

**ENERJİ-BÜYÜME İLİŞKİSİ VE
ENERJİ-BÜYÜME İLİŞKİSİNİ
ETKİLEYEN UNSURLAR**

Tuba ŞAHİNOĞLU

**Doktora Tezi
İktisat Anabilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Hayati AKSU
2014
Her Hakkı Saklıdır**

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

Tuba ŞAHİNOĞLU

**ENERJİ-BÜYÜME İLİŞKİSİ VE ENERJİ-BÜYÜME İLİŞKİSİNİ
ETKİLEYEN UNSURLAR**

DOKTORA TEZİ

**TEZ YÖNETİCİSİ
Yrd. Doç. Dr. Hayati AKSU**

ERZURUM-2014



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ BEYAN FORMU

04.../08/2014

SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum " **Enerji-Büyüme İlişkisi ve Enerji-Büyüme İlişkisini Belirleyen Unsurlar** " adlı tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece Atatürk Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumun yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

04.../08/2014

Tuba ŞAHİNOĞLU



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



TEZ KABUL TUTANAĞI

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Yard. Doç. Dr. Hayati AKSU danışmanlığında, Tuba ŞAHİNOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma 04 / 08 / 2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İktisat Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Lütfü ÖZTÜRK

İmza:

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ö. Selçuk EMSEN

İmza:

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Kerem KARABULUT

İmza:

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ömer YILMAZ

İmza:

Jüri Üyesi : Yard. Doç. Dr. Hayati AKSU

İmza:

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir. / /

Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET	IV
ABSTRACT	V
KISALTMALAR DİZİNİ	VI
TABLolar DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
ÖNSÖZ	XI
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

DOĞAL KAYNAKLAR VE ENERJİNİN EKONOMİK AKTİVİTEDEKİ YERİ VE BÜYÜME-KALKINMA AÇISINDAN ÖNEMİ

1.1. DOĞAL KAYNAKLARIN TANIMI VE TÜRLERİ	5
1.1.1. Yenilenemeyen Kaynaklar	5
1.1.2. Yenilenebilir Kaynaklar	8
1.1.3. Alternatif Enerji Kaynakları	10
1.2. DOĞAL KAYNAKLAR VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ	11
1.2.1. İktisadi Büyümenin Tanımı ve Belirleyicileri.....	11
1.2.2. İktisadi Büyüme Teorileri İçerisinde Doğal Kaynakların Yeri	13
1.2.2.1. Klasik Büyüme Teorileri	13
1.2.2.2. Modern Büyüme Teorileri	15
1.2.2.3. Neoklasik Büyüme Modeli: Solow (1956, 1974)	16
1.2.2.4. İçsel Büyüme Modeli.....	22
1.2.2.5. Doğal Kaynaklar ve Enerjiyi İçeren Büyüme Modelleri.....	23
1.2.3. Enerji Büyüme İlişkisi.....	28
1.2.3.1. Enerji Dönüştürme Aktiviteleri	28
1.2.3.2. Enerji-Büyüme İlişkisinin Niteliği	35
1.2.3.3. Enerji Yoğunluğu.....	42
1.3. ENERJİ-KALKINMA İLİŞKİSİ	47
1.3.1. Kalkınmanın Tanımı ve Niteliği.....	47
1.3.2. Sürdürülebilir Kalkınma.....	49

1.3.2.1. Çevre-Ekonomik Büyüme İlişkisi	49
1.3.2.2. Ekonomik Yaklaşım	56
1.3.2.3. Ekolojik Yaklaşım	57
1.3.2.4. Çevre ve Ekonomik Aktivite İlişkisinde Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı.....	59
1.3.2.5. Sürdürülebilir Kalkınmanın Tanımı ve Gelişimi.....	63
1.3.3. Enerjinin İktisadi Büyüme ve Kalkınma Hedefi Açısından Ülkelere Etkisi....	66
1.3.3.1. Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Açısından Enerjinin Önemi	66
1.3.3.2. Doğal Kaynak İhracatçısı Ülkeler Açısından Enerji- Büyüme İlişkisi.....	68
1.3.3.3. Kaynak Laneti.....	69

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER ve ENERJİ-BÜYÜME İLİŞKİSİ ÜZERİNE LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. ENERJİ TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	73
2.1.1. Teknolojik Değişim.....	79
2.1.1.1 Teknolojik Değişmenin Tanımı ve Enerji Kullanımı Üzerindeki Etkisi ...	79
2.1.1.2. Teknolojik Değişimin Büyüme Modeli Çerçevesinde Ele Alınması	84
2.1.1.3. Yansıma Etkisi.....	89
2.1.2. Yapısal Değişim	93
2.1.2.1. Yapısal Değişmenin Tanımı ve Enerji Kullanımı Üzerindeki Etkisi	93
2.1.2.2. Yapısal Değişimin Büyüme Modeli Çerçevesinde Ele Alınması.....	98
2.1.3. Girdiler arası İkame.....	100
2.1.4. Yakıtlar Arası İkame	105
2.2. ENERJİ VE BÜYÜME İLİŞKİSİ ÜZERİNE LİTERATÜR ÖZETİ.....	108
2.2.1. Zaman Serisi Niteliğinde.....	109
2.2.2. Panel Veri Niteliğinde	119
2.2.3. Ayrıştırma Analizi Niteliğinde.....	123

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENERJİ BÜYÜME İLİŞKİSİNİN ANALİZİ VE ENERJİ-BÜYÜME İLİŞKİSİNİ BELİRLEYEN UNSURLAR ÜZERİNE BİR UYGULAMA

3.1. ÇALIŞMANIN AMACI, KAPSAMI VE ÖNEMİ	137
3.2. ÇALIŞMANIN DEĞİŞKENLERİ, HİPOTEZLERİ VE VERİ SETİ.....	138
3.3. ÇALIŞMANIN METODOLOJİSİ	141
3.4. ÇALIŞMANIN AMPİRİK BULGULARI	148
3.4.1. Panel-Zaman Serileri Modeli: Enerji-Büyüme Modeli	148
3.4.1.1. Gelişmiş Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeline Ait Tanımlayıcı İstatistikler	149
3.4.1.2. Gelişmiş Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeline ait Panel Birim Kök Testleri	150
3.4.1.3. Gelişmiş Ülkelere Ait Enerji-Büyüme Modeli için Eşbütünleşme Analizi ve İlgili Ampirik Bulgular	154
3.4.1.4. Gelişmiş Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeline Ait Uzun ve Kısa Dönem İlişkilerin Tahmini	156
3.4.1.5. Gelişmekte Olan Ülke için Enerji-Büyüme Modeline Ait Tanımlayıcı İstatistikler	160
3.4.1.6. Gelişmekte Olan Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeline ait Panel Birim Kök Testleri	161
3.4.1.7. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli için Eşbütünleşme Analizi ve İlgili Ampirik Bulgular	163
3.4.1.8. Gelişmekte Olan Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeline Ait Uzun ve Kısa Dönem İlişkilerin Tahmini	164
3.4.2. Panel-Regresyon Modeli	166
3.4.2.1. Genel Modelin Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	169
3.4.2.2. Genel Modele Ait Ampirik Bulgular	171
3.4.2.3. Gelişmekte Olan Ülkelere Ait Modelin Ampirik Bulguları	178
3.4.2.4. Gelişmiş Ülkelere Ait Modelin Ampirik Bulguları	185
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	193
KAYNAKLAR	205
ÖZGEÇMİŞ.....	230

ÖZET**DOKTORA TEZİ****ENERJİ-BÜYÜME İLİŞKİSİ ve ENERJİ-BÜYÜME İLİŞKİSİNİ BELİRLEYEN
UNSURLAR****Tuba ŞAHİNOĞLU****Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Hayati AKSU****2014, 230 Sayfa****Jüri: Yrd. Doç. Dr. Hayati AKSU (Danışman)****Prof. Dr. Kerem KARABULUT****Prof. Dr. Sinan TEMURLENK****Prof. Dr. Ö. Selçuk EMSEN****Prof. Dr. Lütfü ÖZTÜRK**

Ülke ekonomilerinin gelişmesinde ve toplum refahının artırılmasında enerji önemli bir role sahiptir. Diğer yandan, özellikle yenilenemeyen kaynaklar olmak üzere, enerji kaynaklarının sınırlı düzeyde oluşu ve çevresel boyutu nedeniyle gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler büyüme düzeylerini korurken enerji tüketimi/GSYH oranını azaltmayı hedeflemektedirler. Bu çalışmada enerji-büyüme ilişkisinin varlığı ve niteliğinin, ayrıca ilişkiyi etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Uygulama bölümü panel veri analizine dayalı iki modelin tahmininden oluşmaktadır. Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisinin araştırıldığı ilk model 30 gelişmiş ve 43 gelişmekte olan ülkeye ait 1980-2011 dönemi verilerini kapsamaktadır. Sonuçlara göre gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde doğrusal olmayan bir ilişki vardır.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini etkileyen faktörlerin ele alındığı ikinci modelde 25 gelişmiş ve 28 gelişmekte olan ülke için 2000-2011 dönemini kapsayan panel-regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre gelişmekte olan ülkelere girdi bileşenindeki ve yakıt bileşenindeki değişim; gelişmiş ülkelere ise yapısal değişim, girdi bileşenindeki değişim ve yakıt bileşenindeki değişim enerji-büyüme ilişkisini etkileyen unsurlardır.

Anahtar Kelimeler: Enerji-Büyüme İlişkisi, Ekonomik Büyüme, Panel Veri Analizi, Hata Düzeltme Modeli, Panel-Regresyon Analizi

ABSTRACT**PH. D. DISSERTATION****ENERGY- ECONOMIC GROWTH RELATIONSHIP AND FACTORS
AFFECTING ENERGY-ECONOMIC GROWTH RELATIONSHIP****Tuba ŞAHİNOĞLU****Advisor: Assist. Prof. Hayati AKSU****2013, Page: 230****Jury: Assist. Prof. Dr. Hayati AKSU (Advisor)****Prof. Dr. Kerem KARABULUT****Prof. Dr. Sinan TEMURLENK****Prof. Dr. Ö. Selçuk EMSEN****Prof. Dr. Lütfü ÖZTÜRK**

Energy has an important role for develop the national economy and improve social welfare. The developed and developing countries aim to reduce levels of energy consumption/GDP ratio while maintaining the same level of growth rate simultaneously because of limited energy resources, especially non-renewable resources and enviromental aspects of these resources. Aims of this study are to determine nature of energy-growth relationship and the factors that affect this relationship. The empirical part of the study consists of the estimation of two models based on panel data analysis. The first model analyzing the relationship between energy consumption and economic growth in 30 developed and 43 developing countries covers the period from 1980 to 2011. According to the results, in the long term there is a nonlinear relationship between energy consumption and economic growth in developed and developing countries.

In the second model discussing factors affecting the relationship between energy consumption and economic growth, has been performed panel-regression analysis in 25 developed and 28 developing countries for 2000-2011 period. According to the results in the developing countries, change in input components and fuel components are important factors in the change of energy-growth relationship, whereas structural change, changes in input components and changes in fuel components are important factors in the developed countries

Keywords: Energy and Growth, Economic Growth, Panel Data Analysis, Error Correction Model, Panel-Regression Analysis

KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AEEI	: Otonom Enerji Etkinlik Artışı
AR&GE	: Araştırma ve Geliştirme
BP	: British Petroleum
CES	: Sabit İkame Esnekliği
EKK	: En Küçük Kareler
GMM	: Genelleştirilmiş Momentler Metodu
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
HEKK	: Havuzlanmış En Küçük Kareler
HT	: Harris-Tzavalis
IPS	: Im, Pesaran ve Shin
LSDV	: Least Square Dummy Variable
LR	: Olabilirlik Oranı
MENA	: Orta Doğu ve Kuzey Afrika
MSY	: Maksimum Sürdürülebilirlik Alanı
PCA	: Birincil Dönüştürme Aktiviteleri
PCSE	: Panel Düzeltilmiş Standart Hatalar
PCT	: Patent İşbirliği Anlaşması
RDM	: Rafine Edilmiş Divisia Metodu
SCA	: İkincil Dönüştürme Aktiviteleri
STAN	: Uluslararası Sektörel Veri Tabanı
WDI	: World Development Indicators
WIPO	: World Intellectual Property Organization

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Dönüştürülebilirliklerine Göre Enerji Türleri	33
Tablo 2.1. Enerji-Büyüme İlişkisi Literatür Özeti Tablosu.....	130
Tablo 3.1. Gelişmiş Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeli Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	149
Tablo 3.2. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Birinci Kuşak Panel Birim Kök Test Sonuçları.....	151
Tablo 3.3. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Birinci Kuşak Panel Birim Kök Test Sonuçları (Δ)	152
Tablo 3.4. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Pesaran CADF Panel Birim Kök Test Sonuçları	153
Tablo 3.5. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Pedroni Panel Eşbütünleşme Analiz Sonuçları	156
Tablo 3.6. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Panel Dinamik En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları	157
Tablo 3.7. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli için Hata Düzeltme Modeli Sonuçları.....	159
Tablo 3.8. Gelişmekte Olan Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeli Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler	160
Tablo 3.9. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Birinci Kuşak Panel Birim Kök Test Sonuçları	162
Tablo 3.10. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Birinci Kuşak Panel Birim Kök Test Sonuçları (Δ).....	162
Tablo 3.11. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Pesaran CADF Panel Birim Kök Test Sonuçları	163
Tablo 3.12. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Pedroni Panel Eşbütünleşme Analiz Sonuçları	163
Tablo 3.13. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Panel Dinamik En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları.....	164
Tablo 3.14. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli için Hata Düzeltme Modeli Sonuçları	165

Tablo 3.15. Panel-Regresyon Modelinin Bağımlı ve Bağımsız Değişkenlerine ait Genel Bilgiler.....	169
Tablo 3.16. Genel Modelin Veri Setine Ait Tanımlayıcı İstatistikler	169
Tablo 3.17. Genel Modelin Değişkenlerinin Korelasyon Matrisi	170
Tablo 3.18. Sabit Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları	173
Tablo 3.19. Birimler arası Korelasyon Varsayımının Sınaması: Pesaran, Friedman ve Frees Test Sonuçları.....	174
Tablo 3.20. Otokorelasyon Varsayımının Sınanması: Durbin-Watson Testi ve Yerel En İyi Değişmez Testi Sonuçları	175
Tablo 3.21. Değişen Varyans Varsayımının Sınanması: Değiştirilmiş Wald Testi Sonuçları	175
Tablo 3.22. Sabit Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları (Driscoll-Kraay Tahmincisi).....	176
Tablo 3.23. Gelişmekte Olan Ülkeler Modeli Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler	178
Tablo 3.24. Gelişmekte Olan Ülkeler Modeli Değişkenlerinin Korelasyon Matrisi....	179
Tablo 3.25. Gelişmekte Olan Ülkeler Tesadüfi Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları	181
Tablo 3.26. Birimler arası Korelasyon Varsayımının Sınaması: Pesaran, Friedman ve Frees Test Sonuçları.....	182
Tablo 3.27. Otokorelasyon Varsayımının Sınanması: Durbin-Watson Testi ve Yerel En İyi Değişmez Testi Sonuçları	183
Tablo 3.28. Değişen Varyans Varsayımlarının Sınanması: Levene, Brown ve Forsythe Testi Sonuçları	183
Tablo 3.29. Gelişmekte Olan Ülkeler Tesadüfi Etkiler Modeli Robust Tahmincilerle Tahmin Sonuçları	184
Tablo 3.30. Gelişmiş Ülkeler Modeli Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	185
Tablo 3.31. Gelişmiş Ülkeler Modeli Değişkenlerinin Korelasyon Matrisi	186
Tablo 3.32. Gelişmiş Ülkeler Tesadüfi Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları	188
Tablo 3.33. Birimler arası Korelasyon Varsayımının Sınaması: Pesaran, Friedman ve Frees Test Sonuçları.....	189
Tablo 3.34. Otokorelasyon Varsayımının Sınanması: Durbin-Watson Testi ve Yerel En İyi Değişmez Testi Sonuçları	190

Tablo 3.35. Değişen Varyans Varsayımlarının Sınanması: Levene, Brown ve Forsythe Testi Sonuçları	190
Tablo 3.36. Gelişmiş Ülkeler Tesadüfi Etkiler Modelinin Robust Tahmincilerle Tahmin Sonuçları.....	191

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yenilenemeyen Doğal Kaynaklar ve Kişi başına Çıktının Tahmini Zirve Noktaya Ulaşma Süreleri	7
Şekil 1.2. Gelir, Kaynaklar, Nüfus ve Kirliliğin Maksimuma Ulaşma Noktaları.....	7
Şekil 1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Maksimum Sürdürülebilirlik Alanı.....	9
Şekil 1.4. Neoklasik Ekonomik Sistemin Genel Yapısı	19
Şekil 1.5. Ekonomi Aracılığıyla Enerji, Kaynak, Mal ve Para Akımı.....	31
Şekil 1.6. Fiziki, Beşeri ve Doğal Sermaye İle Ekonomik Sistem Arasındaki İlişki.....	34
Şekil 1.7. OECD Baskı-Durum-Tepki (PSR) Modeli.....	54
Şekil 1.8. Ekonomik Devresel Akım Şeması.....	54
Şekil 1.9. Enerjiyi ve Geri-dönüşümü İçeren Yeni Ekonomik Akım Şeması	56
Şekil 1.10. Çevresel Kuznets Eğrisi.....	60
Şekil 1.11. Çevresel Kalite, Enerji Tüketimi ve Kalkınma İlişkisi.....	61
Şekil 1.12. Üç Daire modeli.....	64
Şekil 2.1. Enerji Tüketimindeki Değişimin Ayrıştırılması	78
Şekil 2.2. Üç Boyutlu Yansıma İlişkisi.....	91
Şekil 2.3. Yansıma Etkisi.....	93
Şekil 2.4. Girdiler arası İkamenin Makroekonomik Sınırları	101
Şekil 2.5. Enerji Tüketiminde Değişime Yol Açan Faktörler.....	109

ÖNSÖZ

Yürüttüğüm tez çalışmasında desteğini esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hayati AKSU'ya, tez izleme komitemin değerli üyeleri Prof. Dr. Kerem KARABULUT'a, Prof. Dr. Sinan TEMURLENK'e, tez jüri üyesi Prof. Dr. Ömer YILMAZ'a ve özellikle desteğini her zaman hissettiğim Prof. Dr. Ö. Selçuk EMSEN'e teze yönelik getirdikleri yapıcı eleştirilerden dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez çalışmasının uygulama bölümüne katkılarından ötürü Doç. Dr. Ferda YERDELEN TATOĞLU'na şükranlarımı sunarım.

