 Countries”, *Applied Economics Letters*, 23/1, 38-46.

- Chang, T., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Masabala, L. S. and Simo-Kengne, B. (2017). "The Causal Relationship Between Coal Consumption and Economic Growth in The BRICS Countries: Evidence from Panel-Granger Causality Tests", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 12/2, 138-146.
- Chen, L-J., Lu, L-J., Tai, M-Y., Hu, S-W. and Wang, V. (2014). "Energy structure, energy policy, and economic sustainable development", *International Review of Economics and Finance*, 34, 203-210.
- Chen, S-T., Kuo, H-I. and Chen, C-C. (2007). "The Relationship Between GDP and Electricity Consumption in 10 Asian Countries", *Energy Policy*, 35, 2611-2621.
- Cheng, B. S. (1998). "Energy Consumption, Employment and Causality in Japan: A Multivariate Approach", *Indian Economic Review*, 33, 19-29.
- Chontanawat, J. Hunt L. and Pierse R. (2006). "Causality Between Energy Consumption and GDP: Evidence From 30 OECD and 78 Non-OECD Countries", *SEEC Department of Economics*, SEEDS 113, ISSN 1749- 8384, UK.
- Chontanawat, J., Hunt, L.C. and Pierse, R. (2008). "Does Energy Consumption Cause Economic Growth? Evidence From A Systematic Study Of Over 100 Countries", *Journal of Policy Modeling*, 30, 209-220.
- Chu, H-P. (2012). "Oil Consumption and Output: What Causes What? Bootstrap Panel Causality For 49 Countries", *Energy Policy*, 51, 907-915.
- Chu, H-P. and Chang, T. (2012). "Nuclear Energy Consumption, Oil Consumption and Economic Growth in G-6 Countries: Bootstrap Panel Causality Test", *Energy Policy*, 48, 762-769.
- Constantini, V. and Martini, 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.
- Dahl, C. A. (2015). *International Energy Markets: Understanding Pricing, Policies, and Profits*, PennWell Corporation, Oklahoma.
- Das, A., McFarlane, A. A. and Chowdhury, M. (2013). "The Dynamics of Natural Gas Consumption and GDP in Bangladesh", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 269-274.
- Destek, M. A. (2015). "Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in G-6 Countries: Evidence from Bootstrap Rolling Window", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(3), 759-764.
- Destek, M. A. (2016). "Natural Gas Consumption and Economic Growth: Panel Evidence from OECD Countries", *Energy*, 114, 1007-1015.
- Dickey, D.A. and Fuller, W.A. (1979). "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root", *Journal of the American Statistical Association*, 7(4), 427-431.
- Dickey, D.A. and Fuller, W.A. (1981). "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 49(4), 1057-1072.
- Dickson, M. H. and Fanelli, M. (2004). "What is Geothermal Energy?", *International Geothermal Association*, https://www.geothermal-energy.org/what_is_geothermal_energy.html, (10.10.2016).

- Doğan, E. (2015). “Revisiting the Relationship Between Natural Gas Consumption and Economic Growth in Turkey”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 10/4, 361-370.
- Doukas, A. ve Acar, S. (2015). “Petrol, Doğal Gaz ve Kömür Üretimine Yönelik G20 Teşvikleri: Türkiye”, *Overseas Development Institute*, Kasım, 1-7.
- Efron, G. (1979). “Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife”, *The Annals of Statistics*, 7, 1-26.
- Enders, W. and Jones, P. (2015). “Grain Prices, Oil Prices, and Multiple Smooth Breaks in a VAR”, *Studies on Nonlinear Dynamics and Econometrics*, <http://dx.doi.org/10.1515/snde-2014-0101>.
- Enders, W. and Lee, J. (2012). “The Flexible Fourier Form and Dickey–Fuller Type Unit Root Tests”, *Economics Letters*, 117, 196-199.
- Engle, R. F. and Granger, C. W. J. (1987). “Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing”, *Econometrica*, 55, 251-276.
- Erbaykal, E. (2007). “Türkiye’de Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi”, *Sosyal Bilimler Dergisi/Journal of Social Sciences*, 1, 29- 44.
- Ercan, N. Y. (2000). “İçsel Büyüme Teorisi: Genel Bir Bakış”, *DPT Planlama Dergisi*, 42. Yıl Özel Sayısı, 129-138, <http://www.kalkinma.gov.tr/Documents/ercanny.pdf>
- Erdal, G., Erdal, H. and Esengün, K. (2008). “The Causality Between Energy Consumption and Economic Growth in Turkey”, *Energy Policy*, 36, 3838-3842.
- Erol, U. and Yu, E. S. H. (1987). “On The Causal Relationship Between Energy and Income for Industrialized Countries”, *Journal of Energy and Development*, 13, 113-22.
- ETKB (2014a). *Nükleer Güç Santralleri ve Türkiye*, Nükleer Enerji Proje Uygulama Daire Başkanlığı, Yayın No:2, Ankara.
- ETKB (2014b). *Nükleer Broşür*, Nükleer Enerji Proje Uygulama Daire Başkanlığı, Ankara.
- ETKB (2014c). “2015 - 2019 Stratejik Planı”, http://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2015_2019_Stratejik_Planı.pdf, (01.02.2016).
- ETKB (2016). “Denge Tabloları”, <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>, (02.02.2016).
- ETKB (2016). “Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü”, *Strateji Geliştirme Başkanlığı*, Ekim, 14, Ankara.
- ETKB (2016). *Mavi Kitap*, Bağlı ve İlgili Kuruluşlar Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Evans, J. and Hunt, L. C. (ed.), (2009). *International Handbook on the Economics of Energy*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham (UK).
- Farhani, S., Shahbaz, M., Arouri, M and Teulon, F. (2014a). “The Role of Natural Gas Consumption and Trade in Tunisia's Output”, *Energy Policy*, 66, 677-684.
- Farhani, S., Shahbaz, M. and Rahman, M. M. (2014b). “Natural Gas Consumption and Economic Growth in France: Evidence for The Role of Exports, Capital and Labor”, *Ipag Business School*, Working Paper Series, 226.

- Flint, S. S. (2011). "Public Goods, Public Utilities, and the Public's Health", *Health & Social Work*, 36/1, February, 75-76.
- Fuinhas, J. A. and Marques, A. C. (2012). "Energy Consumption and Economic Growth Nexus in Portugal, Italy, Greece, Spain and Turkey: An ARDL Bounds Test Approach (1965-2009)", *Energy Economics*, 34, 511-517.
- Furuoka, F. (2016). "Natural Gas Consumption and Economic Development in China and Japan: An Empirical Examination of The Asian Context", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 100-115.
- Gallant, R. (1981). "On the Basis in Flexible Functional Form and an Essentially Unbiased Form: the Flexible Fourier Form", *Journal of Econometrics*, 15, 211-245.
- Ghali, K. H., and El-Sakka, M. I. T. (2004). "Energy Use and Output Growth in Canada: A Multivariate Cointegration Analysis", *Energy Economics*, 26, 225-238.
- Ghosh, S. and Basu, S. (2006). "Coal and Gas Consumption with Economic Growth: Co-Integration and Casualty Evidences From India", *Resources, Energy, and Development*, 3/1, 13-20.
- Goldemberg, J. and Lucon, O. (2009). *Energy, Environment and Development*, Second Edition, Earthscan, London, ISBN: 9781844077496.
- Govindaraju, V. G. R. C. and Tang C. F. (2013). The Dynamic Links Between CO2 Emissions, Economic Growth and Coal Consumption in China and India, *Applied Energy*, 104, 310-318.
- Gormus, A., Soytas, U. and Nazlioglu, S. (2017). "High-Yield Bonds and Energy Markets", *Energy Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.10.037>.
- Granger, C. W. J. (1969). "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods", *Econometrica*, Vol. 37, No. 3, 424-438.
- Gregory, A. W. and Hansen, B. E. (1996). "Residual-Based Tests for Cointegration in Models with Regime Shifts", *Journal of Econometrics*, 70, 99-126.
- Gurgul, H. and Lach, L. (2011). "The Role of Coal Consumption in The Economic Growth of The Polish Economy in Transition", *Energy Policy*, 39, 2088-2099.
- Güvenek B. ve Alptekin V. (2010). "Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: OECD Ülkelerine İlişkin Bir Panel Veri Analizi", *Enerji, Piyasa ve Düzenleme*, 1/2, 172-193.
- Hamilton, J. D. (1983). "Oil and the macroeconomy since World War II", *Journal of Political Economy*, Vol 91, 228-248.
- Hamilton, J. D. (2012). "Oil Prices, Exhaustible Resources, and Economic Growth", *Working Paper 17759*, <http://www.nber.org/papers/w17759>, (09.09.2015).
- Hatemi-J, A. (2008). "Tests for Cointegration with Two Unknown Regime Shifts with an Application to Financial Market Integration", *Empir Econ*, 35 (2008), 497-505.
- Heidari, H., Katırcıoğlu, S. T. and Saeidpour, L. (2013). "Natural Gas Consumption and Economic Growth: Are We Ready to Natural Gas Price Liberalization in Iran?", *Energy Policy*, 63, 638-645.

- Heo, J-Y., Yoo, S-H. and Kwak, S-J. (2011). “The Causal Relationship Between Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in India”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 6/2, 111-117.
- Hohmeyer, O. H. and Bohm, S. (2015). “Trends Toward 100% Renewable Electricity Supply in Germany and Europe: A Paradigm Shift in Energy Policies”, *Energy and Environment*, 4/1, 74-97.
- IEA (2005). “Energy Statistics Manual”, *International Energy Agency, Paris: Head of Publications Service*, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/statistics_manual.pdf (01.05.2016).
- IEA (2008). *Energy Prices and Taxes*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2013). *Energy Policies of IEA Countries: Germany 2013 Review*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2014a). *Energy Policies of IEA Countries: The European Union 2014 Review*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2014b). *Energy Policies of IEA Countries: The United States 2014 Review*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2015a). *World Energy Outlook 2015 Factsheet*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2015b). *Energy Policies of IEA Countries: Canada 2015 Review*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2016a). *Coal Information (2016 Edition)*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2016b). *World Energy Outlook 2016*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2016c). *Energy Policies of IEA Countries: France 2016 Review*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2016d). *Energy Policies of IEA Countries: Italy 2016 Review*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2016e). *Energy Policies of IEA Countries: Japan 2016 Review*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2016f). *Energy Policies of IEA Countries: Turkey 2016 Review*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2016g). *Energy Prices and Taxes*, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2017). *World Energy Balances*, International Energy Agency, Paris.
- Işık, C. (2010). “Natural Gas Consumption and Economic Growth in Turkey: A Bound Test Approach”, *Energy Syst*, 1(2010), 441-456.
- İşeri, E. ve Özen, C. (2012). “Türkiye’de Sürdürülebilir Enerji Politikaları Kapsamında Nükleer Enerjinin Konumu”, *İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 47/Ekim, 161-180.
- Jinke, L., Hualing, S. and Dianming, G. (2008). “Causality Relationship Between Coal Consumption and GDP: Difference of Major OECD and Non-OECD Countries”, *Applied Energy*, 85, 421-429.

- Jinke, L., Fenghau, W. and Hualing, S. (2009). "Differences in coal consumption patterns and economic growth between developed and developing countries", *Procedia Earth and Planetary Science*, 1, 1744-1750.
- Jinke, L. and Zhongxue, L. (2011). "A Causality Analysis of Coal Consumption and Economic Growth for China and India", *Natural Resources*, 2, 54-60.
- Jobert, T. and Karanfil, F. (2007). "Sectoral Energy Consumption by Source and Economic Growth in Turkey", *Energy Policy*, 35, 5447-5456.
- Johansen, S. and Juselius, K. (1990). "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration – With Applications To the Demand For Money", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52 (2), 169-210.
- Johansen, S. (1991). "Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models", *Econometrica*, Vol. 59, No. 6, 1551-1580.
- Kablamacı, B. (2011). *Petrol ve Ekonomi*, Derin Yayınları, İstanbul.
- Kanun ve Yönetmelikler;
- 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun.
 - 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu
 - 5784 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun
 - 6094 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun.
 - 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu
 - YEKDEM Yönetmeliği
 - Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik
- Kapetanios, G., Shin, Y., and Snell, A. (2003). "Testing for a unit root in nonlinear STAR framework", *Journal of Econometrics*, 112, 359-279.
- Karagöl, E, Erbaykal, E. ve Ertuğrul, H. M. (2006). "Oil Consumption and GNP Relationship In Turkey: An Empirical Study", *International Conference on Human and Economic Resources*, Izmir, Turkey, May 24-25, 366-372.
- Karayılmazlar, E. ve Güran, M. C. (2005). "Gelir Vergisinde Tarife Yapısı: Adalet ve Etkinlik Temelli Teorik Tartışmalar Çerçevesinde Karşılaştırmalı Bir Analiz", *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, Cilt:60, Sayı:2, 141-169.
- Kaygusuz, K. and Bilgen, S. (2009). "Thermodynamic Aspects of Renewable and Sustainable Development", *Energy Sources*, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 31/4, 287-298.
- Kim, H-M. ve Yoo, S-H. (2016). "Coal Consumption and Economic Growth in Indonesia", *Energy Sources*, Part B: Economics, Planning, and Policy, 11/6, 547-552.