Çalışmanın arka planında bana bıkmadan her türlü desteği veren kıymetli anneme, eşim Erdoğan ŞAHİNOĞLU'na ve kızlarıma minnetlerimi sunarım. Son olarak sabırları ve sonsuz destekleri için Yrd. Doç. Dr. Emine Demet EKİNCİ ile Yrd. Doç. Dr. Meryem ÖZTÜRK'e ve çok değerli diğer mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Erzurum – 2014

Tuba ŞAHİNOĞLU

GİRİŞ

Ekonomik sürecin hemen hemen her aşamasında gereksinim duyulması itibariyle enerji kaynakları, modern ekonomilerin büyümesi ve gelişmesinde önemli rol oynayan bir üretim faktörüdür. Dolayısıyla enerji kaynaklarının yoğun kullanıldığı ekonomilerin daha hızlı büyüdüğü yönünde görüşler sanayi devrimi sonrasında kabul edilen yaygın bir fikir haline gelmiştir. Genel kabul görmüş olan enerji-büyüme ilişkisinin varlığı ve yönünün kısa ve uzun dönemde analiz edilmesi ülkelerin enerji ve ekonomik büyüme politikalarını belirlemeleri açısından önem arz etmektedir.

Diğer yandan ülke ekonomilerinin gittikçe artan bir büyüme düzeyini yakalayabilmeleri için gerekli enerji kaynaklarına ulaşılabilirlik; teknolojik değişme, sermaye birikimi, beşeri sermaye, altyapı yatırımları ve politik istikrar unsurları arasında yer almasına karşın, enerji kaynakları azalan verimlere konu olan ve fiziksel olarak tüketilebilen bir faktördür. Bu nedenle de biyo-fiziksel yaklaşıma göre ekonomik büyümeye yol açmasının yanı sıra enerjinin sınırlandırıcı etkileri bulunmaktadır.

Enerji kaynaklarının büyümeyi destekleyici ya da sınırlandırıcı olduğu hususu ülkelerin gelişme düzeylerine bağlıdır. Genellikle sanayileşmenin başlangıcında nispeten daha verimli olan enerji, yoğun olarak kullanılmakta ve zamanla yoğunluk azaltılmaya çalışılmaktadır (Andrè ve Smulders, 2004). Diğer bir ifadeyle ülkelerin gelişme düzeyleri arttıkça gerek enerjinin kıt bir faktör olmasından gerekse enerji tüketiminin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden ötürü ülkelerin enerji tüketim düzeylerini azaltma eğilimi yaşanmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler, sanayi sektörünün yoğun enerji gereksiniminden ötürü enerji tüketim düzeylerini azaltma olanağına sınırlı düzeyde sahip olsalar da, gelişmiş ülkeler ve belirli bir düzeyde gelişmekte olan ülkeler kendi ekonomi dinamikleri ve uyguladıkları politikalar aracılığıyla enerji yoğunluk düzeylerini azaltabilmektedirler. Diğer bir ifadeyle endüstrileşmeyle birlikte ülkelerin artan enerji yoğunlukları, hizmetler sektöründeki genişleme ve teknolojik ilerlemedeki artış sonrasında azalmaya başlamaktadır.

Ülkelerin gelişme düzeylerinin artmasıyla birlikte tarımdan endüstriye ve hizmetlere doğru gerçekleşen bir yapısal değişme nihai enerji tüketiminde de paralel kaymalara yol açmaktadır. Endüstrileşmiş ülkelerde, tarım sektörünün yarattığı katma değer düzeyi azalırken, hizmetler sektörünün yarattığı katma değer önemli boyutlara

ulaşmaktadır. Sanayi sektörünün enerji yoğunluğunun hizmetler sektörüne kıyasla yoğun olması itibariyle ekonominin enerjiye bağımlılığının da azalması beklenmektedir.

Sınırlı kaynaklar ile büyümenin elde edilmesindeki anahtar faktörlerden biri de teknolojik değişimdir. Toplam faktör verimliliğindeki kazanım olarak tanımlanan teknolojik değişim, üretim girdilerinin ağırlıklı ortalaması sabit kalırken çıktının artmasına yol açmaktadır. Teknolojik değişimin yanı sıra girdiler ve/veya enerji kaynakları arasındaki ikame de ekonomik büyümeyi kaynaklar ve çevresel hizmetlerden ayırmaktadır. Ekonomik teoriye göre, üretim faktörlerinin kıtlığı karşılaşılan olağan bir ekonomik zorluktur ve bu zorluk çeşitli alternatiflerin ve ikamelerin geliştirilmesiyle aşılabilmektedir.

Enerji kaynakları arasındaki ikameyi, enerji kaynakların marjinal ürünü ile ifade edilen enerji kalitesi belirlemektedir. Enerji kaynağının marjinal ürünü ise fiziksel kıtlık, iş yapma kapasitesi, enerji yoğunluğu, depolanma sorumluluğu, güvenlik, kullanım esnekliği ve değişim maliyetine bağlıdır.

Enerjinin üretim üzerindeki sınırlandırıcı etkisi ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri sürdürülebilir kalkınma kavramının ortaya atılmasına yol açmıştır. Sürdürülebilirliğin en önemli makroekonomik belirleyicilerinden biri toplam enerji kullanımı/toplam ekonomik aktivite oranıdır. Ekonomik büyüme oranı artarken enerji tüketim düzeyindeki azalış enerji yoğunluğundaki azalışla ifade edilmektedir. Ülkeler arasındaki enerji yoğunluğundaki farklılıklar yukarıda da belirtildiği gibi enerjinin etkin kullanım düzeyinin yanı sıra, enerji kaynaklarının kıtlığı, enerji fiyatları, yakıt bileşimindeki değişim, yapısal değişim ve teknolojik değişim gibi faktörlerden kaynaklanabilmektedir (Khademvatani ve Gordon, 2007). Enerji ile çıktı arasındaki ilişkiyi belirleyen fiyat dışı bu unsurlar otonom enerji etkinlik gelişmeleri olarak adlandırılmaktadır.

Bu doğrultuda çalışmada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin varlığının araştırılması ve bu ilişkiyi etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Analizlerde enerji-büyüme ilişkisinin araştırıldığı ilk modelde 1980-2011 dönemine ait yıllık verileri kapsayan panel-zaman serisi analizine başvurulmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için ayrı tahminlerin yapıldığı modelde büyüme oranı bağımlı değişken iken, birincil enerji

tüketimi ve enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki parabolik ilişkinin yakalanması için enerji tüketiminin karesi alınarak oluşturulan değişken bağımsız değişkenleri oluşturmaktadır.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörlerin belirlenmesini amaçlayan çalışmanın ikinci modelinde 2000-2011 periyoduna ait yıllık verilerle panel-regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu modelde bağımlı değişken olarak enerji tüketimi/GSYH olarak ele alınırken, bağımsız değişkenler teknolojik değişimi temsilen toplam patent verileri; yapısal değişimi temsilen hizmet sektörünün katma değer payı; girdi bileşenindeki değişimi temsilen sabit sermaye oluşumunun GSYH içindeki payı ve toplam işgücü ve son olarak enerji bileşenindeki değişimi temsilen fosil yakıtlar ile alternatif ve nükleer enerjinin toplam enerji tüketimi içindeki payından oluşmaktadır. Ayrıca genel model, gelişmekte olan ülkeler ve gelişmiş ülkeler modeli olmak üzere üç farklı model tahmin edilmektedir.

Çalışmada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analiz edilmesinde yer alan bağımsız değişkenler literatürdeki çalışmalar temel alınarak belirlenmiştir. Ancak ikinci modelde yer alan teknolojik değişim, yapısal değişim, girdi bileşeni ve yakıt bileşeni değişkenlerinin birlikte yer aldığı analize uygulamalı literatürde rastlanmamıştır (Stern ve Celveland, 2004). Dolayısıyla her dört faktörü de içermesiyle yönüyle çalışmanın ampirik analizi önem arz etmektedir.

Çalışma üç temel bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde öncelikle doğal kaynakların sınıflandırılması ele alınmaktadır. Ardından iktisadi büyüme teorilerinin doğal kaynaklar ve ekonomik büyüme ilişkisine bakışı incelenerek, enerji-büyüme ilişkisi detaylı biçimde irdelenmektedir. Bu bölümde ayrıca sürdürülebilir kalkınma kavramı ve çevre-ekonomik büyüme ilişkisi çerçevesinde enerji ile kalkınma arasındaki ilişki incelenmektedir. Son olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler açısından enerjinin önemi ele alınarak kaynak laneti kavramına yer verilmiştir.

İkinci bölüm iki alt kısımda oluşmaktadır. İlk kısımda enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen teknolojik değişim, yapısal değişim, girdiler arası ikame ve yakıtlar arası ikame faktörleri açıklanmaktadır. Daha sonra ikinci kısımda enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye yönelik zaman serisi, panel veri ve ayrıştırma analizi niteliğindeki literatür özeti verilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümü ekonometrik analizden oluşmaktadır. Bu bölümde öncelikle çalışmanın amacı, değişkenleri ve panel veri yöntemine dair kısa bir bilgi sunulmakta, ardından enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ve bu ilişkiyi belirleyen faktörleri ortaya koymak amacıyla yapılan araştırma ve araştırmanın ampirik bulgularına yer verilmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

DOĞAL KAYNAKLAR VE ENERJİNİN EKONOMİK AKTİVİTEDEKİ YERİ VE BÜYÜME-KALKINMA AÇISINDAN ÖNEMİ

1.1. DOĞAL KAYNAKLARIN TANIMI VE TÜRLERİ

Doğal yollardan ortaya çıkmış, insanların ihtiyaçlarını karşılamada (Başol, 1993: 63), ayrıca ekonomik ve toplumsal amaçlarını gerçekleştirmede kullandıkları kaynakların tümü doğal kaynak olarak adlandırılmaktadır (Günsoy vd., 2013: 9). Bir mal ya da varlığın doğal kaynak olarak nitelendirilebilmesi için bir yaşam çevresinin var olması, sınırlı olması, tükenebilir ve kalitesinin bozulabilir olması ve o kaynağın varlığının farkında olunması ve bilinmesi gerekmektedir (Başol vd., 2005: 63-64).

Doğal kaynakların farklı şekillerde sınıflandırılması mümkündür. Ancak en yaygın kullanılan sınıflandırmaya göre doğal kaynaklar yenilenemeyen (stok) ve yenilenebilir (akım) kaynaklar olmak üzere iki kısma ayrılmaktadırlar. Ayrıca iki alt grupta sınıflandırılmayan alternatif enerji kaynakları da mevcuttur.

1.1.1. Yenilenemeyen Kaynaklar

Yenilenemeyen kaynaklar oluşumu milyonlarca yıl gerektiren, bu nedenle de yeryüzünde sabit bir miktarda mevcut olan (Smith ve Taylor, 2008: 4) ve rezerv miktarları belirli durumlar dışında değiştirilemeyen kaynakları ifade etmektedir. Başka bir deyişle tüketildiğinde sonsuza kadar geri dönüşümü sağlanamayan doğal kaynaklar yenilenemeyen kaynaklardır (Alam, 2006: 14). Yenilenemeyen doğal kaynakların sonlu olma özelliği, bugün ile gelecek arasında bir tercih yapma gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Yani bugün bir kaynağın daha fazlasının kullanılması, yarın için daha az miktarının kalacağı anlamını taşımaktadır (Weil, 2013: 493).

Yenilenemeyen doğal kaynaklar kendi arasında dört alt grupta sınıflandırılmaktadır:

- a) *Kimyasallar*
- b) *Fosil Yakıtlar*
- c) *Doğal Yolla Oluşan Gübreler*

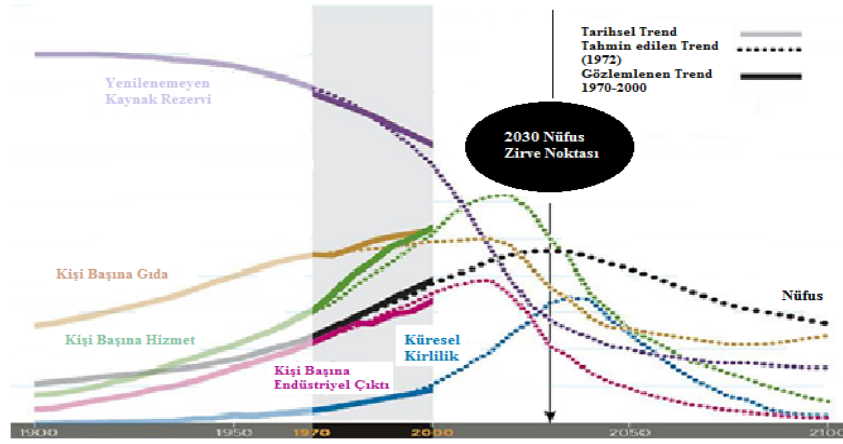
d) *Uranyum* (Demirel, 2012: 30).

Yenilenemeyen kaynakların en yaygın ölçümü *cari rezerv düzeyidir* ya da mevcut teknoloji kullanılarak cari fiyat düzeyinden çıkartılabilen kaynakların bilinen miktarıdır. Dört süreç aracılığıyla cari rezerv miktarında değişim yaşanabilmektedir.

- i. Yeni kaynak stoklarının keşfedilmesi sonucu rezervlerdeki yükselmeler.
- ii. Mevcut kaynak stoklarının azalması sonucu rezervlerdeki azalmalar.
- iii. Kaynak fiyatlarındaki değişimler.
- iv. Teknolojik değişimler (Weil, 2013: 484).

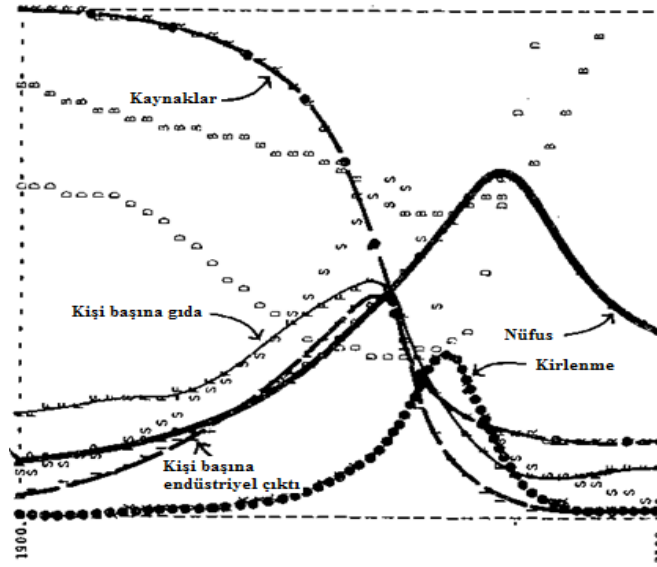
Kullanıldıklarında tükenmeleri nedeniyle yenilenemeyen kaynak rezervleri ile ilgili veriler gerek global üretim gerekse doğal kaynak endüstrisinde yapılan araştırma, inovasyon ve yatırımlar için önemli bir kavramdır (Koroshy vd., 2010: 13). Son yıllarda mevcut rezervlerin global üretimi sürdürebilme düzeyini belirlemede en sık kullanılan göstergelerden biri, en önemli yenilenemeyen kaynak olan petrol için kullanılan *zirve petrol* terimidir. Bu ifade dünya petrol üretiminin ulaşacağı maksimum noktayı göstermekte ve petrol rezervlerin tamamen tükenmeden önce üretim düzeyinin aşamalı olarak azalmaya başlayacağını işaret etmektedir (Worth, 2010: 13). Söz konusu hipotezin doğruluğu Şekil 1.1 ve Şekil 1.2’de gösterilmektedir.