- KPMG (2016). Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Vergi ve Teşvikler, <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2016/05/tr-yenilenebilir-enerjiye-yonelik-vergi-ve-tesvikler.pdf> (10.06.2016).
- Kraft, J. and Kraft, A. (1978). "On the relationship between energy and GNP", *Journal of Energy and Development*, 3, 401- 403.
- Kum, H., Ocal, O. and Aslan, A. (2012). "The relationship among natural gas energy consumption, capital and economic growth: Bootstrap-corrected causality tests from G-7 countries", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 2361-2365.
- Kumar, S. and Shahbaz, M. (2012). "Coal consumption and economic growth revisited: structural breaks, cointegration and causality tests for Pakistan", *Energy Exploration and Exploitation*, Vol. 30, No. 3, 499-522.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H. D. ve Avcı, E. D. (2005). "Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması", *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, 19-21 Kasım, Mersin, 32-38.
- Kucukali, S. and Baris, K. (2011). "Renewable Energy Policy in Turkey", *World Renewable Energy Congress*, Sweden, 2454-2461.
- Lach, L. (2015). "Oil Usage, Gas Consumption and Economic Growth: Evidence from Poland", *Energy Sources*, Part B: Economics, Planning, and Policy, 10:3, 223-232.
- Lee, C.C. (2006). "The Causality Relationship Between Energy Consumption and GDP in G-11 Countries Revisited", *Energy Policy*, 34, 1086-1093.
- Lee, C. C. and Chang, C. P. (2007). "Energy consumption and GDP revisited: A panel analysis of developed and developing countries", *Energy Economics*, 29, 1206-1223.
- Lee, C. C. and Chang, C. P. (2008). "Energy Consumption and Economic Growth in Asian Economies: A More Comprehensive Analysis Using Panel Data", *Resource and Energy Economics*, 30, 50-65.
- Lee, C. C., Chang, C. P. and Chen, P. F. (2008). Energy-Income Causality in OECD Countries Revisited: The Key Role of Capital Stock, *Energy Economics*, 30, 2359-2373.
- Lee, C.C. and Chien, M.S. (2010). "Dynamic Modelling of Energy Consumption, Capital Stock, and Real Income in G-7 Countries", *Energy Economics*, 32, 564-581.
- Lee, C. C. and Chiu, Y. B. (2011a). "Nuclear Energy Consumption, Oil Prices, and Economic Growth: Evidence from Highly Industrialized Countries", *Energy Economics*, 33, 236-248.
- Lee, C. C. and Chiu, Y. B. (2011b). "Oil Prices, Nuclear Energy Consumption, and Economic Growth: New Evidence Using A Heterogeneous Panel Analysis", *Energy Policy*, 39, 2111-2120.
- Lei, Y., Li, L. and Pan, D. (2014). "Study on the relationships between coal consumption and economic growth of the six biggest coal consumption countries: with coal price as a third variable", *Energy Procedia*, 61, 624-634.

- Leybourne, S., Mills, T. and Newbold, P. (1998). “Spurious rejections by Dickey–Fuller test in the presence of a break under the null”, *Journal of Econometrics*, 87, 191-203.
- Li, R. and Leung, G. C. K. (2012). Coal Consumption and Economic Growth in China, *Energy Policy*, 40, 438-443.
- Liao, Q., Wu, Z. and Xu, J. (2010). “A New Production Function with Technological Innovation Factor and Its Application to The Analysis of Energy-Saving Effect in LSD, *World Journal of Modelling and Simulation*, 6/4, 257-266.
- Lim, H-J. and Yoo, S-H. (2012). “Natural Gas Consumption and Economic Growth in Korea: A Causality Analysis”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 7/2, 169-176.
- Lim, K-M., Lim, S-Y. and Yoo, S-H. (2014a). “Oil Consumption and Economic Growth: A Panel Data Analysis”, *Journal of Energy Engineering*, 23/3, 66-71.
- Lim, K-M., Lim, S-Y. and Yoo, S-H. (2014b). “Oil Consumption, CO2 Emission, and Economic Growth: Evidence from the Philippines”, *Sustainability*, 6/2014, 967-979.
- Lin, H. P., Yeh, L-T., Tsui, H-C. and Chien, S-C. (2015).”Nuclear and Non-nuclear Energy Consumption and Economic Growth in Taiwan”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 10/1, 59-66.
- Lise, W. and Van Montfort, K. (2007). “Energy Consumption and GDP in Turkey: Is There A Co-Integration Relationship?”, *Energy Economics*, 29, 1166-1178.
- Lütkepohl, H. and Kratzig, M. (2004). *Applied Time Series Econometrics*, Cambridge University Press, UK.
- Magazzino, C. (2011). “Energy Consumption and Aggregate Income in Italy: Cointegration and Causality Analysis”, *MPRA*, Paper No. 28494, <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/28494/>, 2-19, (20.05.2016).
- Mahadevan, R. and Asafu-Adjaye, J. (2007). “Energy Consumption, Economic Growth and Prices: A Reassessment Using Panel VECM for Developed and Developing Countries”, *Energy Policy*, 35, 2481-2490.
- Masih, A. M. M., and Masih, 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, 417–440.
- Mbarek, M. B., Khairallah, R. and Feki, R. (2015). “Causality Relationships Between Renewable Energy, Nuclear Energy and Economic Growth in France”, *Environment Systems and Decisions*, 35, 133-142.
- Mbarek, M. B., Nasreen, S. and Feki, R. (2017). “The Contribution of Nuclear Energy to Economic Growth in France: Short and Long Run”, *Quality & Quantity*, 51, 219-238.
- McClary, W. (1991). “The Earmarking of Government Revenue: A Review of Some World Bank Experience”, *The World Bank Research Observer*, 6/1, 81-104.
- Mehrerera, M. (2007). “Energy Consumption and Economic Growth: The Case of Oil Exporting Countries”, *Energy Policy*, 35, 2939-2945.