Dünya petrol üretiminin 2020-2030 yılları arasında, kömür ve doğal gaz üretiminin ise sırasıyla 2030 ve 2040 yılına varmadan zirve noktasına ulaşması beklenmektedir. Kaynak etkinliğindeki zirve noktasına bakıldığında ise etkinlikteki artışın kaynak arzındaki azalışı dengelemede başarısız olmasından ötürü, dünya gayri safi çıktı düzeyinin 2020’li yıllarda zirve noktasına ulaşacağı tahmin edilmektedir (Li, 2011: 2-3). Şekil 1.1.’de de görüldüğü gibi dünya nüfusunun ise 2030 yılında en yüksek düzeyine ulaşması beklenmektedir.



Kaynak: Meadows vd., 1972; Strauss, 2012.

Şekil 1.1. Yenilenemeyen Doğal Kaynaklar ve Kişi başına Çıktının Tahmini Zirve Noktaya Ulaşma Süreleri



Kaynak: Turner, 2008, 42.

Şekil 1.2. Gelir, Kaynaklar, Nüfus ve Kirliliğin Maksimuma Ulaşma Noktaları

Genel anlamda ifade edilecek olursa yenilenemeyen materyallerin tüketimi ya fiziki ya da fonksiyonel olarak eşdeğer düzeyde yenilenebilir kaynaklarla değiştirilebildiği ya da yenilenebilir veya yenilenemeyen kaynakların verimliliği artırılarak tüketim düzeyinin dengelenebildiği düzeyde sürdürülebilirdir (Gleich vd., 2006: 252).

1.1.2. Yenilenebilir Kaynaklar

Yenilenebilir kaynaklar doğal süreci içerisinde tekrar yeri doldurulabilen (Lund, 2010: 8), bu nedenle de tekrar kullanılabilen kaynaklardır ve kendi içinde altı bölüme ayrılmaktadır:

1) *Güneş*: Güneş ışığından elde edilen enerjidir. Güneş enerjisi termal enerji ya da elektrik enerjisine dönüştürülür.

2) *Rüzgâr*: Güneş enerjisinin karaları, denizleri ve atmosferi her yerde aynı ölçüde ısıtmaması sonucunda oluşan sıcaklık ve basınç farkları rüzgârı meydana getirmektedir (Cerit vd., 2004: 592). Rüzgâr enerjisi, kinetik enerjiye dönüşmüş güneş enerjisi olarak ifade edilmektedir. Güneş'ten gelen enerjinin yaklaşık %2'si rüzgâr enerjisine dönüşmektedir (Karadeli, 2001: 1).

3) *Biokütle*: Organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dâhil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlardır (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Madde 3).

4) *Jeotermal*: Yerkabuğunun alt katmanlarında depolanmış halde bulunan ısıdır ve yeraltındaki radyoaktif minerallerin parçalanmasıyla oluşmaktadır (Smith ve Taylor, 2008: 12-23; Dur, 2005: 4).

5) *Hidroenerji*: Suyun hareketinden elde edilen güç ya da enerjidir. Hidroenerjinin büyük kısmı set çekilen suyun bir su türbini ve jeneratörü harekete geçirmesinden kaynaklanan potansiyel enerjiden elde edilmektedir (Demirel, 2012: 43).

6) *Okyanus ve Deniz Enerjisi*: Ay, güneş ve yer çekiminden, rüzgâr ve suların ısı farklılıklarından kaynaklanmaktadır (Smith ve Taylor, 2008: 12-23).

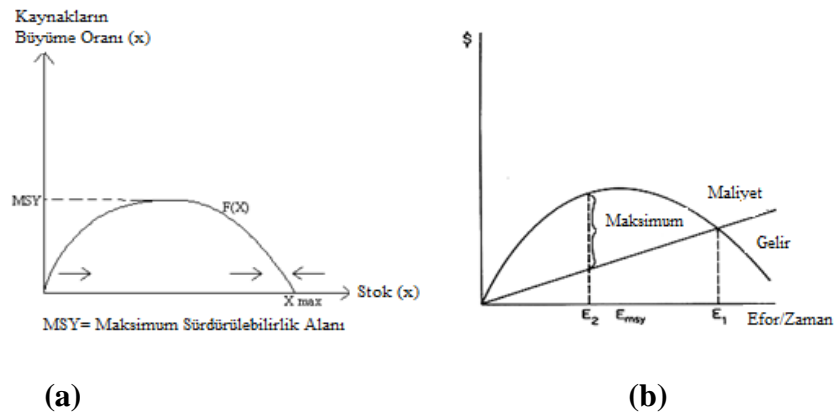
Yenilenebilirlik genel anlamda kullanımın yerine kullanılabilirlikten nispi olarak daha hızlı olmasını ifade etmektedir (Brown ve Ulgiati, 2001: 478). Diğer yandan sürdürülebilirlik limitlerini aşan oranlarda kullanılmaları durumunda hava, su, toprak ve ormanlar gibi yenilenebilir nitelikteki doğal kaynaklar dahi kendilerini yenileyebilme kapasitelerini aşmaktadırlar (Günsoy vd., 2013: 12). Artan dünya nüfusu ve ihtiyaçları ile küreselleşme doğal kaynaklar üstündeki baskıyı günden güne artırmakta, dolayısıyla doğanın “taşınma kapasitesi” sınırlarına dayanılmaktadır (Aksu, 2011: 4).

Ekolojik anlamda bir ekosistemin taşıma kapasitesi; var olan doğal kaynak ve hizmetler tabanı tükenmeden, nüfus düzeyi ve tüketimin devamlılığı olarak tanımlanmaktadır (Bartelmus, 2001: 2). Bir ekosistemin içinde yaşam;

- 1-Ekosistemdeki ulaşılabilir kaynak miktarı
- 2-Nüfus miktarı
- 3-Herbir birey tarafından tüketilen kaynak miktarı ile sınırlandırılmıştır (Sustainable Measures, 14.04.2014).

Taşıma kapasitesi bir toplum için gerekli kaynakları sağlayan çevre ya da yenilenebilir kaynaklar ile ilişkili iken, doğası gereği yenilenemeyen kaynaklar için belirlenmesi çok güçtür. Diğer bir deyişle uzun dönemde taşıma kapasitesi bu alandaki yenilenebilir enerji akışı ile sınırlıdır. Ancak çevrenin ekonomik kalkınmayı destekleme kabiliyetinin sadece yenilenebilir kaynaklara dayandırılması gerçeği yansıtmamaktadır. Zira tüm ekonomilerin kalkınması doğası gereği yenilenebilir kaynaklardan çok yenilenemeyen kaynaklara bağımlıdır (Brown ve Ulgiati, 2001: 474-476).

Yenilenebilir kaynakların büyüme oranı var olan stoklara ve çevrenin *taşıma kapasitesine* bağlıdır. Yenilenebilir kaynak stoku, çevrenin taşıma kapasitesine eşitse yenilenebilir kaynakların büyüme oranı sıfır olacaktır. Bu nedenle daha düşük bir kaynak stoku yüksek bir büyüme oranına yol açacaktır (Weil, 2013: 487). Bu ifade Şekil 1.3. (a) ve (b) panellerinde gösterilmektedir:



Şekil 1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Maksimum Sürdürülebilirlik Alanı

Şekil 1.3. (a) ve (b)'ye göre eğrinin zirve noktası, maksimum sürdürülebilirlik alanı olarak adlandırılmakta ve gelecekteki ulaşılabilir kaynak miktarında azalma

olmadan optimal kullanım düzeyini ifade eden mümkün olabilen en büyük kaynak miktarını göstermektedir. Diğer bir ifadeyle maksimum sürdürülebilirlik alanı (MSY) elde edilen ürün oranının yenilenme oranına eşit olduğu optimal kaynak stokudur (McKinney vd., 2007: 159).

Şekil 1.3. (b)'ye göre yenilenebilir kaynaklardan en yüksek düzeyde fayda sağlanan nokta E_2 noktasıdır, dolayısıyla bu nokta en etkin noktadır. Maliyetin gelire eşit olduğu E_1 noktasına kadar yenilenebilir kaynak kullanılabilir. E_1 noktasından sonra ise kıtlık sınırı aşılmış ve dolayısıyla kaynağın tüketilmesi uygun olmayacaktır.

Eğer bir kaynak türü çevresel boşluğu doldurabilmek için hızla yenilenebiliyorsa, eğrinin zirve yaptığı nokta, stokun nakletme kapasitesine göre daha küçük olduğu durumda gerçekleşmektedir. Diğer yandan eğer kaynak düşük hızla yenilenebiliyorsa, eğrinin zirve yaptığı nokta, stokun nakletme kapasitesine göre daha yüksek olduğu durumda gerçekleşmektedir (Weil, 2013: 488).

Maksimum sürdürülebilirlik alanı özellikle biyolojik yakıtların yönetimi açısından önemli bir kriterdir. Temel prensip azalan kaynakların kendilerini yenileyebildikleri noktaya kadar bu kaynaklardan ürün elde edilmesidir. Bu nedenle de mevcut kaynaklardan gereğinden fazla ya da az ürün elde edilmesini önlenmektedir (McKinney vd., 2007: 159). İnsanlar açısından dünyanın taşıma kapasitesi, sadece temel gıda gereksinimi değil ayrıca tüm kaynak türlerinin tüketim düzeylerine, yaratılan atık miktarına, çeşitli aktiviteler için tercih edilen teknolojilere ve büyük tehditler karşısındaki mobilite başarısına bağlıdır. Diğer yandan nüfus boyutu, tüketim kalıpları ve teknoloji seçenekleri aracılığıyla taşıma kapasitesinin sınırları aşılabilmektedir (Postel, 1994: 4).

1.1.3. Alternatif Enerji Kaynakları

Alternatif enerji kaynaklarını iki başlık altında toplamak mümkündür (Smith ve Taylor, 2008: 25-27):

a) *Nükleer Enerji*: Ağır radyoaktif (uranyum gibi) atomların bir nötronun çarpması ile daha küçük atomlara bölünmesi (filyon) veya hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları oluşturması (füzyon) sonucu ortaya çıkan enerjiye nükleer enerji adı

verilmektedir¹ (Kökpınar, 2011: 3). Güvenlik ve çevresel risklerine rağmen, nükleer enerjinin dünyanın artan enerji ihtiyacı için bir çözüm olabileceği düşünülmektedir. Zira yenilenebilir enerjiye oranla etkinliği daha yüksek bir enerji kaynağıdır.

b) Hidrojen: Hidrojen güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtıdır. Hidrojen, evrende en basit ve en çok bulunan element olup renksiz, kokusuz, havadan çok daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gaz olmasının yanı sıra yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahip yakıt türüdür (Milli Eğitim Bakanlığı, 2012). Bununla birlikte hidrojen teknik olarak bir enerji kaynağı değil, enerji taşıyıcısıdır. Enerji taşıyıcıları doğal bir yakıt olmayıp birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak değişik hammaddelerden üretilen sentetik (yapay) yakıtlardır (Smith ve Taylor, 2008: 27).

1.2. DOĞAL KAYNAKLAR VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ

1.2.1. İktisadi Büyümenin Tanımı ve Belirleyicileri

İktisadi büyüme, ekonomide belli bir dönemde üretilen mal ve hizmet miktarındaki uzun ve kısa dönemli artışlardır (O'Connor, 2004: 223). Uzun dönemli üretim artışları, ekonomi tam istihdam şartlarında iken kullanılan kaynak miktarının artırılması ve daha ileri bir teknolojiden yararlanılması sonucunda mevcut üretim kapasitesinin genişlemesine; tam istihdam düzeyinin altında ise kullanılan kaynakların daha etkin kullanılması ve mevcut en iyi teknolojiden yararlanılarak üretimin artırılmasına dayanmaktadır (Kaynak, 2011: 9). Üretim hacmindeki artış göstergelerinden en önemlisi Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH)'deki değişimlerdir (Turan, 2008: 11).

Bir ülkenin sahip olduğu üretim faktörlerinin miktarı ve niteliği o ülkenin *üretim kapasitesini* ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle bir ülkenin sahip olduğu işgücü miktarı, beşeri sermaye, doğal kaynaklar, girişimciler ve teknoloji düzeyi üretim kapasitesinin belirleyicileridir. Üretim kapasitesindeki artışın, üretim faktörlerinin miktar olarak artması ve üretim faktörlerinin nitelik olarak iyileşmesi olmak üzere iki kaynağı vardır.

¹ Nükleer zincir reaksiyonuna ilk kez 1942 yılında ulaşılmış, ilk nükleer reaktör ürünü ise 1956'da Britanya Calder Hall'da inşa edilmiştir.

Yeni rezervlerin bulunmasıyla doğal kaynak ya da hammadde miktarında sağlanan artış üretim faktörlerinin miktar olarak artmasını ifade etmektedir (Berber, 2011: 3).

Todaro (1989), herhangi bir toplumdaki ekonomik büyümenin belirleyicilerini ya da bileşenlerini genel anlamda üç grupta toplamaktadır. Mevcut gelirin bir kısmının tasarruf edilip, gelecekte üretim ve geliri artırmak amacıyla yatırıma dönüştürülmesini ifade eden sermaye birikimi bunlardan ilkidir (OECD, 2003: 59). İktisadi büyümenin belirleyicilerinden diğeri nüfus ve işgücüdür. Nüfus artışı sonucunda işgücünde meydana gelen artış ekonomik büyümeyi uyarmaktadır. Teknolojik gelişme iktisadi büyüme bileşenlerinden üçüncüsüdür² (Kar ve Taban 2003: 148).

Ülke ekonomilerinin tarih boyunca geçirmiş olduğu evrelerle birlikte iktisadi büyümenin bileşenlerinde de değişimler yaşanmıştır. Sanayi devrimi sonrasında günümüzdeki gelişmiş ülkelerin gösterdiği büyüme süreci modern büyüme olarak isimlendirilmektedir. Modern büyümenin öncüsü olan Simon Kuznets, hemen hemen tüm gelişmiş ülkelerdeki büyüme sürecini temsil eden aşağıdaki 6 ortak özelliği sıralamıştır:

- 1-Kişibaşına üretimdeki yüksek oranlı artış ve nüfus artışı,
- 2-İşgücü verimliliği başta olmak üzere, toplam faktör verimliliğindeki yüksek oranlı artış,
- 3-Ekonomideki hızlı yapısal dönüşüm,
- 4-Sosyal, politik ve ideolojik değişim,
- 5-Gelişmiş ülkelerin ihtiyaç duyduğu hammadde ve pazarlar için dünyanın diğer bölümlerine ulaşabilme yetenekleri,
- 6-Büyümenin üçüncü dünya nüfusunu sınırlı düzeyde etkilemesi (Weil, 2013: 85).

Tarım toplumunun yerini sanayi toplumuna bırakmasıyla birlikte üretimde hayvanların ve insanların yerini doğal kaynaklar ve enerji almıştır. Özellikle Sanayi Devrimi ve 1970'lerde yaşanan enerji krizleri sonrasında doğal kaynaklar ve enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki önemi fark edilmeye başlanmıştır (Ayres ve Bergh, 2005:

² Teknolojik değişimin **nötr, işgücü yoğun ve sermaye yoğun** olmak üzere üç türü bulunmaktadır. Girdilerin kombinasyonu değiştirilmeden daha yüksek düzeyde çıktı elde edilmesi durumu *nötr teknolojik gelişmeyi* ifade etmektedir. Diğer yandan, *sermaye yoğun teknolojik gelişme*, üretim sürecinde daha az emek daha fazla sermaye kullanılma durumudur. Üretim sürecinde, daha fazla emek daha az sermaye kullanılma durumu ise *emek yoğun teknolojik gelişme* olarak adlandırılmaktadır (Berber, 2011: 24-25).

100). Günümüzde ülkelerin karşılaştığı doğal kaynak kıtlığı sorunun giderek artması da doğal kaynakların ekonomik büyümedeki yeri konusunu daha da çekici kılmıştır.

1.2.2. İktisadi Büyüme Teorileri İçerisinde Doğal Kaynakların Yeri

1.2.2.1. Klasik Büyüme Teorileri

18. yy.'ın son çeyreğini ve 19.yy'ın büyük bir bölümünü kapsayan dönemde hâkim olan klasik ekol Adam Smith tarafından ortaya atılmıştır. A. Smith'i izleyen klasik iktisatçılar, iki ekole ayrılmaktadırlar. Bunlardan ilki, kapitalist ekonominin eninde sonunda, sürekli bir durgunluk dönemine gireceğini savunan R. Malthus, D. Ricardo ve S. Mill'den oluşan "Kötümser İngiliz Klasik Okulu"dur. İkincisi ise sanayi devriminin Fransa'daki etkilerini ele alınan J. B. Say ve Fr. Bastiat'tan oluşan "İyimser Fransız Klasik Okulu"dur.

Klasik ekonomistler doğanın verimliliğinden (Adam Smith), toprağın verimlilik ve yok olmayan gücünden (David Ricardo), toprağın doğasında var olan güçten (John McCulloch) bahsederek ya da dünyayı "birçok materyal ve kimyasalın birlikte karıştırılıp daha sonra kullanıldığı harikulade bir kimyasal fabrika"(Jean-Baptiste Say) olarak tanımlayarak doğanın ekonomiye katkısını ifade etmişlerdir (Alam, 2006: 4-5). Genel anlamda klasikler doğal kaynaklar ve enerjiyi açıkça bir üretim faktörü olarak tanımlamalarına karşın, toprağın (doğanın) sabit bir miktarda ulaşılabilir olduğundan özellikle tarım başta olmak üzere ekonomik aktiviteleri kısıtladığını kabul etmektedirler (Kaynak, 2011: 26).