- Menyah, K. and Wolde-Rufael, Y. (2010). "CO2 Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in The US", *Energy Policy*, 38, 2911-2915.
- Montgomery, S. L. (2010). *Küresel Enerjiye Yön Veren Güçler: 21. Yüzyıl ve Sonrası*, (çev. Evra Günhan Şenol), Tübitak Yayınları, Ankara.
- Murray, D. A. and Nan, G. D. (1996). "A Definition of The Gross Domestic Product-Electrification Interrelationship", *Journal of Energy and Development*, 19, 275-283.
- Nachane, D. M., Nadkarni, R. M. and Karnik, A. V. (1988). "Cointegration and Causality Testing of The Energy-GDP Relationship: A Cross-Country Study", *Applied Economics*, 20, 1511-1531.
- Narayan, P. K. and Smyth, R. (2007). "Energy Consumption and Real GDP in G7 Countries: New Evidence from Panel Cointegration with Structural Breaks", *Energy Economics*, 30, 2331-2341.
- Narayan, P. K. and Smyth, R. (2008). "Energy consumption and real GDP in G7 countries: New evidence from panel cointegration with structural breaks", *Energy Economics*, 30, 2331-2341.
- Narayan, P. K. and Prasad, A. (2008). "Electricity Consumption-Real GDP Causality Nexus: Evidence from A Bootstrapped Causality Test for 30 OECD Countries", *Energy Policy*, 36, 910-918.
- Narayan, P. K. and Popp, S. (2010). "A New Unit Root Test with Two Structural Breaks in Level and Slope at Unknown Time", *Journal of Applied Statistics*, 37/9, 1425-1438.
- Narayan, P. K. and Popp, S. (2012). "The energy consumption-real GDP nexus revisited: Empirical evidence from 93 countries", *Economic Modelling*, 29, 303-308.
- Nasiru, I. (2012). "Coal Consumption and Economic Growth in Nigeria: A Two-Step Residual-Based Test Approach to Cointegration", *European Scientific Journal*, May edition vol. 8, No.9, 140-155.
- Nazlioglu, S., Lebe, F. and Kayhan, S. (2011). "Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in OECD Countries: Cross-Sectionally Dependent Heterogeneous Panel Causality Analysis", *Energy Policy*, 39, 6615-6621.
- Nazlioglu, S., Gormus, N. A. and Soytas, U. (2016). "Oil prices and real estate investment trusts (REITs): Gradual-shift causality and volatility transmission analysis", *Energy Economics*, 60, 168-175.
- Newell, R. G., Qian, Y. and Raimi, D. (2016). *Global Energy Outlook 2015*, NBER Working Paper, No. 22075, March.
- Ng, S., and Vogelsang, T. J. (2002). Analysis of Vector Autoregressions in the Presence of Shifts in Mean, *Econometric Reviews*, 21(3), 353-381.
- Oh, W. and Lee, K. (2004). "Energy Consumption and Economic Growth in Korea: Testing The Causality Relation", *Journal of Policy Modeling*, 26, 973-981.
- Omri, A., Shahbaz, M., Chaibi, A. and Rault, C. (2015). "A Panel Analysis of The Effects of Oil Consumption, International Tourism, Environmental Quality and Political Instability on Economic Growth In MENA Region", *Ipag Business School, Working Paper Series, Working Paper 2015-613*.

- Ocal, O. and Aslan, A. (2013). “Renewable Energy Consumption–Economic Growth Nexus in Turkey”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499.
- Özsabuncuoğlu, İ. H. ve Uğur A. A. (2005). *Doğal Kaynaklar: Ekonomi, Yönetim ve Politika*, İmaj Yayınevi, Ankara.
- Öztürk, H. H. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı*, Teknik Yayınevi, Ankara.
- Ozturk, I. (2010). “A Literature Survey on Energy–Growth Nexus”, *Energy Policy*, 38, 340-349.
- Ozturk, I., Aslan, A. and Kalyoncu, H. (2010). “Energy Consumption and Economic Growth Relationship: Evidence From Panel Data for Low and Middle Income Countries”, *Energy Policy*, 38, 4422-4428.
- Park, J. Y. (1992). “Canonical Cointegrating Regression”, *Econometrica*, 60/1 (Jan., 1992), 119-143.
- Park, S-Y. and Yoo, S-H. (2014). “The Dynamics of Oil Consumption and Economic Growth in Malaysia”, *Energy Policy*, 66, 218-223.
- Payne, J. E. (2009). “On the Dynamics of Energy Consumption and Output in The US”, *Applied Energy*, 86, 575-577.
- Payne, J. E. and Taylor, J. P. (2010). “Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in the U.S.: An Empirical Note”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 5/3, 301-307.
- Payne, J. E. (2010). “Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth”, *Journal of Economic Studies*, 37 (1), 53-95.
- Payne, J. E. (2011a). “US Disaggregate Fossil Fuel Consumption and Real GDP: An Empirical Note”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 6/1, 63-68.
- Payne, J. E. (2011b). “On Biomass Energy Consumption and Real Output in the US”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 6/1, 47-52.
- Perron, P. (1989). The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Econometrica*, 57(6), 1361-1401.
- Phillips P. C. B. (1987). “Time Series Regression with A Unit Root”, *Econometrica*, 55, 277-301.
- Phillips, P. C. and Hansen, B. E. (1990). “Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I(1) Processes”, *Review of Economic Studies*, 57 (1990), 99-125.
- Rafindadi, A. A. and Ozturk, I. (2015). “Natural Gas Consumption and Economic Growth Nexus: Is The 10th Malaysian Plan Attainable Within The Limits of Its Resource?”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1221-1232.
- REN21, (2016). “Renewables 2016 Global Status Report”, *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century Secretariat*, Paris.
- Rosen, H. S. (2002). *Public Finance*, Sixth Edition, Mc Graw Hill
- Sadorsky, P. (2009a). “Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions and Oil Prices in The G7 Countries”, *Energy Economics*, 31, 456-462.