Klasik ekolün öncülerinde Adam Smith (1776), ekonomik büyümeyi sermaye birikimi, işbölümü ve uzmanlaşma, uluslararası ticaret, nüfus artışı ve görünmez el niteliğindeki fiyat mekanizması ile açıklamaktadır. Smith büyümenin motoru olarak sermaye birikimini görmekte ve sermaye birikiminin kaynağının ise, kâr ve tasarruflar olduğunu ileri sürmektedir (İncekara ve Tatoğlu, 2008: 22-23). Ayrıca Smith tarımda işgücü ve sermaye maliyetini aşan artık bir miktar olduğunu ileri sürerek bu artık miktarı "tarımda, doğa insanlarla birlikte çalışır, öte yandan imalatta doğa hiçbir şey yapmaz, tüm işi insan yapar" ifadesiyle tanımlamaktadır (Alam, 2006: 4-5).

Klasik iktisadın diğerk önemli isimlerinden biri olan Ricardo (1817) ise tarım kesiminde üretim faktörü olarak kullanılan emek ve sermayenin sabit bir bileşimde kullanıldığı ve bu üretim faktörlerinin birbirleri yerine ikame edilemeyeceklerini varsaymaktadır (Berber, 2011: 50-52). Ayrıca ülkede tarıma elverişli arazi varlığı sınırlı olduğundan, tarım sektörü için azalan verimlerin geçerli olduğunu ileri sürmektedir. Dolayısıyla toprakla birlikte kullanılan sermayenin her artan birimi ve üretim için de azalan verim söz konusudur (Kurz ve Salvadori, 2001: 8).

Klasik iktisadi büyümenin savunucularından Malthus (1799), Ricardo'nun modeline dinamiklik kazandırarak, ücretlerdeki artışla birlikte nüfusunda artacağını ileri sürmektedir. Yani yüksek gelirin beraberinde yüksek nüfusu getireceğini belirterek iktisadi büyümeyi nüfustaki artışa dayandırmaktadır (Weil, 2013: 95-110; Berber, 2011: 6). Malthus'un büyüme modeli iki temel unsuru içermektedir. Bunlardan ilki toprak arzının sabit olmasından ötürü azalan verimlerin geçerli olması, diğerk ise hayat standartlarının nüfus artış oranı üzerindeki pozitif etkisidir (Deliktaş, 2001: 94).

Malthus modeline göre, başlangıçta ulaşılabilir toprak miktarına göre nüfusun daha az olması, hayat standartlarının daha yüksek olması anlamına gelmektedir. Daha sonra nüfusun artmaya başlaması ile birlikte (Galor ve Weil, 2000: 820) kişi başına düşen toprak miktarı azalmakta ve insanlar fakirleşmektedir. Dolayısıyla hayat standartlarının azalması nedeniyle uygulanan "koruyucu kontroller"(uluslararası doğum oranında azalma) ya da "pozitif kontroller" (kötü beslenme, hastalıklar ve kıtlık) nüfusun azalmasına yol açacaktır. Bu süreç sonunda teknoloji ya da toprağa ulaşılabilirlikte değişme olmadığı sürece nüfus kendi kendine dengeye gelmekte ve toplum sabit orandaki nüfus ile orantılı bir gelir düzeyine ulaşmaktadır (Weil, 2013: 105-106).

Teknolojik değişme ya da toprak kıtlığı nüfus hacminin kendi kendini dengeleyebileceği negatif bir geri besleme etkisine sahiptir. Diğerk bir ifadeyle hayat standartlarındaki artış nüfus artışı ile dengelenmektedir (Becker vd., 1990: 12).

Malthus'un büyüme modelindeki önemli hususlardan biri de nüfustaki artışın etkilerinin ülkelerin ekonomik yapılarına göre farklılık arz etmesidir. Yoksul ve ekonomisi tarıma dayalı ülkelerde beşeri sermaye ve teknolojik gelişme yetersiz olmasından ötürü nüfustaki artış kişi başına gelirin azalmasına yol açarken, ekonomisi

daha az tarıma ve doğal kaynaklara dayalı modern ekonomilerde uzmanlaşma ve bilgi birikiminin yol açtığı artan verimlerden dolayı Malthusgil etki daha zayıf olacaktır (Becker vd., 1999: 146).

19. ve 20. yy'in büyük bir bölümünü etkileyen diğer bir klasik iktisatçı Karl Marx (1867)'dir. Marx üretimin emeğin bir fonksiyonu olduğunu ileri sürmektedir. Teknolojik değişimin olmadığı modelde iktisadi büyümenin sermaye birikimine, sermaye birikiminin de artık-değer üretimine bağlı olduğu kabul edilmektedir (Kazgan, 1993: 304).

Marx, büyüme modelinde doğal kaynakların üretimdeki yerini emek-değer ve artık-değer teorileri kapsamında değerlendirmektedir. Emek değer teorisine göre, bir ekonomide üretilen malların değerinin tek kaynağı emektir ve bu nedenle bir malın değeri o malın üretiminde kullanılan emek miktarı ile ölçülmektedir (Berber, 2011: 65-69). Emek kullanma sonucunda sermayenin değerinde oluşan fazlalık, diğer bir ifadeyle işgücüne ödenen değer ile işgücüne bu değer karşılığında ürettirilen değer arasındaki fark (Kaynak, 2011: 44) ise parasal anlamda artık-değer olarak adlandırmaktadır

Marx'a göre, üretim sürecinde, makine-ekipman, hammadde gibi unsurların değerlerinde bir değişme olmamakta, bunların sadece fiziki anlamda şekilleri değişmektedir (Berber, 2011: 68-70). Ayrıca doğa ürünleri için insan emeği harcanmamaktadır. Bu nedenlerden ötürü modelde doğal kaynaklara yer verilmemekte ve değerlerinin olmadığı ileri sürülmektedir.

1.2.2.2. Modern Büyüme Teorileri

Modern iktisat teorisi; dinamik yapıya sahip, teknolojik değişmeye ve beşeri sermayeye önem veren gelişmiş ülkelere yönelik ileri sürülen büyüme modellerinden, gelişmekte olan ülkelerinde belirli ölçülerde yararlanabileceğini ileri sürmektedir. Modern büyüme teorileri içinde ön plana çıkan model Harrod-Domar modelidir.

Büyük Dünya Buhranına çözüm olarak sunulan Harrod-Domar modelinde iktisadi büyümenin, sermayenin marjinal verimi veya tasarruf oranının artırılması ile sağlanacağı savunulmaktadır. Ancak sabit üretim fonksiyonu varsayımından ötürü denge ancak "bıçak sırtı" olarak adlandırılan bir yerde ve tesadüfi olarak oluşmaktadır (Atamtürk, 2007: 90).

Harrod (1939) eksik istihdamı hareket noktası olarak seçerek aşama aşama tam istihdamı sağlayacak koşulları ve denge büyüme yolundan uzaklaşmanın yaratacağı etkileri analiz etmektedir (Kaynak, 2011: 88-89). Modele göre ekonomide tam istihdamın sürdürülebilmesi için yatırım, sermayenin marjinal verimliliği ve hızlandırıcı gibi değişkenlerin tasarruf eğilimine ayak uydurmaları gerekmektedir (Peterson, 1994: 516). Daha sonra Domar (1946), Harrod'un modelini devam ettirerek, tam istihdam gelir seviyesini yakalamış bir ekonomide, bu dengeyi koruyarak büyüebilmenin şartlarını irdelemektedir. Domar, bir ekonomide yapılan yatırım harcamalarının etkilerini iki kısımda toplamaktadır. Bunlardan ilki yatırımın gelir artırıcı etkisi, diğeri üretimde kapasite artırıcı etkisidir (Özsağır, 2008: 7).

Harrod-Domar modelinde üretim kapasitesindeki artış temelde, doğal kaynaklar, sermaye ve üretim tekniğindeki değişimin bir fonksiyonudur. Ancak doğal kaynaklar ve üretim tekniğindeki değişimi nicel olarak ifade etmek zor olduğundan modelde üretim kapasitesindeki artış, sermaye ve sermayenin ortalama verimliliği ile ifade edilmiştir (Berber, 2011: 93). Dolayısıyla Harrod-Domar modelinin doğal kaynak ve enerjiye bakışı enerjinin üretim fonksiyonunda önemli bir girdi olmadığı yönündedir (Lee ve Chang, 2008: 55).

1.2.2.3. Neoklasik Büyüme Modeli: Solow (1956, 1974)

İkinci Dünya Savaşından sonrasında Solow 1956 yılında yayınladığı "İktisadi Büyüme Teorilerine Bir Katkı" isimli eseriyle neoklasik büyüme modelinin temelini atmıştır. Solow modelinin temelinde tasarruf, sermaye birikimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki yatmakta ve bu değişkenler dışsal kabul edilen teknolojik gelişme ve nüfus artışı ile ilişkilendirilmektedir (Comin, 2006: 2). Modele daha sonra Swan (1956: 334-361), Hahn (1960: 206-226), Uzawa (1961: 117-124), Meada (1961) ve Johnson (1966) gibi birçok ekonomist katkılar sağlamıştır.

Tek sektörlü bir ekonominin ele alındığı neoklasik büyüme teorisinin genel anlamda üç önemli öngörüsü vardır:

- 1- Sermaye ve emeğin her birimi için azalan verimleri (Özel, 2012: 67), üretim fonksiyonu için sabit getiriyi öngören bir üretim teknolojisi varsayılmaktadır (Shaw, 1992: 611).

2- Büyümenin tek kaynağı dışsal kabul edilen teknolojik değişimdir (Kar ve Taban: 147) ve teknik değişim genellikle zamanın üstel bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır.

3- “Ekonomik yakınsama hipotezi”nin geçerli olduğu kabul edilmektedir (Ayres ve Bergh, 2005: 97). Bu hipotez teknoloji düzeyinin bütün ülkelerde aynı olduğu ve değişmediği varsayımı altında, gelişmekte olan ve gelişmiş ekonomilerin uzun dönem reel büyüme oranlarının aynı uzun dönem değerine yakınsayacağını ifade etmektedir (Kibritçioğlu, 1998: 214).

Söz konusu varsayımlar altında neoklasik model, fert başına sermayenin yine fert başına üretim veya tüketim ile aynı oranda artış gösterdiği dengeli bir büyüme çizgisi tanımlamaktadır (Shaw, 1992, 611). Tam rekabet koşulları altında, çıktı düzeyinin sermaye ve emek girdisi tarafından belirlendiği (Özdemir, 2002: 2) ve faktörler-arası ikamenin mümkün olduğu modelin işleyişi matematiksel olarak biri üretim fonksiyonu diğeri sermaye birikim eşitliğinden oluşan iki denklem çerçevesinde ifade edilmektedir (Jones, 2001: 20).

Üretim fonksiyonu, üretime katılan girdilerle, süreç sonunda elde edilen çıktılar arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ele alınmasıdır. Solow modelinin varsayımları altında Cobb-Dauglas üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$Y = F(K, L) \quad (1.1)$$

$$Y = F K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (1.2)$$

Y, çıktı miktarını, K sermayeyi ve L işgücünü göstermektedir. α , 0 ile 1 arasında değer almakta ve üretim fonksiyonunun ölçeğe göre sabit getiriye sahip olduğu varsayılmaktadır (Jones, 2001: 20).

Üretim fonksiyonu işçi başına düşen çıktı cinsinden yeniden yazıldığında aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir (Berber, 2011: 118):

$$y = f(k) \quad (1.3)$$

Elde edilen eşitlik işgücü başına çıktının, işgücü başına sermayenin bir fonksiyonu olduğunu göstermektedir (Jones, 2001: 21). y işgücü başına çıktıyı (Y/L), k ise işgücü başına sermayeyi (K/L) göstermektedir.

Solow modelinin ikinci önemli denklemi sermaye birikiminin nasıl oluştuğunu gösteren *sermaye birikimi denklemidir*. Sermaye stoku üç faktörden ötürü değişime uğramaktadır. Faktörlerden biri olan yeni yatırımların eklenmesi sermaye stokunda artışa yol açarken; mevcut sermayenin aşınma ve eskimesi ile nüfus artışı sermaye stokunda azaltıcı etki yaratmaktadır (Berber, 2011: 116-118). Sermaye stokunda meydana gelen net değişim;

Sermaye stokundaki değişme = Brüt yatırım - Aşınma/Yıpranma - Nüfus Artışı şeklinde ifade edilmektedir (Jones, 2001: 24).

Sermaye stoku eşitliğine göre bir ülkenin gelirinin diğerinden fazla olmasının kaynağı, teknolojik değişimin yanı sıra daha yüksek oranda yatırım ve daha düşük nüfus artış hızının işçi başına sermaye birikimini artırmasıdır (Weil, 2013: 117). Ancak sermaye azalan verimlere tabi olduğundan, işçi başına sermaye stokunun üretimi artırma rolü sınırlıdır. Bu nedenle modelde teknolojik değişimin kaynakları açıklanmamasına karşın, teknolojik ilerleme sürdürülebilir ekonomik büyümenin tek unsuru olarak görülmektedir (Vlahinić-Dizdarević ve Žiković, 2010: 38). Solow teknolojik değişimi toplam faktör verimliliği kavramı ile irdelemekte ve bu nedenle de ekonomik büyümenin işgücü ve sermaye ile açıklanamayan kısmını açıklamada kullanmaktadır (Erbaykal, 2008: 172). Teknolojik değişme modele dâhil edildiğinde (A ile ifade edilmekte), denklem aşağıdaki şekilde olmaktadır (Jones, 2001: 33):

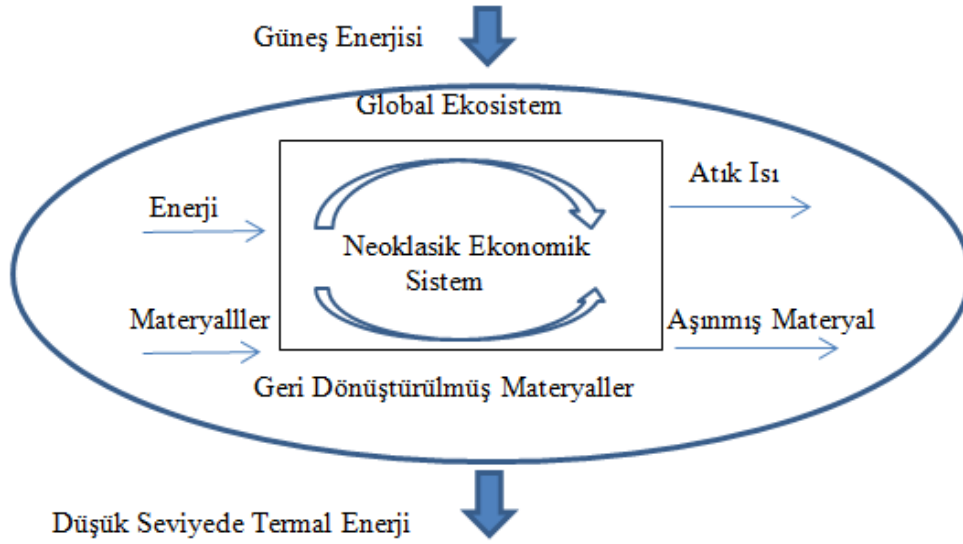
$$Y = F(K, AL) = K^{\alpha} (AL)^{1-\alpha} \quad (1.4)$$

Bu biçimde modele dahil edilen teknolojik değişme “işgücü artışı” ya da “Harrod-nötr” olarak tanımlanmaktadır. Yani modelde işgücünü artıran teknolojik değişme, faktör-yansız teknolojik değişme şeklindedir³ (Stern ve Kander, 2010: 12).

Neoklasik ekonomik yaklaşım ekonomiyi genel anlamda malların sermaye ve işgücü girdileri ile üretildiği ve daha sonra tüketiciler ve firmalar arasında değiş tokuş yapıldığı ve dolayısıyla ekonomik büyümeye, işgücü ya da insan sermayesi girdilerindeki artışla ulaşıldığı kapalı bir sistem olarak görmektedir (Ockwell, 2008: 4600). Bu nedenle neoklasik modelin ilk örnekleri ekonomik aktiviteleri tetikleyici güç olan enerjiyi tam anlamıyla içermemekte, diğer bir ifadeyle kaynak kıtlığının ve

³ Diğer muhtemel durumlar “sermaye artışı” ya da “Solow-nötr” teknoloji olarak bilinen $F(AK, L)$ ile “Hicks-nötr” teknoloji olarak bilinen $AF(K, L)$ modelleridir (Jones, 2001: 33).

çevresel bozulmanın ekonomik büyümeyi önemli ölçüde kısıtlayabilme olasılığı önemsenmemektedir (Cleveland, 2003: 3). Ancak yakın geçmişte neoklasik model yeniden ele alınarak doğal sermayenin de ekonomik büyümedeki rolü vurgulanmaya başlanmıştır (Ockwell, 2008: 4600). Şekil 1.4'te doğal kaynakları dikkate alan neoklasik ekonomik sistemin genel yapısı şema ile gösterilmektedir:



Kaynak: Hall vd.,1986.