- Sadorsky, P. (2009b). "Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies", *Energy Policy*, 37, 4021-4028.
- Saboori, B., Rasoulinezhad, E. and Sung, J. (2017). "The Nexus of Oil Consumption, CO2 Emissions and Economic Growth In China, Japan and South Korea", *Environmental Science and Pollution Research*, 24/8, 7436-7455.
- Saidi, K., Rahman, M. M. and Amamri, M. (2017). "The Causal Nexus Between Economic Growth and Energy Consumption: New Evidence from Global Panel of 53 Countries", *Sustainable Cities and Society*, 33, 45-56.
- Salim, A. R., Hassan, K. and Shafiei, S. (2014). "Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Activities: Further Evidence from OECD Countries", *Energy Economics*, 44, 350-360.
- Samuelson, P. A. (1954). "The Pure Theory of Public Expenditure", *The Review of Economics and Statistics*, 36/4, 387-389.
- Sari, R. and Soytas, U. (2004). "Disaggregate energy consumption, employment and income in Turkey", *Energy Economics*, 26, 335-344.
- Savaş, V. F. (2007). *İktisatın Tarihi*, 5. Baskı, Siyasal Kitabevi, Ankara.
- Savaşan, F. (2013). *Piyasa Başarısızlığından Devletin Başarısızlığına Kamu Ekonomisi*, İkinci Baskı, Kitap Matbaacılık, İstanbul.
- Sen, S. and Uzunoğlu, M. (2017). "Is Economic Growth Sensitive to Oil Consumption Shocks in Turkey?", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 12:1, 70-76.
- Sevim, C. (2015). *Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik*, 3. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Shahbaz, M. and Dube, S. (2012). "Revisiting The Relationship Between Coal Consumption and Economic Growth: Cointegration and Casualty Analysis in Pakistan", *Applied Econometrics and International Development*, Vol. 12-1, 165-192.
- Shahbaz, M., Lean, H. H. and Farooq A. (2013). "Natural Gas Consumption and Economic Growth in Pakistan", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 87-94.
- Shahbaz, M., Arouri, M. and Teulon, F. (2014). "Short- and Long-Run Relationships Between Natural Gas Consumption and Economic Growth: Evidence from Pakistan", *Economic Modelling*, 41, 219-226.
- Shahbaz, M., Farhani, S. and Ozturk, I. (2015a). "Do Coal Consumption and Industrial Development Increase Environmental Degradation in China and India?", *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 3895-3907.
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M. and Zaman, K. (2015b). "Does Renewable Energy Consumption Add in Economic Growth? An Application of Auto-Regressive Distributed Lag Model in Pakistan", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 576-585.
- Smiech, S. and Papież, M. (2014). "Energy Consumption and Economic Growth in The Light of Meeting The Targets of Energy Policy in The EU: The Bootstrap Panel Granger Causality Approach", *Energy Policy*, 71, 118-129.

- Smil, V. (2006). *Energy: a beginner's guide*, Oneworld Publications, Oxford.
- Smil, V. (2008). *Energy in Nature and Society: General Energetics of Complex Systems*, The MIT Press, London, England.
- Solarin S. A. and 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.
- Solarin, S. A. and Ozturk, I. (2016). "The Relationship Between Natural Gas Consumption and Economic Growth in OPEC Members", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1348-1356.
- Soytas, U., Sari, R., and Ozdemir, O. (2001). "Energy Consumption and GDP Relation 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 Technology Association, 838-844.
- Soytas, U. and Sari, R. (2003). "Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 and Emerging Markets", *Energy Economics*, 25, 33-37.
- Soytas, U. and Sari, R. (2006). Energy Consumption and Income in G7 Countries, *Journal of Policy Modeling*, 28, 739-750.
- Stern, D. I. (1993). "Energy and Economic Growth in the USA: A Multivariate Approach", *Energy Economics*, 15, 137-150.
- Stern, D. I. (2000). "A Multivariate Cointegration Analysis of The Role of Energy in The US Macroeconomy", *Energy Economics*, 22, 267-283.
- Stern, D. I. (2004). "Economic Growth and Energy", *Encyclopedia of Energy*, Elsevier, 2, 35-51.
- Stern, D. I. and Cleveland, C. J. (2004). "Energy and Economic Growth", *Rensselaer Working Papers in Economics*, 0410, 1-41.
- Stern, D. I. (2010). "The Role of Energy in Economic Growth", CCEP working paper 3.10, Centre for Climate Economics & Policy, Crawford School of Economics and Government, *The Australian National University*, Canberra, 1-50.
- Stock, J. H. and Watson, M. W. (1993). "A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems", *Econometrica*, 61/4 (July, 1993), 783-820.
- Şahin, Ü., Aşıcı, A. A., Acar, S., Bal, P. G., Karababa, A. O. ve Kurnaz L. (2015). "Türkiye'de Kömür Yatırımları ve Mevcut Teşvikler, Kömür Raporu-İklim Değişikliği", *Ekonomi ve Sağlık Açısından Türkiye'nin Kömür Politikaları*, İstanbul Politikalar Merkezi, Kasım.
- Tamba, J. G., Nsouandele, J. L. and Lele, A. F. (2017). "Gasoline Consumption and Economic Growth: Evidence from Cameroon", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, DOI: 10.1080/15567249.2016.1269140.
- Teja, R. S. (1988). "The Case for Earmarked Taxes", *Staff Papers-International Monetary Fund*, 35/3, September, 523-533.
- Telli, A. (2016). "The Oil and Gas Policy: How/Why the Market-Structure Influences their Politicization", *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, KOSBED, 2016, 31: 19-37.