Şekil 1.4. Neoklasik Ekonomik Sistemin Genel Yapısı

Şekil 1.4.'e göre neoklasik ekonomik sistemde enerji ve materyallerin üretim sisteminde kullanılmasının ardından atık ısı ve aşınmış materyaller geriye kalmaktadır. Ancak ekosistemi dikkate aldığımızda geri dönüştürülebilir materyallerde mevcuttur. Yani ekosistemde atıklar da sistemin içerisinde değerlendirilmektedir.

Neoklasik büyüme modelleri doğal kaynakları ele alışı bakımından temelde 3 kategori altında toplanmaktadır (Stern ve Cleveland, 2004):

1-İlk kategorideki modeller büyümenin sadece teknolojik değişimle mümkün olduğunu savunmaktadır (Aghion ve Howitt, 1998; Solow, 1956) ve doğal kaynakların büyümedeki rolünü dikkate almamaktadırlar.

2-İkinci kategorideki modeller sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanmasında doğal kaynak tüketimi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Modelde insan-yapımı sermaye ile doğal sermaye arasında teknik olarak ikamenin mümkün olduğu varsayılmaktadır (Stern ve Cleveland, 2004). Ayrıca herhangi

bir doğal sermayenin tükenme durumunda doğal sermayeyi ilgili insan-yapımı sermaye ile ikame edebilme imkânı uygun kurumsal koşullara dayandırılmaktadır (mülkiyet hakkı, piyasa yapısı gibi) (Ockwell, 2008: 4601). Bu kategorideki modellere göre, sınırlı miktardaki enerji ve doğal kaynakların tükenme tehlikesi ve çevresel bozulmalar ekonomik büyüme önünde bir engel olarak görülmemektedir. Zira her zaman bol miktarda ikameleri (sermaye ya da diğer doğal kaynaklar) olacaktır (Madlener ve Alcott, 2009: 374).

3-Son kategorideki büyüme modeli, büyümenin belirleyicileri olarak doğal kaynaklar ve teknolojik değişimi görmektedir. Bu modellerde insan-yapımı sermaye ile doğal sermaye arasındaki ikamenin yanı sıra, doğal ya da insan-yapımı sermaye başına çıktıyı artıran bir teknolojik gelişme büyümenin sürdürülmesine katkıda bulunmaktadır (Stern ve Cleveland, 2004). Ayrıca teknolojik gelişmenin bir parçası olarak görülen enerji etkinliği de ekonomik büyümeyi tetikleyen bir unsur olarak görülmektedir (Madlener ve Alcott, 2009: 374).

Yukarıdaki modellerin her üçünde de doğal kaynaklar ve enerjinin ekonomik aktiviteye katkısı sadece üretimdeki maliyetleriyle ilgili olarak ele alınmakta ve enerjiyi birincil bir girdi olarak değil, dolaylı etkiye sahip bir hammadde ya da ara mal olarak değerlendirmektedir. Bu nedenle ekonomik büyüme girdi miktarlarında ve kalitelerindeki artış sonucu yaşanan bir olgu olarak görülmekte (Vlahinić-Dizdarević ve Žiković, 2010: 36) ve enerjinin büyüme sürecinde bir rol oynamadığı savunulmaktadır. Ancak diğer yandan kaynaklar ile sermayenin karşılıklı bağımlı olduğu, yani sermaye varlığının üretilebilmesi için kaynakların pozitif bir miktarının gerekli olduğu vurgulanmaktadır (Cleveland, 2003: 5). Bu nedenle Solow neoklasik büyüme modelini daha sonra yenilenemeyen ve yenilenebilir kaynaklar ile atık özümlemesini içerecek biçimde genişleterek Solow (1974) modelini geliştirmiştir (Toman vd., 1994).

Solow (1974) modelinde doğal kaynaklar toplumun sahip olduğu sermaye stoku olarak düşünülmekte, ancak tek farkının yeniden üretilemez olması nedeniyle var olan stoklarının artırılamaması olduğu ileri sürülmektedir. Modelde yenilenemeyen doğal kaynakların çıkarma maliyetinin olmadığı ve sermayenin değer kaybının olmadığı

varsayımı altında, belirli teknik koşulların karşılanması kaydıyla ikame edilebilirliğin mümkün olduğu ve sermaye ile enerji arasındaki ikame esnekliğinin bir olduğu belirtilmektedir. İkame esnekliğinin bir olması durumunda, “tam ikame edilebilirlik” söz konusudur. Ancak diğer yandan tam ikame sermaye ve kaynakların eşdeğer fayda sağladığı anlamını taşımamaktadır (Solow, 1974: 3; Stern, 2010).

Girdiler arasındaki ikamenin aksi kanıtlanmadıkça teknik olarak mümkün olduğunu Hansen ve Prescott (2002)’ta doğrulamaktadır. Modelde durağan durumdaki geleneksel bir sektörden (Malthusyan Sektör) sürdürülebilir ekonomik büyümenin söz konusu olduğu modern ekonomik bir sektöre (Solow Sektörü) doğru yavaş bir geçiş olduğu kabul edilmektedir. Malthusyan sektör; toprak girdisine bağlı olan ve toprak girdisi işgücü ve sermaye ile birlikte kullanıldıkça azalan verimlerin geçerli olduğu bir ekonomiyi ifade ederken, Solow sektörü ise toprağı kullanmayan ve sermaye ile işgücü bileşimi için sabit getirinin geçerli olduğu bir ekonomiyi temsil etmektedir (Cleveland, 2003: 4).

Neoklasik modelin genişletilmiş versiyonları arasında yer alan önemli bir model olan Barro (1996) modelinde büyümenin belirleyicileri aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir:

$$Dy = f(y, y^*) \quad (1.5)$$

1.5. no’lu eşitliğe göre, GSYH düzeyi fiziki sermaye ve doğal kaynak zenginliğini yansıtır ve teknolojinin gözlenemeyen düzeyine bağlıdır. Eşitlikte Dy kişi başına çıktı büyüme oranını, y cari kişi başına çıktı düzeyini ve y^* uzun dönem ya da durağan durum kişi başına çıktı düzeyini göstermektedir. y^* ’ın hedeflenen değeri bireylerin tercihlerine ve çevresel değişkenlere bağlı olarak değişmektedir. y ’nin verili başlangıç düzeyi için, y^* ’daki bir artış, geçiş sürecinde (durağan duruma ulaşma) kişi başına büyüme oranında artışa yol açmaktadır. Yani y^* ’daki artış ekonominin büyüme oranında bir artış anlamına gelmektedir. Diğer yandan çıktı oranı y ’deki artışla birlikte azalan verimlerin etkisi büyüme oranını azalttığından, büyüme oranının değerini teknolojik değişim belirlemektedir. Tercihler ve çevresel değişkenlerin verili düzeyi için, yüksek düzeydeki kişi başına çıktı düzeyi düşük kişi başına büyüme oranı anlamına gelmektedir. Bu şartlı yakınsamaya işaret etmektedir (Barro, 1996: 11).

1.2.2.4. İçsel Büyüme Modeli

Teknolojik gelişmeyi dışsal bir değişken olarak gören neoklasik ekonomik büyüme modellerinin uzun dönem ekonomik büyümeyi açıklamada yetersiz kalması yönündeki eksikliklerini içsel büyüme teorileri gidermektedir (Özel, 2012: 65). 1980’li yılların sonrasında ön plana çıkan içsel ya da endojen büyüme modelleri bilgi birikimi, beşeri sermaye, eğitim, sağlık, teknolojik yenilikler, ARGE, finansal yenilikler, gelir dağılımı ve piyasa yapısı gibi büyümeyi etkileyen tüm faktörlerin sistemin içinde yer aldığını öngörmekte, dolayısıyla modelde dışsal değişken bulunmamaktadır (Berber, 2011: 143; Salvadori, 2003: 2).

Teknik ilerlemenin sermaye birikimini ortaya çıkaran bir faktör olarak değerlendirilerek içselleştirildiği içsel büyüme teorisi üç temel büyüme mekanizması üzerinde odaklanmaktadır. Bunlardan ilki sermaye yatırımı ve ARGE harcamaları (Ayres ve Bergh, 2005: 97; Atamtürk, 2007: 89), ikincisi insanlardaki beceri ve bilgi birikimi ya da bireye özgü kabiliyetlerin toplamı olarak tanımlanan beşeri sermayedir (Parasız, 2003: 11). Beşeri sermaye ekonomik büyümeyi fiziki sermayenin verimliliğini artırma, verimlilik artışı sağlama, istihdam olanakları yaratma, teknolojik gelişme ve yayılma etkileri ortaya çıkarma aracılığıyla etkilemektedir (Çakmak ve Gümüş, 2005: 61). Son büyüme mekanizması ise kamu malları ile iletişim ağları, enformasyon hareketleri gibi hükümetlerin teknolojik altyapı yatırımlarıdır (Kibritçiöglü, 1998: 218).

İçsel büyüme modellerinde büyümenin belirleyicilerinin sistemin içinde yer aldığı konusunda fikir birliği varken, büyümenin sürükleyici unsuru/unsurları konusunda farklı görüşler mevcuttur. Dolayısıyla öne çıkan sürükleyici unsurlar doğrultusunda içsel büyüme modelleri dört grupta toplanabilmektedir. Bunlardan ilki Arrow (1962)’nin “yaparak öğrenme modeli”ni temel alan ve ekonomik büyümeyi ARGE’ye ve üretimde yeni teknolojilere dayandıran modellerdir. Öncüleri Romer (1990), Grossman ve Helpman (1990, 1991) ve Aghion ve Howitt (1992)’dir.

İkinci tür içsel büyüme modeli Lucas (1988)’in ön plana çıktığı ve Mankiw, Romer ve Weil (1992)’nin geliştirdiği *Beşeri Sermaye Modeli*’dir. Modelde beşeri sermaye, fiziksel sermaye ve emek girdilerinin verimliliklerini artıran ek bir üretim faktörü olarak değerlendirilmektedir (Kaynak, 2011: 217).

Barro (1990), Rebelo (1991) ve Frenkel ve Trauth (1996)'nın öncü oldukları kamu politikası modeli içsel büyüme yaklaşımları içinde yer alan diğer temel modeldir. Bu modeller ekonomik büyümenin sürdürülebilirliği açısından devletin bazı alanlarda müdahalesini gerekli görürken, diğer faaliyetlerin özel sektöre bırakılması gerektiğini savunmaktadır (Pio, 1993: 117). Barro (1990), kamu sektörünün ürettiği mal ve hizmetleri birer üretim faktörü kabul ederek üretim fonksiyonuna dahil etmiş, diğer yandan emek faktörünü fonksiyondan çıkarmıştır (Yülek, 1997: 10).

Diğer yandan bazı yeni versiyonlarında (Aghion ve Howitt, 1998; Smulders and de Nooij, 2001, Smulders ve Nooij, 2004; André ve Smulders, 2006) büyümeyi sınırlandıran çevresel ve doğal kaynak faktörlerinin modele dâhil edilmesine karşın, içsel büyüme modelleri hala kaynaklar yerine insan eliyle üretilen sermayenin tam ikame edilebilir olduğunu varsaymaktadırlar (Gradus ve Smulders, 1993). Bu nedenle modeller kaynaklar ve dolayısıyla enerjinin ekonomik aktivite ve üretimdeki yerini tanımlamada tam anlamıyla yeterli olmamaktadırlar. Ayrıca teknolojik değişimi içselleştiren büyüme modelleri büyüme performansını fayda güdüsüne bağlayarak büyümenin içselleştirilmesi problemini çözmelerine karşın, içsel enerji-tasarrufu sağlayan teknolojik değişimin büyüme sürecini sürdürülebilir kılmak için gerekli olduğu gerçeğini göz ardı etmektedirler (Zon ve Yetkiner, 2003: 83). Oysa hem enerji miktarı hem de enerjiyi daha etkin kullanmayı sağlayan teknolojinin modele birlikte dâhil edilmesi, sadece çıktı üretimini daha iyi açıklamayı sağlamamakta, aynı zamanda enerjinin çıktı üretimine katkısının ulusal hesaplarda yer verilen parasal değerlerinden çok daha fazla olduğunu görmeye imkân tanımaktadır (Kümmel vd., 2002: 418).

1.2.2.5. Doğal Kaynaklar ve Enerjiyi İçeren Büyüme Modelleri

Doğal kaynaklar ve enerjinin ekonomik aktivitedeki yeri konusunda klasik iktisatçılar ve neoklasikler gerekli bir faktör olarak görmemelerine karşın enerji ve doğal kaynakları üretimi olumlu açıdan etkileyen bir unsur olarak değerlendirmişlerdir. Oysa 1970'lerde patlak veren ve 1980'lerde devam eden petrol krizlerinin ardından doğal kaynaklar ve enerjinin üretim üzerindeki sınırlandırıcı etkisi üzerinde durulmuştur. Sabit tasarruf oranı (artmayan yatırımlar) ve azalan kaynak girdileri ile sürekli artan bir büyümeye ulaşma imkânının olup olmadığı sorusu ilk kez 1970'lerde büyümenin sınırı olarak araştırılmaya başlanmıştır (Solow, 1974; Stiglitz, 1974;

Dasgupta ve Heal, 1979). İlk olarak ‘‘Roma-Kulübü’’ nün sekreteri A. Peccei, çevre faciaları ile hızlı nüfus artışı; doğal zenginliklerin istismarı; çevre kirliliği ve beslenme gibi sorunlar arasındaki karşılıklı ilişki ve etkilerini araştırmaları amacıyla Donella ve Denis Meadows’u ekolojik projeler hazırlamak amacıyla görevlendirmesiyle birlikte Meadows’lar ‘‘büyümenin sınırları’’ modeli hazırlamışlardır. Birçok ekonomist tarafından eleştirilen ve eksik yanlarının olduğu belirtilen çalışmada nüfus, iktisadi kapasite, besin maddelerinin üretimi, hammaddelerin kullanımı ve çevre kirliliği gibi değişkenlerin ekonomik büyüme üzerindeki teorik olarak iddia edilen etkileri ekonometrik modeller aracılığıyla ölçülmektedir. Ayrıca bu değişkenlerin gelecek 100 yıl içerisindeki gelişme eğilimleri bilgisayar simülasyon modelleri yardımıyla hesaplanmakta ve değişkenlerin yükselip tehlikeli sınırlara ulaşması durumunda dünya üzerinde hangi davranış biçimlerinin geliştirileceği tahmin edilmektedir (Kartal, 2007: 118).

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre dünya nüfusu, endüstrileşme, kirlilik, gıda üretimi ve kaynak azalışındaki büyüme trendlerinin değişmeden devam etmesi durumunda büyüme üzerindeki sınırlara gelecekteki 100 yıl içinde ulaşılacağı tahmin edilmektedir. Diğer yandan mevcut büyüme eğilimini değiştirme ve gelecekte uzun süre devam edebilecek ekolojik ve ekonomik bir denge kurma olanağının da mevcut olduğu belirtilmektedir (Pestel, 1989: 54). Bu çıkarım modelin öz eleştirisinin de çalışmanın içinde yer aldığını göstermektedir.

Modelde ele alınan değişkenler arasındaki temel ilişkilerin bölgesel nüfus gruplarında da aynı etkiyi yarattığı varsayımında ötürü uluslararası ticari ilişkiler, nüfus hareketlerinin biçimleri, iklimsel özellikler, politik süreç ve düşünme mekanizmaları ayrıca dikkate alınmamaktadır. Ancak model ekonomik büyümenin sınırlarının görülmesi ve nedenlerinin bilinmesi açısından önemli bilgiler içermektedir (Meadows vd., 1978: 80-82).

Model dört aşamadan oluşmaktadır:

1-Nüfus, kapasite, besin maddelerinin üretimi, hammaddelerin sömürüsü, çevre kirliliği gibi beş temel değişken kendi kendine dengeye ulaşan bir sistem içinde ele alınmaktadır.

2-Mevcut bölgesel ve küresel veriler kaydedilmektedir.

3-Belirli bir dönem içerisinde test edilen verilerin birlikte etkileri hesaplanmaktadır.

4-Sistem davranışlarında değişimine yol açan etkenlerdeki artış veya azalışların ve bu konuda alınan önlemlerin etkileri araştırılmaktadır (Kartal, 2007: 118).

Meadows'lara göre nüfus-ekonomi-çevre sisteminde, çevresel kapasitenin aşıldığına dair ilk belirtiler, kaynak stoklarındaki azalma ve kirlilik düzeylerindeki artıştır. Daha sonrasında yaşanacak diğer belirtiler şöyle sıralanmaktadır:

- Hava ve su temizliği gibi, önceleri doğanın bedava olarak karşıladığı hizmetleri sağlamak için; sermaye, emek ve diğer kaynakların kullanımına ihtiyaç duyulması,
- Sermaye, emek ve diğer kaynakların nihai ürün üretimi yerine giderek kıtlaşan kaynakları çıkarmak için kullanılmaya başlanması,
- Yüksek kaliteli kaynakların tükenmesi nedeniyle, daha düşük kaliteliyelerinin kullanılabilmesine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi,
- Ekosistemin doğal temizleme mekanizmalarının bozulması sonucu artan kirlilik düzeyi,
- Acil tüketim, yatırım, güvenlik ihtiyaçları ve ülke borçları nedeniyle eğitim ve sağlık gibi beşeri kaynaklara yapılacak yatırımların ertelenmesi,
- Çevresel sistemin daha kırılgan hale gelmiş olması nedeniyle doğal felaketlerin daha sık ve ciddi hasar verecek duruma gelmesi.

Modelde nüfus büyümesinin çok tehlikeli boyutlara vardığı sonucuna ulaşılmakta ve büyüme 'süper tehlike' olarak tanımlanmaktadır (Meadows vd., 1978: 35). Dünyadaki hammadde rezervlerinin çok tehlikeli boyutlarda sömürüldüğünden hareketle büyüyen nüfusu beslemek için ekonomik kapasitenin ve gıda üretiminin yeterli ölçülerde yükseltilemeyeceği kanıtlanmaya çalışılmaktadır. Diğer yandan hızla artan sanayileşme ve buna paralel olarak yüksek oranlarda artan çevre kirliliği nedeniyle atık gazların ve bu gazların konsantrasyonlarının nüfus artış oranından daha hızlı ve tehlikeli bir şekilde arttığı görülmektedir (Kartal, 2007: 120).

Sınırlı olan doğal kaynakları büyüme ve nüfusun sürdürülebilirliği önünde bir engel olarak değerlendiren diğer bir çalışma Stiglitz (1974)'e aittir. Stiglitz üretim için petrol arzı ya da daha genel olarak enerji kaynakları ve diğer materyallerin gerekli

olduğunu belirterek doğal kaynakların her zaman üretimde var olduğunu ifade etmektedir.

Modelde doğal kaynakların kişi başına tüketimlerinin en uygun sürdürülebilir düzeyi belirlenmekte ve doğal kaynaklarla birlikte ekonominin durağan durum süreci, ekonominin optimal büyüme yolu, kaynakların optimal çıkarma oranı ve tükenebilir doğal kaynaklar için optimal tasarruf oranı ele alınmaktadır.

Stiglitz doğal kaynakların sermaye malı gibi hareket ettiklerini ileri sürmektedir; çünkü doğal kaynakların stoku başlangıçta en yüksek düzeyde iken tüketildiklerinde stoklar azalmaktadır. Doğal kaynakların tüketilme oranı ne kadar yüksekse uzun dönem büyüme oranı da o kadar düşük olacaktır. Diğer yandan modelde teknolojik değişme, doğal kaynaklar yerine insan eliyle sermayenin ikamesi ve ölçeğe göre getirinin doğal kaynakların sınırlandırıcılığını dengeleyen ekonomik güçler olduğu ileri sürülmektedir (Stiglitz, 1974: 123-124).

Çalışmada ayrıca kişi başına sermaye stoku ve kişi başına doğal kaynaklardan oluşan iki durum değişkeni ile doğal kaynakların çıkarma oranı ve tasarruf oranından oluşan iki kontrol değişkenini içeren bir optimal büyüme modeli sunulmaktadır. Model aşağıdaki gibidir:

$$Q = F(K, L, R, t) = K^{\alpha_1} L^{\alpha_2} R^{\alpha_3} e^{\lambda t} \quad (1.6)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$$

1.6. no'lu eşitlikteki modelde R doğal kaynaklardan faydalanma oranı, L işgücü arzı, K sermaye, λ teknolojik ilerleme oranı (sabit olduğu varsayılmaktadır) ve Q toplam çıktıyı ifade etmektedir.⁴ Modele göre cari ekonomik kararlar sermaye büyüme oranı ve doğal kaynakların değişim oranı ile ilgilidir (Stiglitz, 1974: 124).

Enerjinin ekonomik teori içindeki eksikliğini ilk fark eden ekonomistlerden olan Georgescu ve Reogen (1972-1975-1976) ekonomik üretimin fiziksel boyutlarının büyüme teorisinde dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır. Ekonomik sürecin kendi başına sürdürülebilir bir süreç olmasına karşın dış etkenlerden izole edilmeyeceği ileri sürülmektedir. Dolayısıyla bu süreç çevreyi etkilemeden ve kendi de çevreden

⁴ Çıktıyı ifade etmesinden dolayı yatırım ve tüketim için kullanılabilir. Çünkü $Q = C$ (Tüketim) + \dot{K} (net yatırım)'dır. Dolayısıyla yıpranma yoktur.

etkilenmeden devam edememektedir. Çalışmada enerji işe dönüştürülebilir olan ulaşılabilir enerji ya da serbest enerji ve dönüştürülemeyen olan ulaşılabilir ya da sınırlı enerji olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Bu ayrım termodinamik kanunlar açısından yapılmaktadır (Georgescu ve Reogen, 1975: 350-352).

Georgescu-Roegen (1975) ayrıca termodinamik kanunların ikincisi olan entropi kanunu kabul ederek, zaman geçtikçe enerjinin biriktirilebildiğini, ancak önlenemez bir azalışa katlanılmak zorunda olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle mevcut büyüme bir gün duracak ve tersine dönecektir (Georgescu ve Reogen, 1975: 369).

Diğer önemli bir model Dasgupta ve Heal (1979)'a aittir. Çalışmada fosil yakıtlar gibi bazı üretim faktörlerinin de üretime katıldığı ve bu tür kaynakların kullanıldıkları zaman ulaşılabilir stoklarının artırılmayacağı ileri sürülmektedir. Uzun dönemde doğal kaynakların sınırlı ulaşılabilirliğinin ise ekonomik büyüme potansiyeline zıt yönde etki yapacağı belirtilmektedir (Dasgupta ve Heal, 1979: 3).

Çalışmada CES biçiminde bir üretim fonksiyonu ile bir fayda fonksiyonu öngörülmektedir. Sermaye/kaynak oranının önemine dikkat çekilerek uzun dönemde sermaye ile kaynaklar arasındaki ikame esnekliğinin değerinin yüksek değerlere ulaşmasının kaçınılmaz olduğu belirtilmektedir. Basitçe tüketilebilir kaynaklar hayati öneme sahip olmasına karşın gelecekte sınırsız olarak kalmaya devam edemeyeceklerdir. Ancak diğer yandan gelecekte yeni kaynakların keşfedilme olasılığı da unutulmamalıdır (Dasgupta ve Heal, 1979: 26-27).

Doğal kaynakların ekonomideki önemine dikkat çekerek standart ekonomik teknikten daha farklı bir yaklaşım olan çevresel makroekonomiyi geliştiren Daly (1979; 1997) hem sermaye hem de tüketim mallarının üretiminde doğal kaynaklara ve enerjiye belirli düzeyde önem verilerek geliştirilen çevreyi kapsayan içsel ve dışsal büyüme modellerinde ileri sürülen varsayımların neo-klasik büyüme teorisine karşı yöneltilen eleştirilere yanıt vermediğini (Daly, 1997: 261) ileri sürmektedir. Daly, doğal sermaye yerine üretilmiş sermayenin tam ikame edilebilir olduğunu varsayarak Solow (1974) ve Stiglitz (1979)'in büyüme modellerini eleştirmektedir. Ayrıca diğer yandan da bu iki sermaye biçiminin birbirinin tamamlayıcısı olduğunu ileri sürmektedir, çünkü insan sermayesi eninde sonunda, enerji, materyaller ve ekolojik hizmetler tarafından tetiklenmekte ve sürdürülmektedir (Costanza, 1980: 1220).

Daly (1992) ekolojik ekonominin geleneksel disiplinlere göre daha sınırlı hedefler üzerinde yoğunlaştığını ifade ederek bu hedefleri hiyerarşik bir biçimde aşağıdaki gibi sıralamaktadır:

- 1- İnsan aktivitelerinin biyosfer içindeki derecesinin ekolojik olarak sürdürülebilirliğinin değerini belirlemek ve sağlamak.
- 2- Hem mevcut hem de gelecekteki jenerasyonlar arasında ve aynı zamanda insanlar ile diğer türler arasındaki kaynak ve mülkiyet haklarının dağıtımını sağlamak.
- 3- Doğal sermaye ve ekosistem hizmetleri olmak üzere hem pazarlanan hem de pazarlanmayan kaynakları içeren kaynakların etkin olarak bölüşümünü sağlamak (Costanza, 1980: 1222). Çevre ve kaynak ekonomileri de kıt olan çevresel kaynakların etkin bölüşümü üzerinde yoğunlaşan ekonominin alt disiplinleridir, ancak genellikle ekosistem dinamikleri ve ölçek konularını inkâr etmekte ve dağıtım konusuna sınırlı düzeyde yer vermektedirler (Cropper ve Oates, 1992: 680).

1.2.3. Enerji Büyüme İlişkisi

1.2.3.1. Enerji Dönüştürme Aktiviteleri

Ekonomik süreç genellikle “döngüsel, kendi kendini besleyen ve yenileyen” bir girdi-çıkı akımından oluşan kapalı bir düzen olarak ele alınmaktadır (Heilbroner ve Galbraith, 1990: 25). Ancak diğer yandan beşeri ekonomi sürekli güneş enerjisinin yayıldığı global bir çevre içinde yer alan açık bir yapıdadır. Bu global sistem içinde besin maddesi, fosiller, güneş ve radyasyon enerjisinden ekonomik aktiviteler için önemli yakıtlar ve girdiler üretilmektedir. Ayrıca işgücünün güçlendirilmesi ve desteklenmesi ile sermayenin üretilmesi için de fosil ve diğer yakıtlardan yararlanılmaktadır (Cleveland vd., 1984: 892). 20 yıl öncesinde mal ve hizmet üretimi süreci ve insan refahının artırılması sadece fiziki ve beşeri sermayeye bağlanırken, sonrasında doğal kaynaklar ve enerjinin sermaye ya da ekonomik değer bir unsuru olduğu ve bunun ekonomideki üretim, tüketim ve refahta hayati bir önem taşıdığı görülmüştür (Barbier, 2002: 6-7).

Gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan tüm ülkelerin ekonomik ve sosyal yenilenmelerinin en temel ve sürükleyici unsurlarından biri enerjidir (Özata, 2010: 103). Teorik sonuçlar gelecek kuşakların büyüme dinamiklerinde kaynak kullanımına dair yeterli bilgi sunmasa da, son dönemdeki politika araçları ARGE yatırımları ve enerjinin etkin kullanımı gibi doğal kaynakların faydasını artıran düzenlemeler üzerinde yoğunlaşmaktadır (Ayres ve Bergh, 2005: 39). Enerjinin ekonomik süreçte üretim için gerekli bir unsur olduğu genel kabul görmektedir. Bununla birlikte bazı özelleştirilmiş kaynak ekonomisi modelleri dışında temel ekonomik büyüme teorisinde enerjinin rolüne yeterli düzeyde dikkat çekilmemiştir (Sorrell, 2010: 1785).

Diğer yandan doğal kaynaklar ve enerji doğada buldukları biçimleriyle üretim ve tüketimde kullanılamamaktadırlar.⁵ Bir kaynaktan enerji elde edilebilmesi için çeşitli dönüştürme aktiviteleri aracılığıyla kullanılabilir forma dönüştürülmeleri gerekmektedir (Pokrovski, 2003: 782). Ekosistemdeki dönüştürme aktiviteleri kendi arasında *doğal dönüştürme* ve *doğal olmayan dönüştürme* olmak üzere iki kısma ayrılmaktadırlar. Doğal dönüştürme, güneş enerjisini doğal bileşimlere dönüştüren bitkilerle başlamakta ve canlı organizmalar aracılığıyla yaşanmaktadır. Daha sonra hayvanlar bitkilerden elde ettikleri enerjiyi vücut ısısı, zihinsel aktivite ve kinetik enerji üreten yeni doğal bileşimlere dönüştürmektedirler. Diğer yandan güneş yer kabuğunu ısıtmakta ve daha sonra rüzgâr, fırtına, bulutlar, yağmurlar, ırmaklar, dalgalar ve okyanus akıntıları büyük bir kinetik enerji akımı üretmektedir (Alam, 2006: 8-9).

Ekonomik açılarından ele alındığında ise doğal dönüşüm zincirinin zirvesinde insan yer almakta ve insan dönüştürücüsünün temel çıktısını kinetik enerji oluşturmaktadır. 20. yy'ın öncesinde ekonomide kinetik enerjinin temel kaynağı insanlardı (Alam, 2006: 8-9). Günümüze bakıldığında ise insan artan makineleşmenin nimetleriyle kendisine enerji üretiminde yardımcı bulabilmiş, üstelik doğal olmayan dönüştürmelerle kinetik enerji haricinde enerji türlerini üretebilir hale gelmiştir.

Doğal olmayan dönüştürme ise insan eliyle ve doğal olmayan maddeler aracılığıyla meydana gelmektedir. İnsanoğlu ile diğer canlılar arasındaki en önemli fark, doğal kaynaklardan bir şeyler üretebilme kabiliyetidir (Yüksek vd., 200: 48). Milyonlarca yıl boyunca, yer çekimi doğal olaylar sonucu fosil yakıt, kömür, petrol ve

⁵ Örneğin ısı enerjisi elde etmek için odun yakılarak kimyasal enerji ısı enerjisine dönüştürülmektedir.

gaz oluşumuna yol açmıştır. Devamında insan doğanın izin verdiği ölçüde çeşitli becerilerini ekleyerek (sermaye malları) dönüşüm zincirini ilerletmiştir. Özetle insan-eliyle enerji dönüşüm becerisi “yapay dönüştürme” olarak ifade edilmekte ve enerjinin direkt olarak ekonomik süreçte kullanılabilir bir biçime dönüştürülmesini amaçlamaktadır (Alam, 2006: 9).

Ekonomi açısından doğal olmayan dönüştürme süreci dikkate alınmaktadır. Dönüştürme süreci fiziki anlamda enerjinin çevreden doğal kaynak olarak alınıp düzenli yapılara dönüştürülerek enerjiden fayda sağlaması süreci olarak görülebilmektedir (Kreith ve Krumdieck, 2013: 25). Üretimin birbirini takip eden aşamalarının “katma değer” ile ifade edilmesine benzer biçimde, serbest enerjinin kullanımı yoluyla maddeleştirilmesi de “katma düzen” terimi ile temsil edilmektedir (Cleveland vd., 1984: 892).

Toplumun kullandığı hammaddelerin kaynağı doğadaki kaynaklardır. Bu materyaller ise tüm madde türlerini ve enerji türlerini kapsamaktadır (McKinney, 2006: 157). Dönüştürme aktiviteleri aracılığıyla doğal kaynak ve enerjinin akışı sağlanmaktadır. Ancak tüm dönüştürme işlemlerinde enerjinin bir kısmında kayıp yaşanmaktadır. Bu enerjinin tahrip edildiği anlamına gelmemekte, sadece enerji kaynağından amaçlanandan daha az fayda elde edildiğini göstermektedir (Hulscher, 1991).

Enerji sisteminin analizi, enerji üretimi ve enerji tüketimi ile ekonomi arasındaki ilişkiyi analiz etmektedir. Şekil 1.5. ekonomi aracılığıyla enerji ve para akımını göstermektedir.

İnsanların doğal kaynaklar ve enerjiden ekonomik açıdan fayda sağlamaları için gerekli bir aşama olan doğal olmayan dönüştürme aktiviteleri kendi arasında üç kısma ayrılarak incelenmektedir.

1) Birincil Dönüştürme Aktiviteleri: Ekonomiyi harekete geçiren birincil dönüştürme aktiviteleri (PCA) enerjinin ekonomiye net bir katkı yaptığı aktivitelerdir. Bu aktiviteler enerjiyi, doğada bulunan kaynak halinden (güneş enerjisi ve ışığı, rüzgâr, su, akıntı, mineraller, fosil yakıtlar, yer çekimi ve kimyasallar) mal ve hizmet üretimi ve tüketiminde kullanılabilir bir forma sokmaktadır. Özetle PCA ekonomik aktiviteler için net kullanılabilir enerji arzı sağlamaktadırlar.

2) İkincil Dönüştürme Aktiviteleri: Birincil dönüştürme faaliyetleri her zaman enerjiyi, mal ve hizmet üretimi ve tüketiminde kullanılabilir forma dönüştürememektedirler. İkincil dönüştürme aktiviteleri (SCA) enerjinin daha kullanılabilir formlara yeniden dönüştürülmesi ya da bu aktiviteler aracılığıyla kullanılacakları yerlere devredilmelerini içermektedir. Birçok gıda ürününün insanlar ve hayvanlar tarafından tüketilmeden önce işleme zorunluluğunda olmasına benzer biçimde; doğal kaynaklar da ısı, hareket, ses, ışık, elektro-manyetik ve kimyasal enerjiye vb. dönüştürüldükten sonra ekonomik aktivitede kullanılabilir. Kısaca ikincil dönüştürme aktiviteleri ekonomiye net bir enerji katkısı sağlayamamaktadır (Alam, 2006: 3-4).

3) Üçüncül Dönüştürme Aktiviteleri: Aktivitelerin bu kategorisi diğer aktivitelerle enerji girdisi vermeyen, enerji dışındaki doğal kaynak ve hammaddelerin çıkarılması şeklindeki tüm birincil-üretim aktivitelerini içermektedir. Örneğin metalik maden, taş ve kum hammaddelerinin işlenmesi, taşınması ve hizmet olarak sunulması (Alam, 2006: 4).