- Tiba, S. and Omri, A. (2017). “Literature Survey on The Relationships Between Energy, Environment And Economic Growth”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 1129–1146.
- Toda, H. Y. and Yamamoto, T. (1995). “Statistical Inference in Vector Autoregression with Possibly Integrated Processes”, *Journal of Econometrics*, 66, 225–250.
- Toth, F. L. and Rogner, H-H. (2006). “Oil and nuclear power: Past, present, and future”, *Energy Economics*, 28, 1-25.
- TTK (2016). “Taşkömürü Sektör Raporu”, *Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Tugcu, C. T., Ozturk, I. and Aslan, A. (2012). “Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence from G7 Countries”, *Energy Economics*, 34, 1942-1950.
- Tugcu, C. T. and Tiwari, A. K. (2016). “Does Renewable and/or Non-Renewable Energy Consumption Matter for Total Factor Productivity (TFP) Growth? Evidence from The BRICS”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 610-616.
- TUİK (2017). Enerji İthalatının Toplam İthalattaki Payı, <http://www.tuik.gov.tr/Start.do;jsessionid=SjSChJpWGkKWX0J9kVVQ0MqG8v87MxG6KhG6Q2gPzbpPTpT0jrCG!252190459>, (16.05.2017).
- Uluatam, E. (2010). “Yenilenebilir Enerji Teşvikleri”, *Ekonomik Forum*, <https://www.tobb.org.tr/AvrupaBirligiDairesi/Dokumanlar/Raporlar/YenilenebilirEnerjiTevvikleri.pdf>, (14.06.2016).
- Uluatam, Ö. (2011). *Kamu Maliyesi*, 11. Baskı, İmaj Yayınevi, Ankara.
- Ültanır, M. Ö. (1998). “21. Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi”, *TÜSİAD*, T/98-12/239, 1-316.
- WB (2016). World Development Indicators, The World Bank, <https://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>, (05.07.2016).
- WEB_1. (2016). Energy, <https://en.wikipedia.org/wiki/Energy>, (01.04.2016).
- WEB_2. Harper, D. (2016). “Energy”, *Online Etymology Dictionary*, http://www.etymonline.com/index.php?allowed_in_frame=0&search=energy, (01.04.2016).
- WEB_3. (2016). Enerji 101 – Enerji nedir? – Enerji Kaynakları Nelerdir?, <http://enerjienstitusu.com/enerji-nedir-101/>, (01.04.2016).
- WEB_4. ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) (2017).
- a - <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>, (02.04.2016).
 - b - <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz>, (03.04.2016).
 - c - <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, (04.04.2016).
 - d - <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>, (05.04.2016).
 - e - <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, (05.04.2016).
 - f - <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>, (06.04.2016).
 - g - <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik>, (07.04.2016).

- h- <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>, (07.04.2016).
- i- http://www.eie.gov.tr/teknoloji/h_teknolojisi.aspx, (08.04.2016).
- j- http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, (05.04.2016).
- WEB_5: TAEK, (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) (2009). “Radyasyon Erken Uyarı Sistemi Ağı (RESA)”, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu*, <http://www.taek.gov.tr/radyasyon-izleme/radyasyon-erken-uyari-sistemi-agi-resa.html>, (04.02.2016).
- WEB_6: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2016). Stratejik Plan, <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fStratejik%20Plan%2fETKB%202015-2019%20Stratejik%20Plani.pdf>, (20.05.2016).
- WEB_7: European Commission (2016). Renewable Energy: Ocean Energy, http://ec.europa.eu/research/energy/index.cfm?pg=area&areaname=renewable_ocean, (27.08.2016).
- WEB_8: <http://www.taek.gov.tr/kurumsal/tarihce.html>, (04.02.2016).
- WEC (2016). *World Energy Resources, 2016*, World Energy Council, London, United Kingdom.
- Wolde-Rufael, Y. (2004). “Disaggregated Industrial Energy Consumption and GDP: The Case of Shanghai, 1952–1999”, *Energy Economics*, 26, 69-75.
- Wolde-Rufael, Y. (2010a). “Coal Consumption and Economic Growth Revisited”, *Applied Energy*, 87, 160-167.
- Wolde-Rufael, Y. (2010b). “Bounds Test Approach to Cointegration and Causality Between Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in India”, *Energy Policy*, 38, 52-58.
- Wolde-Rufael, Y. and Menyah, K. (2010). “Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in Nine Developed Countries”, *Energy Economics*, 32, 550-556.
- Wolde-Rufael, Y. (2012). “Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in Taiwan”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 7/1, 21-27.
- World Nuclear Association. (2017). World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements, <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx>, (13.04.2017).
- WTO (2016). *World Trade Statistical Review*, World Trade Organization.
- Yang, H-Y. (2000a). “Coal Consumption and Economic Growth in Taiwan”, *Energy Sources*, 22/2, 109-115.
- Yang, H-Y. (2000b). “A Note on The Causal Relationship Between Energy and GDP in Taiwan”, *Energy Economics*, 22, 309-317.
- Yaraşır Tülümce, S. ve Özpençe, Ö. (2014). “Türkiye’de Özel Tüketim Vergisi ve Cari Açık Arasındaki İlişkinin Analizi”, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, Bahar, Cilt:13, Sayı:49, 280-291.
- Yarman, T. (2012). *Enerji Kaynakları*, T.C. Okan Üniversitesi Yayınları: 6, İkinci Basım, Ekim, İstanbul.

- Yeldan, E., Aşıcı, A. A. ve Yılmaz, A. (2016). “Ekonomi Politikaları Perspektifinden İklim Değişikliğiyle Mücadele Raporu”, *TÜSİAD*, T/2016, 12-583, Aralık 2016, 1-163.
- Yildirim, E. and Aslan, A. (2012). “Energy Consumption and Economic Growth Nexus for 17 Highly Developed OECD Countries: Further Evidence Based on Bootstrap-Corrected Causality Tests”, *Energy Policy*, 51, 985-993.
- Yildirim, E., Aslan, A. and Ozturk, I. (2012). “Coal Consumption and Industrial Production Nexus in USA: Cointegration with Two Unknown Structural Breaks and Causality Approaches”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 6123-6127.
- Yıldırım, E., Sukruoglu, D. and Aslan, A. (2014). “Energy consumption and economic growth in the next 11 countries: The bootstrapped autoregressive metric causality approach”, *Energy Economics*, 44, 14-21.
- Yoo, S-H and Jung, K-O. (2005). “Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in Korea”, *Progress in Nuclear Energy*, 46/2, 101-109.
- Yoo, S-H. (2006a). “Oil Consumption and Economic Growth: Evidence from Korea”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 1/3, 235-243.
- Yoo, S-H. (2006b). “Causal Relationship Between Coal Consumption and Economic Growth in Korea”, *Applied Energy*, 83, 1181-1189.
- Yoo, S-H. and Ku, S-J. (2009). “Causal Relationship Between Nuclear Energy Consumption and Economic Growth: A Multi-Country Analysis”, *Energy Policy*, 37, 1905-1913.
- Yu, E. S. H. and Hwang, B. (1984). “The Relationship Between Energy and GNP: Further Results”, *Energy Economics*, 6, 186-190.
- Yu, E. S. H. and Choi, J. Y. (1985). “The Causal Relationship Between Energy and GNP: An International Comparison”, *Journal of Energy and Development*, 10, 249-272.
- Yücel, F. B. (1994). *Enerji Ekonomisi*, Febel Ltd. Şti, İstanbul.
- Zachariadis, T. (2007). “Exploring The Relationship Between Energy Use and Economic Growth with Bivariate Models: New Evidence from G-7 Countries”, *Energy Economics*, 29, 1233–1253.
- Zhao, C-H., Kang, J-G. and Yuan, J. (2008). “Oil Consumption and Economic Growth in China: A Multivariate Cointegration Analysis”, *The 2008 International Conference on Risk Management & Engineering Management*, 178-183.
- Zikovic, S. and Vlahinic-Dizdarevic, N. (2011). “Oil Consumption and Economic Growth Interdependence in Small European Countries”, *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 24/3, 15-32.
- Ziramba, E. (2015). “Causal Dynamics Between Oil Consumption and Economic Growth in South Africa”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 10/3, 250-256.
- Zivot, E. and Andrews, D. W. K. (1992). “Further Evidence on The Great Cras, The Oil-Price Shock, and The Unit-Root Hypothesis”, *Journal of Business & Economic Statistics*, 10/3, 251-270.