Enerji kaynakları ile nihai kullanım enerjisi arasındaki dönüştürme aktiviteleri dikkate alındığında birincil, ikincil ve nihai ve faydalı enerji ayrımı söz konusu olmaktadır. Enerji kaynaklarının herhangi bir değişim ve dönüşüme uğramamış şekli birincil enerji olarak adlandırılırken, birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucu elde edilen enerji türü ikincil enerjiyi ifade etmektedir (Koç ve Şenel, 2013: 32). İkincil enerji taşıma ya da geçiş için hazır bir enerji türüdür. Nihai enerji tüketicilerin aldığı ya da ulaştığı enerji biçimini ifade etmektedir. Son olarak faydalı enerji nihai kullanım

uygulamalarında bir girdi niteliğindeki enerjidir (Hulscher, 1991; <http://www.ems.psu.edu/~radovic/Chapter4.pdf>).

Tablo 1.1.'de dönüştürülebilirliklerine göre enerji türlerine örnekler ve söz konusu enerji türünün elde edilmesinde kullanılan teknolojiler (araçlar) verilmektedir.

Tablo 1.1. Dönüştürülebilirliklerine Göre Enerji Türleri

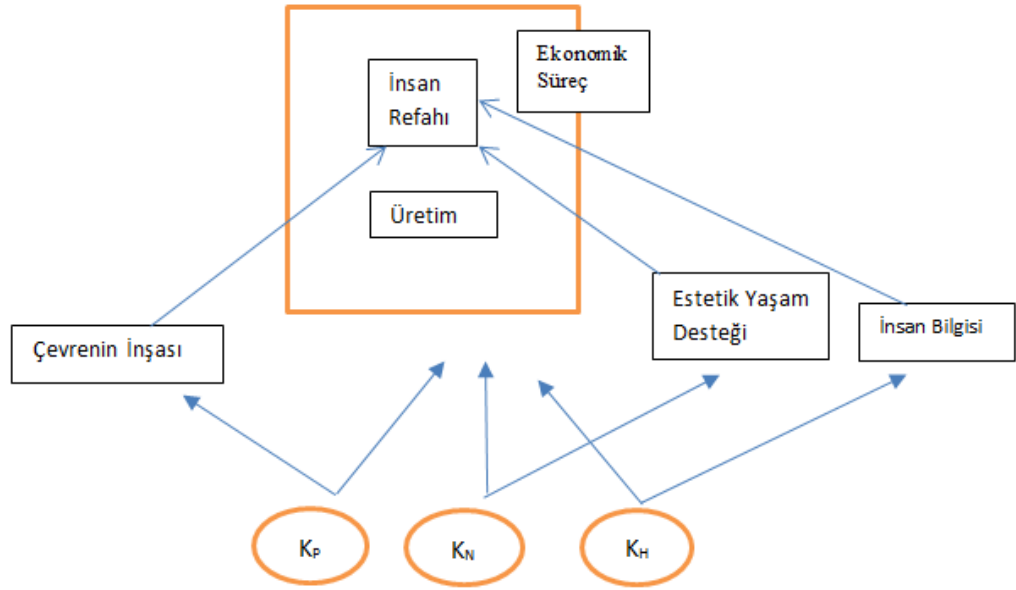
Enerji	Teknoloji	Örnekler
Birincil Enerji		Kömür, Odun, Hidroenerji, Gübre, Petrol, vb.
	Dönüştürme	Elektrik Santrali, Tuğla Ocağı, Rafineri,
İkincil Enerji		Rafine Petrol, Elektrik, Biogaz
	Taşıma/Geçiş	Yük Vagonu, Borular, Kablolar
Nihai Enerji		Dizel Petrol, Odun Kömürü, Elektrik, Biogaz
	Dönüştürme	Motorlar, Isıtıcılar, Ocaklar
Faydalı Enerji		Mil Gücü, Isı

Kaynak: Hulscher, 1991.

Tablo 1.1.'de görüldüğü gibi doğal kaynaklar dönüştürme ve taşıma aktiviteleri aracılığıyla kullanılabilir hale getirilmektedir. İkincil enerji kaynakları içerisinde en önemlisi elektriktir. Faydalı enerji ise ısı, güç gibi enerji kaynaklarından elde edilen fayda biçimini ifade etmektedir.

Enerjinin üretim sürecine dâhil edilmesi konusunda son yıllarda geliştirilen önemli bir kavram da doğal sermayedir. **Doğal sermaye**, günümüz ve gelecekte faydalı mal ve hizmet akımı sunan ülkenin tarım toprakları, otlak alanları, ormanlar gibi çevresel varlıklar ve metaller, mineraller, kömür, petrol ve doğal gaz gibi doğal kaynaklar stokunu kapsayan bir kavramdır (Çetin, 2005: 316). Mal ve hizmet akımını geliştirme kapasitesine sahip bir stoku ifade eden sermaye stokunun, doğal sermayenin de eklenmesiyle birlikte fiziki, beşeri ve doğal sermaye olmak üzere üç türü mevcuttur (Ekins vd., 2003: 166). Fiziki ve beşeri sermayenin aksine, doğal sermaye planlı yatırımlar tarafından oluşturulmamaktadır, yani insan aktiviteleri hesaba katılmamaktadır (Cleveland, 2003: 6).

Fiziki, beşeri ve doğal sermaye ile ekonomik sistem arasındaki ilişki Şekil 1.6.'da ele alınmaktadır.



Kaynak: Pearce ve Barbier (2000).

Şekil 1.6. Fiziki, Beşeri ve Doğal Sermaye İle Ekonomik Sistem Arasındaki İlişki

$K_P \rightarrow$ İnsan-yapımı, fiziki sermaye: Makine, ekipman, fabrika binası, araç ve diğer yatırım mallarını içermektedir.

$K_H \rightarrow$ Beşeri sermaye: Üretim sürecinde ve teknik inovasyona yol açan ARGE aktiviteleri için gerekli insan becerisini içermektedir.

$K_N \rightarrow$ Doğal sermaye: Üretimdeki materyal ve enerji girdisi (ekonomik süreçte atığa dönüşürler) ve üretimin sürdürülebilmesi için gerekli ekolojik hizmetleri (örneğin nitrojen döngüsü) kapsamaktadır (Barbier, 2005).

Fiziki, beşeri ve doğal sermaye ekonomik süreçte mal ve hizmet üretimi aracılığıyla insan refahını artırmaktadırlar. Diğer yandan her sermaye biçimi ekonomik süreçten bağımsız olarak da insan refahına katkı sağlamaktadırlar. Bu bağlamda fiziki sermaye mimari ve diğer kültürel mirasların iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Diğer yandan doğal sermaye doğal yer şekillerini estetik biçime getirmekte ve yaşamı desteklemek için çeşitli ekolojik hizmetler sunmaktadır. Son olarak beşeri sermaye insan bilgisinin artmasına katkıda bulunmaktadır (Barbier, 2002: 7-8).

Doğal sermayenin ülke refahını artırmadaki etkileri nedeniyle ekonomik süreç içerisindeki önemi göz ardı edilememektedir. Disiplinler arası ortak bir görüş sunduğu çalışmasında Arrow vd. (1995) ekosistemin sunduğu sermaye biçimi olan “doğal

sermaye” stokunun tamamen bağımsız olarak korunması gerektiğini ifade etmektedir (El Serafy, 1991; Costanza ve Daly, 1992).

1.2.3.2. Enerji-Büyüme İlişkisinin Niteliği

Üretim maddenin örgütsel durumdan termodinamik mal ve hizmetlere dönüştürülmesini ifade eden ekonomik bir süreçtir. Üretilen bu mallar insanların tercihleri, ihtiyaçları ve alım güçlerine bağlı olarak bölüştürülmektedir (Cleveland vd., 1984: 890). Üretimde çıktı elde edilebilmesi için sürece girdilerin dâhil edilmesi gerekmektedir. Ekonomik girdiler kullanılma biçimlerine göre birincil ve ara girdiler olmak üzere iki kısma ayrılmaktadırlar. İncelenmekte olan dönemin başlangıcında var olan ve üretimde tamamı kullanılmayan (dönemden döneme azaltılabilen ya da biriktirebilen) birincil üretim faktörlerinin aksine, ara girdiler incelenen dönem içinde oluşturulmakta ve üretim esnasında tamamı kullanılmaktadır (Stern, 2010).

Doğal kaynaklar ve enerji hem birincil hem de ara girdi olarak kullanılabilmeleri itibariyle diğer girdilere göre farklılık arz etmektedir (Ayres ve Bergh, 2005: 102). Üretimde kullanılan birincil enerji araçlarının toplam miktarı kolayca tahmin edilebilmesine karşın nihai enerji tüketimini belirlemek tartışma konusu olmaya devam etmektedir (Pokrovski, 2003: 770). Problemin temeli enerjinin üretim sürecinde ne kadar miktarının yeterli olacağı ve dönüşüme devam ettirilebileceği hususundan kaynaklanmaktadır.

Enerjinin üretim sürecine katılan diğer ara ürünler ile birlikte değerlendirildiği durumda enerji maliyetleri nihai ürün maliyetlerine dâhil edilmektedir. Alüminyum üretimi, metallerin işlenmesi ve bazı kimyasal ve buna benzer üretim süreçleri enerjinin ara ürün olarak kullanımına örnektirler (Schäfer, 2005: 430).

İkinci durumda enerji bir ürün olarak değil, teknolojik süreçte işgücünün ikamesi olarak dikkate alınmaktadır. Bu bakış açısını dikkate alan enerji kullanım türü verimli enerji olarak adlandırılmaktadır. Böyle bir kullanımda enerji sadece birincil bir ara ürün değil, bir üretim girdisinin sağlayacağı tüm kazanımları sağlayan ve değer yaratan bir üretim faktörü konumundadır. Bunun sonucunda geleneksel neoklasik üretim faktörleri olan sermaye (K) ve (L) ile birlikte diğer bir faktör olarak üretim fonksiyonunda yer

alması gerekmektedir. Yani, üretim fonksiyonu $Y=Y(K, L, S)$ şeklinde olmalıdır (S verimli enerjiyi ifade etmektedir) (Pokrovski, 2003: 771).

Doğal kaynaklar ve enerji üretim girdisi olmaları durumunda üretilen ürün tüketildiğinde ya da kullanıldığında ve atıldığında geri dönüşüme girmediği sürece kaybolmaktadır (Ayres ve Bergh, 2005: 102; McKinney, 2006: 157). Dolayısıyla çevresel kaynaklar ekonomik yaşamda değerlendirilen bir dizi hizmet sunmakla birlikte bu kaynaklardan yararlanmanın sınırları mevcuttur. Kıt oldukları kabul edilen çevresel kaynakların farklı üretim alanları arasında, tüketiciler arasında, bugün yaşayan ve gelecek kuşaklar arasında, ülkeler arasında nasıl kullanılacağı sorusu karar alıcıları bir tercihte bulunmaya zorlamaktadır. Çevresel kaynakların kıtlığı karşısında yapılacak her seçimin, verilen karar nedeniyle oluşan bir fırsat maliyeti olacağı açıktır. Dolayısıyla çevresel kaynakların yönetimi söz konusu olduğunda bu kaynakların kıt olması nedeniyle iktisadi etkinlik kavramı önem kazanmaktadır (Özsabuncuoğlu, 1999: 69).

Fiyat teorisine odaklanan geleneksel üretim modelleri, sermaye ve işgücünün maliyet payı ile karşılaştırıldığında, toplam faktör maliyeti içinde enerjinin payının düşük olduğunu ileri sürerek (Çermikli, 2005: 66) bir üretim faktörü olarak enerjinin sadece marjinal önemi üzerinde durmaktadırlar. Enerji tüketimindeki dalgalanmaların ise dışsal teknolojik değişme ile aşılabileceğini ileri sürülmektedirler. Yani azalan enerji tüketimi ekonomik çıktıyı önemli boyutta etkilememektedir, diğer bir ifadeyle enerji büyümeye karşı nötrdür. Bununla beraber 1973/74 ve 1979/80 yıllarında yaşanan kaynak kıtlığı ve enerji tasarrufunun etkileri, enerji tüketimi kısıtlamasının ekonomik aktivite üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiş (Warr ve Ayres, 2010: 1688) ve sonrasında enerjinin üretimdeki yeri ve önemi daha çok vurgulanmaya başlamıştır.

Tarım ekonomisinin hâkim olduğu Sanayi Devrimi öncesinde, en önemli doğal kaynak olan toprağın mal ve hizmet üretimindeki önemi üzerinde durulmuştur. Daha sonra tarım ekonomisinin sınırlarının kırılarak endüstriyel devrimin yaşanması ve hızla diğer ülke ve bölgelere yayılması çok önemli bir gelişmedir (Stern ve Kander, 2010: 4). Zira ekonomi toprak kaynaklarına dayanan bir yapıdan fosil yakıtlara dayalı endüstriyel bir toplum durumuna doğru kayma yaşamıştır (Wrigley, 2000: 224).

Fosil yakıtın kullanılmaya başlandığı ilk dönemlerde yeni kömür, petrol ve gaz rezervlerinin keşfedilmeye devam etmesiyle birlikte tükenmez enerji stokuna ulaşma

imkânı sağlandığından bu yakıtların yenilenemez olmasından ziyade ekonomik aktivite için kullanılabilme oranları üzerinde durulmuştur. Dolayısıyla da enerji kaynaklarının eninde sonunda tükeneceği düşünülmeden fosil yakıtların kullanım oranı hızla artmıştır (Alam, 2006: 18). Fosil yakıtlar başta olmak üzere enerji kaynaklarındaki önlenemeyen artışla birlikte enerji kaynaklarının geleceğine ve ekonomik aktivitedeki yerine odaklanan birçok çalışma yapılmasına karşın enerji ve kaynak kıtlığının etkileriyle ilgili halen belirsiz yanlar mevcuttur (Costanza vd., 1997: 48).

Belirsizliğe göre eğer kaynakların sınırlayıcı etkisi ekonomik aktivite üzerindeki kısıtlamaları bağlayıcı değilse, geleneksel ekonominin enerji ve çevresel konuları dışlayan yaklaşımı muhtemelen uygun olacak ve detaylı bir enerji analizine gerek olmayacaktır. Ters durumda kaynakların sınırlayıcı etkisi ekonomik aktiviteyi bağlayıcı nitelikteyse ekolojik ve ekonomik sistem aracılığıyla enerji ve kaynak akımlarının izlenmesi daha faydalı bir duruma gelecektir (Costanza vd., 1997: 48).

Enerji büyüme ilişkisini ele alan çalışmalar genel anlamda iki açıdan olaya yaklaşmaktadırlar:

- Talep yönlü ya da enerji talep fonksiyonu yaklaşımı
- Üretim yönlü ya da toplam üretim fonksiyonu yaklaşımı

Talep yönlü modeller genellikle enerji tüketimi, GSYH ve enerji fiyatlarını içerirken; üretim yönlü modeller enerji, GSYH, sermaye stoku ve işgücünü ihtiva eden bir üretim fonksiyonunu ele almaktadır (Lee ve Chang, 2008: 52). Enerji tüketimi hem talep hem de arz kanalındaki etkileri açısından ekonomik büyümenin önemli bir belirleyicisidir, bu nedenle arz-talep sisteminin birlikte ele alınması daha sağlıklı sonuçlar verecektir (Peach, 2011). Ancak enerji piyasasının karmaşık yapısından ötürü bu tür bir analizin uygulanması çok güçtür. Bu nedenle çalışmaların önemli bir kısmı doğal kaynaklar üzerindeki teorik araştırmalardan oluşmaktadır. Bu çalışmalarda temel yaklaşım, dinamik optimizasyon çatısı altında farklı teknoloji ve tercihler çerçevesinde kaynakların elde edilebilirliği ile optimal genişleme yolunu tanımlamaya dönüktür. Diğer yandan enerji yoğunluğu (toplam birincil enerji tüketimi/GSYH) temeline oturtulan çalışmalarda önemli bir yer tutmaktadır. Enerji yoğunluğu ile ilgili çalışmaların bir kısmı, ülkenin sektör yapısı ile ilgili olabileceği gibi bölgesel düzeydeki farklılıkları da ortaya koymakla ilgilenirken, bir diğer kısmı, ülkeler arası farklılıkları

ortaya koyarak ekonominin makro düzeydeki enerji yoğunluk gelişmelerini inceleme konusu yapmıştır (Çermikli, 2005: 59)

IEA (2004)'teki çalışmasında, üretimde enerjinin artan önemini analiz etmek amacıyla 1981-2000 dönemi için bazı gelişmekte olan ülkelerin üretim fonksiyonuna enerjiyi dâhil etmiş ve ekonomik büyümenin ara aşamasında olan ülkelerin üretim fonksiyonlarında yer alan diğer girdilerle karşılaştırıldığında enerjinin ekonomik büyümede önemli bir rol oynadığı sonucuna ulaşmıştır (IEA, 2004). Zira ekonomideki üretim sürecinin tamamı bir işi içermektedir. Bu nedenle de tüm ekonomik süreç enerji kullanımını gerektirmekte ve enerjinin diğer üretim faktörleri ile ikamesi sınırlı düzeyde kalmaktadır (Stern, 1997a: 150).