Zou, G. and Chau, K. W. (2006). "Short- and Long-Run Effects Between Oil Consumption And Economic Growth in China", *Energy Policy*, 34, 3644-3655.

EKLER**EK-1. Nedensellik Testleri Özet Sonuç Tablosu**

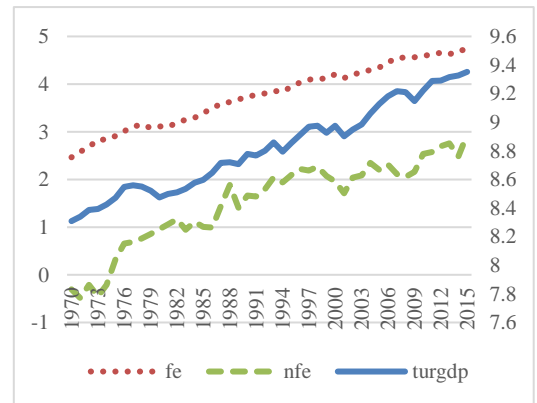
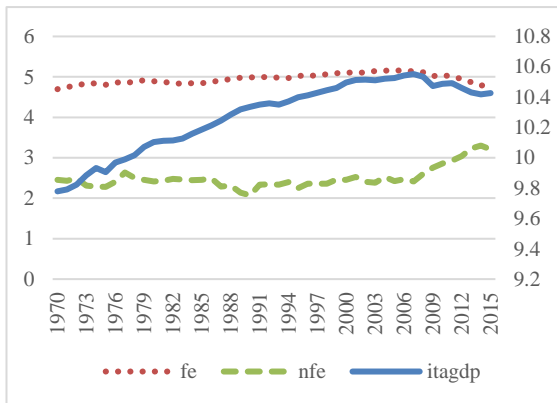
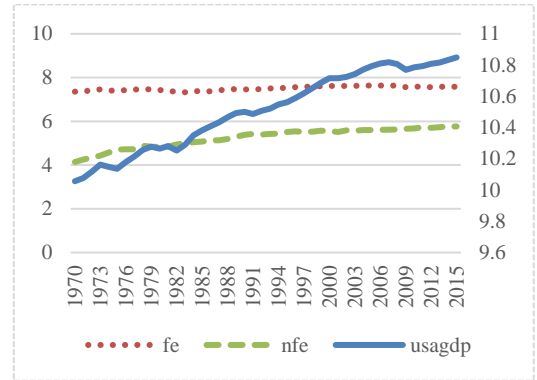
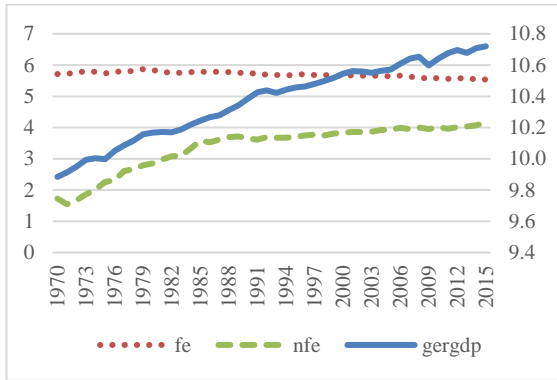
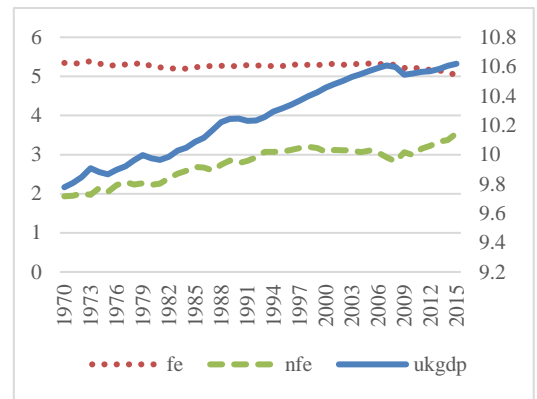
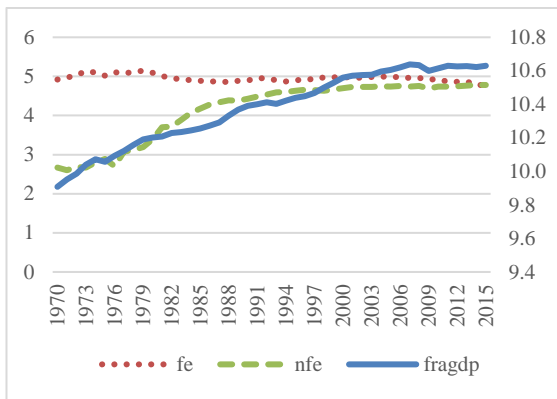
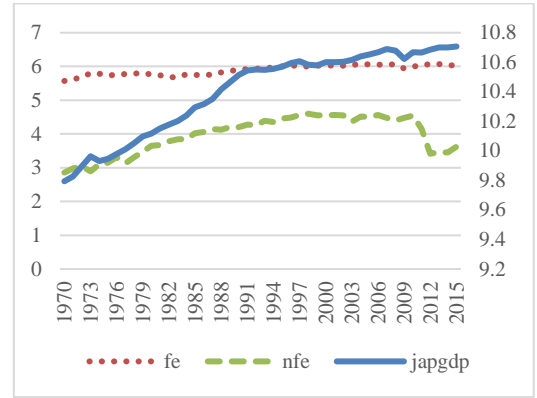
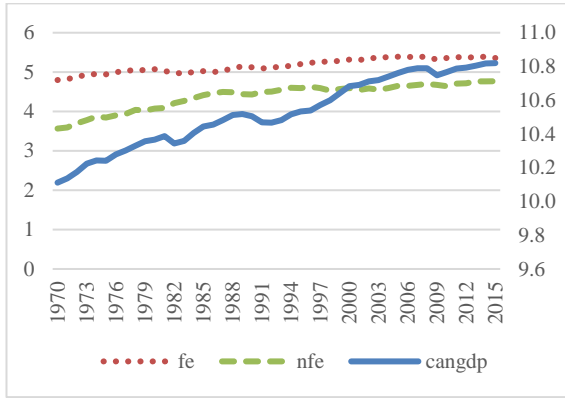
Kanada			
Standart GC	TY	Fourier Standart GC	Fourier TY GC
FE ≠ GDP	FE ≠ GDP	FE ← GDP	FE ≠ GDP (Tek Frekans) FE ← GDP (Kümülatif Frekans)
NFE ≠ GDP	NFE ≠ GDP	NFE → GDP	NFE ≠ GDP (Tek Frekans) NFE → GDP (Kümülatif Frekans)
NFE ≠ FE	NFE ≠ FE	NFE → FE	NFE ≠ FE (Tek Frekans) NFE → FE (Kümülatif Frekans)
Fransa			
Standart GC	TY	Fourier Standart GC	Fourier TY GC
FE ← GDP	FE ≠ GDP	FE ← GDP	FE ≠ GDP
NFE ≠ GDP	NFE ← GDP	NFE ← GDP (Tek Frekans) NFE ↔ GDP (Kümülatif Frekans)	NFE ← GDP
NFE ≠ FE	NFE ≠ FE	NFE ↔ FE	NFE ↔ FE
Almanya			
Standart GC	TY	Fourier Standart GC	Fourier TY GC
FE ← GDP	FE ≠ GDP	FE ← GDP	FE ≠ GDP (Tek Frekans) FE ← GDP (Kümülatif Frekans)
NFE ≠ GDP	NFE ≠ GDP	NFE ↔ GDP	NFE ≠ GDP (Tek Frekans) NFE → GDP (Kümülatif Frekans)
NFE ≠ FE	NFE ≠ FE	NFE → FE (Tek Frekans) NFE ↔ FE (Kümülatif Frekans)	NFE ≠ FE (Tek Frekans) NFE ← FE (Kümülatif Frekans)
İtalya			
Standart GC	TY	Fourier Standart GC	Fourier TY GC
FE ≠ GDP	FE → GDP	FE ← GDP (Tek Frekans) FE ≠ GDP (Kümülatif Frekans)	FE ≠ GDP
NFE → GDP	NFE ← GDP	NFE ← GDP	NFE ≠ GDP
NFE → FE	NFE ≠ FE	NFE → FE (tek frekans) NFE ← FE (kümülatif frekans)	NFE ≠ FE
Japonya			
Standart GC	TY	Fourier Standart GC	Fourier TY GC
FE ↔ GDP	FE ≠ GDP	FE ← GDP	FE → GDP (Tek Frekans) FE ≠ GDP (Kümülatif Frekans)
NFE ← GDP	NFE ≠ GDP	NFE ← GDP	NFE ← GDP
NFE ≠ FE	NFE ≠ FE	NFE ≠ FE	NFE ≠ FE
İngiltere			
Standart GC	TY	Fourier Standart GC	Fourier TY GC
FE ≠ GDP	FE ≠ GDP	FE → GDP (Tek Frekans) FE ↔ GDP (Kümülatif Frekans)	FE → GDP (Tek Frekans) FE ≠ GDP (Kümülatif Frekans)
NFE ↔ GDP	NFE ↔ GDP	NFE ↔ GDP	NFE ↔ GDP (Tek Frekans) NFE → GDP (Kümülatif Frekans)
NFE ← FE	NFE ≠ FE	NFE ← FE (Tek Frekans) NFE ↔ FE (Kümülatif Frekans)	NFE ← FE

EK-1. (Devamı)

ABD			
Standart GC	TY	Fourier Standart GC	Fourier TY GC
FE ≠ GDP	FE ≠ GDP	FE ← GDP (Tek Frekans) FE ↔ GDP (Kümülatif Frekans)	FE ≠ GDP (Tek Frekans) FE → GDP (Kümülatif Frekans)
NFE → GDP	NFE ≠ GDP	NFE ↔ GDP (Tek Frekans) NFE → GDP (Kümülatif Frekans)	NFE ≠ GDP (Tek Frekans) NFE ↔ GDP (Kümülatif Frekans)
NFE ≠ FE	NFE ≠ FE	NFE → FE	NFE ≠ FE
Türkiye			
Standart GC	TY	Fourier Standart GC	Fourier TY GC
FE ≠ GDP	FE ≠ GDP	FE ≠ GDP (Tek Frekans) FE → GDP (Kümülatif Frekans)	FE → GDP
NFE ≠ GDP	NFE ≠ GDP	NFE ← GDP	NFE ≠ GDP
NFE ← FE	NFE ≠ FE	NFE ← FE (Tek Frekans) NFE ↔ FE (Kümülatif Frekans)	NFE ≠ FE

Not: Tabloda Fourier Standart Granger Nedensellik ve Fourier Toda&Yamamoto Granger Nedensellik testlerinin sonuçlarında, tek frekans ve kümülatif frekans sonuçları aynı olan bulguların yanına açıklama yazılmamıştır.

EK-2. Ülke Serileri Büyüme Grafikleri



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı : Fatih AKÇAY
Doğum Yeri ve Tarihi : Denizli, 01.08.1988
Medeni Durumu : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

EĞİTİM DURUMU

Lisans (Anadal) : Anadolu Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi – İngilizce İşletme Bölümü (2007-2010)
Lisans (Yandal) : Anadolu Üniversitesi – İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi – Maliye Bölümü (2009-2011)
Bütünleşik Doktora : Pamukkale Üniversitesi - Sosyal Bilimler Enstitüsü - Maliye Anabilim Dalı (2011-2017)

MESLEKİ TECRÜBESİ

2011- : Pamukkale Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi - Maliye Bölümü Araştırma Görevlisi