Enerjinin ekonomi içindeki rolünü incelemeye, evrensel kabul görmüş bir yaklaşım olmamakla beraber aşağıdaki enerji akımları en sık kullanılanlardır:

1-Temel ısı eşdeğer yaklaşımı: Enerji kaynaklarından elde edilen ısı değeri temel alınmaktadır.

2-Ekonomik yaklaşım: Fiyat ya da marjinal ürünü dikkate almaktadır. Cleveland vd., yakıtlar arasındaki kalite farkını dikkate almasından ötürü ekonomik yaklaşımın en iyi metot olduğunu ileri sürmektedir (Cleveland vd., 2000).

3-Exerji (kullanılabilir enerji) analizi: Exerji kavramı enerjiden farklı olarak bir birim enerjinin faydalı iş yapabilme (ve mal ve hizmet üretme) kabiliyetindeki farklılıkları yansıtmaktadır. Exerji terimi temelde enerjiyle aynıdır ve çevresindekilerle birlikte çift yönlü bir dengeye ulaştığı bir sistemden toplanabilen işin maksimum miktarını ifade etmektedir. Fiziki anlamda iş, bir mesafe boyunca yürütülen bir güç olarak tanımlanmaktadır (Warr ve Ayres, 2010: 1690). Üç tür exerji bulunmaktadır:

- Fiziki exerji (kinetik enerji): Faydalı iş yapabilen ve hareket sonucu oluşan enerjiyi ifade etmektedir. Kinetik enerji bir iş yaptığında mekanik enerji olarak ortaya çıkmaktadır (Kozak ve Kozak, 2012: 18).
- Termal exerji(ısı): Atom ve moleküllerin içindeki maddelerin titreşimi ve hareketinden kaynaklanan içsel bir enerjidir.
- Kimyasal exerji: Atom ve moleküllerin bağlarında depolanmış enerjidir. Yaklaşık olarak bir yakıtın yanma ısısına eşittir (Bureau of Energy Efficiency, 36).

4-Termodinamik yaklaşım: Enerji ile ekonomi aktiviteler arasındaki ilişkileri ele alan literatürde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Termodinamik kanunlar ekonomik büyümeyi enerji kullanımından ayırıştırma ihtimalinin neoklasik ekonomik yaklaşımda belirtildiğinden daha sınırlı olduğunu ileri sürmekte ve bunun nedenlerini açıklamaktadır (Ockwell, 2008: 4600).

Termodinamik kanunları ilk ele alan Georgescu-Roegen'in (1906-1994) ekolojik ilkeler arasındaki termodinamik yasalarını iktisadi analize uyarlamaları bu bakımdan en önemli adımdır.

Termodinamik kanunları ve doğal kaynakları koruma olgusu, yürüme zorunda olan ekonomik sistem içindeki sabit kısıtlamaları açıklamaktadır. Birinci ve ikinci olmak üzere iki termodinamik kanun bulunmaktadır (Ayres ve Kneese, 1969: 287)

a) *Birinci Termodinamik Kanun*: Ayres ve Kneese (1969)'un ortak-denge prensibine göre, belirli bir miktardaki çıktıyı elde etmek için, girdilerin kirlenici atıklar ya da atık ürünleri olduğundan, daha fazla ya da eşit miktarda girdi kullanılmalıdır. Yani herhangi bir üretim sürecinde bir birim çıktının üretimi için gerekli enerji ve materyalin indirgenemez bir termodinamik minimum miktarı vardır ve bu miktarı teknolojik gelişme değiştirememektedir (Costanza, 1980; Ayres ve Kneese, 1969; Stern 1997)

b) *İkinci Termodinamik Kanun*: Enerjinin dönüştürülme ya da taşınma işlemleri sırasında kullanılması gereken enerji miktarının minimum düzeyde tutulmasını ifade etmektedir (Čiegis ve Čiegis, 2008: 16).

Enerjinin ekonomi içindeki büyük önemine karşın, enerji-ekonomi ilişkisinde hala anlaşılmayan hususlar mevcuttur. Bu hususlar ekonomik büyüme için enerji tüketimindeki bir artışın gerekli koşul olup olmadığı ya da hizmete dayalı ekonomilerde gözlenen etkinlik kazanımlarının enerji tüketimini ekonomik büyümeden ayırışmasına yol açıp açmadığı ile ilgilidir (Peach, 2011). Bununla birlikte enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analizi üç açıdan önem arz etmektedir:

i. Petrol ve doğal gaz başta olmak üzere enerji üreticisi ülkelerde sürekli tırmanan bir gerilimin olması, diğer ithalatçı ülkeleri kendi ekonomik büyümelerini yavaşlatmadan yabancı enerji arzına olan bağımlılıklarını nasıl azaltacakları konusuna yönlendirmektedir. Bu nedenle de ülkeler için enerji

ithalatı ve tüketimi ile GSYH büyümesi arasındaki ilişkinin yönünün tespiti önem arz etmektedir (Vlahinić-Dizdarević ve Žiković, 2010: 36).

- ii. Kirlilik ve küresel ısınma, ekonomik politika açısından önemi giderek artan bir husus olmaktadır. Enerji üretimi ve tüketimi CO₂ emisyonunun temel kaynaklarından biri olduğundan, enerji üretimi ve kullanımındaki azalmanın ekonomik büyümeyi yavaşlatıp yavaşlatmayacağı ikilemi, ekonomi ve enerji politikaları açısından önemli bir konudur (Amirat ve Bouri, 2008: 2)
- iii. Enerji etkinliğini artırma hedefine yönelik olarak, kısa ve uzun dönem GSYH büyümesinin anlamını bilmek önemlidir (Vlahinić-Dizdarević ve Žiković, 2010: 36).

Yukarıda sözü geçen enerji-ekonomik büyüme ilişkisinin önemi doğrultusunda son yüzyılın ikinci yarısının enerji kullanımı ve iktisadi büyüme arasındaki ilişki açısından beş ayrı döneme ayrılarak ele alınması daha sağlıklı çıkarımlar yapılmasını sağlayacaktır (Hannesson, 2002: 215). İlk iki dönem, birinci petrol krizinin öncesine rastlamaktadır (1950-1960 ve 1960-1974). Üçüncü dönem, 1973'teki enerji krizinin petrol fiyatlarını dört katına çıkarması ile 1979'daki İran devriminin petrol fiyatlarını iki katına çıkardığı dönemi de içine alan ve fiyatların en üst seviyelere çıktığı 1980 yılına kadar süren dönemi kapsamaktadır. Dördüncü dönem, petrol fiyatlarının genelde sabit bir seyir izlediği ve 1986'daki ani düşüşün gerçekleştiği dönemi içine almaktadır. Son dönem ise, enerji fiyatlarında sürekli dalgalanmaların olduğu fakat büyük artışların meydana gelmediği 1997 tarihine kadar süren devredir. İlk dönemde enerji kullanımı ve iktisadi büyüme önemli artış göstermekle beraber enerji kullanımındaki artış GSYH'nin büyüme oranından bağımsızdır. Bu sonucun nedenlerinden biri, bu dönemde gelir düzeyi düşük ülkelerde GSYH artarken enerji kullanımındaki büyümenin azalan bir seyir izlemesidir. İkinci neden ise, gelir düzeyi yüksek ülkelerde enerji kullanımındaki büyümenin diğer dönemlere nazaran bu dönemde iktisadi büyümeye karşı daha düşük hassasiyete sahip olmasıdır (Çermikli, 2005: 60).

Öneminden ötürü üzerinde durulması gereken enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki tek yönlü bir etkileşimi değil, aksine karşılıklı bir ilişkiyi ifade etmektedir. Payne (2009), enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki bu karşılıklı ilişkiyi test eden literatürdeki bazı hipotezleri özetlemektedir. Bu hipotezler büyüme

hipotezi, koruma hipotezi, geri besleme hipotezi ve nötrlük hipotezi olarak sıralanmaktadır (Payne, 2009: 127).

a-Büyüme Hipotezi: Büyüme hipotezine göre enerji tüketimi ekonomik büyümeye yol açmakta, yani enerji tüketimindeki artış ekonomik büyümeyle sonuçlanmaktadır. Bu hipotezin geçerli olduğu bir ekonomide, enerji tasarrufu büyümeyi engellemektedir (Payne, 2009: 127).

Ehrlich (1989), Daily ve Ehrlich (1992), temel kaynak kısıtlaması ile karşılaşıldığında doğal sistem içerisinde büyümenin duracağını ileri sürmektedirler. Bu görüşe göre sınırsız büyüme sağlıklı bir durum değildir, sorunlu bir durumdur (Costanza, 1997). Diğer yandan Stern (2010), enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin asimetrik olduğunu savunmaktadır. Yani enerji kıtlığının ekonomik büyüme üzerinde çok güçlü bir baskısı olmasına karşın, enerji bolluğunun ekonomik büyüme üzerindeki etkisi daha zayıftır (Stern, 2010).

b-Tasarruf Hipotezi: Ekonomik büyümedeki bir artışın enerji tüketimini uyardığı (Huang vd., 2008: 49), bu nedenle de enerji tasarruf çabalarının ekonomik büyümeyi etkilemediği ileri sürülmektedir. Başka bir deyişle ekonomik büyümede bir azalış olmaksızın, enerji tüketiminin azaltılması yönündeki politikalar iklim değişikliği, enerji güvenliği ve diğer enerjiyle ilgili çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılabilir (Peach, 2011)

1990'lı yıllara kadar ağırlıklı olarak ekonomik büyümenin enerji tüketimini arttırdığı görüşü benimsenmiştir. Bu amaçla kullanılan en önemli parametre enerji tüketiminin gelir esnekliği olmuştur. GSYH'deki bir artış enerji tüketimini iki kanal aracılığıyla etkilemektedir.

1- Ekonomik büyüme kapasite kullanımının artırarak imalat tesislerinin daha etkin kullanılmasına yol açmakta ve yeni teknolojilere olan yatırımları teşvik etmektedir (Gardner and Elkhafif, 1998: 33-34).

2- Hanehalkının gelirindeki artışla birlikte enerji yoğun aktivitelere yaptığı harcamaları artırmaktadır (Mahadevan ve Asafu-Adjaye, 2007: 2486).

Bu dönemde hazırlanan enerji talebi fonksiyonlarının birçoğu enerji yoğunluğunun sabit kaldığını ortaya koymuş, bu durum birçok ekonomisti enerji tüketimiyle ekonomik büyümeyi katı bir şekilde birbirine bağlayan bir kuralın var

olduğu kanısına götürmüştür (Özata, 2010: 103). Sonuçta dünya enerji piyasasında yaşanacak bir darboğazın ekonomik büyümeyi durduracağı kanısı birçok politikacıyı endişelendirmiştir (Kar ve Kınık, 2008: 334).

Büyüme ve tasarruf hipotezlerinin genişletilmiş biçimleri geri besleme ve nötrlük hipotezleri ile ifade edilmektedir.

c-Geri Besleme Hipotezi: Geri besleme ilişkisi enerji tüketimi ile büyüme arasında çift yönlü nedensellik olduğunda ortaya çıkmaktadır. Geri besleme hipotezinin politika uygulamaları büyüme hipoteziyle aynıdır (Payne, 2009: 128).

d-Nötrlük Hipotezi: Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedenselliğin olmadığını ileri sürmektedir. Nötrlük hipotezinin politika uygulamaları tasarruf politikaları ile aynıdır. Hipotezin temelindeki görüş, enerjinin tek başına ekonomik büyümeyi destekleyecek yeterli güce sahip olamayacağıdır. Çünkü ekonomik büyüme için muhtemel kazanımlar, büyüme sürecinde enerji, sermaye ve işgücünün tamamlayıcı olarak hareket etme derecesine bağlıdır. Bu tespit doğrultusunda Amirat ve Bouri (2009), enerjinin çıktı büyümesine katkı sağlayan bir faktörden fazla bir şey olmadığını, sermaye ve işgücü ile karşılaştırıldığında en önemli unsur olarak görülemeyeceğini belirtmiştir (Amirat ve Bouri, 2009: 9).

1.2.3.3. Enerji Yoğunluğu

Enerji yoğunluğu bir birim gayri safi değer üretmek için gerekli enerjinin bir ölçümüdür. Genellikle kullanılan enerjinin üretimin değerine (para, hacim gibi şeylerle ifade edilir) oranı ile hesaplanmaktadır (Che ve Pham, 2012: 12-13; Healy vd., 2012: 120).

Ülkelerin enerji yoğunluğunda zaman içinde meydana gelen değişme, iktisadi büyüme ile enerji tüketiminin zaman faktörüyle nasıl değiştiği hakkında bilgi veren önemli bir göstergedir (Leach vd., 1986: 11). Ayrıca sürdürülebilirliğin en önemli makroekonomik unsurlarından biridir (Cleveland vd., 2000). Enerji yoğunluğu karbon emisyonunun belirleyicisi olması itibariyle de önemli bir değişkendir. Çünkü karbon emisyonunun ortalama %98'i enerjinin yanmasından kaynaklanmaktadır (Metcalf, 2008: 18). Birçok ülke için, enerji kullanımında zaman içinde meydana gelen değişimin

incelenmesi aynı zamanda geleceğe dönük bazı tahminlerin yapılmasına da imkân sağlamaktadır.

Toplam enerji yoğunluğu iki farklı yolla ölçülebilmektedir:

1-Enerji/GSYH Oranı: Tüm ekonomik aktivitelerin ortalama enerji yoğunluğunu ifade etmektedir (Che ve Pham, 2012: 12-13) ve ulusal enerji tüketiminin, GSYH'ye oranı ile elde edilmektedir. Dolayısıyla enerji yoğunluğu sabit kaldığında, ekonomik aktivitedeki bir değişme ulusal enerji tüketiminde oransal bir değişmeye yol açacaktır (Farla ve Blok, 2000: 96). Toplam ekonomik aktivite (GSYH) ise nihai talep toplamı veya katma değer toplamı olmak üzere iki farklı yöntemle ölçülebilmektedir. Enerji tüketiminin bir ölçümü olarak ise genellikle birincil enerji kaynaklarının toplam yurtiçi talebi kullanılmaktadır. Ulusal enerji yoğunluğu (I) aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$I = \frac{\text{Enerji Tüketimi}}{\text{GSYH}} \quad (1.7)$$

2-Bileşik Enerji Yoğunluğu: Ekonomideki sektörler arasında ölçülen toplam enerji yoğunluğunu ifade etmektedir. Söz konusu enerji yoğunluğu bireysel sektör ya da alt sektörlerden elde edilebilmektedir. Kanada ve ABD toplam enerji yoğunluğunu ölçmede bu yöntemi kullanmaktadır (Che ve Pham, 2012: 13). Bileşik enerji yoğunluğu aşağıdaki gibi formüle edilmektedir:

$$\frac{\text{Enerji}}{\text{GSYH}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{\text{GSYH}} \right) \varepsilon_i \quad (1.8)$$

1.8. no'lu eşitlikte ε_i terimi i mal ya da hizmetinin enerji yoğunluğunu (kcal/\$) göstermektedir. X_i terimi ise ekonomik aktivitenin nihai talebin toplamı olarak ölçülmesi durumunda n sayıdaki kategori içinde yer alan i mal ya da hizmetinin reel maliyetine; ekonomik aktivitenin katma değerler toplamı şeklinde ölçülmesi halinde ise n sayıdaki sektör arasında yer alan i sektörü tarafından yaratılan toplam katma değere eşittir (Kaufmann, 2004: 67).

i sektöründeki enerji yoğunluğu (ε_i), Enerji/GSYH oranından büyükse; i sektörünün GSYH içindeki payının artması Enerji/GSYH oranını da artıracaktır. Bu etkinin boyutu ise ε_i ile Enerji/GSYH oranı arasındaki mutlak fark ile pozitif yönde ilişkilidir. Diğer bir ifadeyle enerji yoğunluğu ulusal ortalamadan yüksek olan bir mal ve hizmetin üretim ya da tüketiminin artması toplam enerji yoğunluğunun artmasına yol açacaktır (Kaufmann, 2004: 67-68).

Bileşik enerji yoğunluğu kavramından da anlaşıldığı gibi bir ülkenin enerji yoğunluğu kavramı ele alınan birim ve birimler açısından farklılık göstermektedir. İlk olarak daha geniş anlamda ele alındığında, enerji yoğunluğu ülkeler (ya da bölgeler) arasındaki farklılığı göstermektedir (Berastein vd., 2003: 14). Ülkeler arasındaki enerji yoğunluğu değişimleri genel anlamda ülkenin gelişme düzeyi ile ilişkilidir. Daha zengin ülkelerde enerji yoğunluğunun azaldığı, buna karşın gelişme sürecinde olan ülkelerde iktisadi gelişme ile beraber enerji yoğunluğunun da arttığı görülmektedir (Han ve Lakshmanan, 1994: 165).

Ülke bazında enerji yoğunluğu ele alındığında ise sektörler arasındaki farklılığın yanı sıra, üretim ve tüketim (özel tüketim) amaçlı enerji yoğunluk değerleri değişiklik göstermektedir. Tüketim amaçlı enerji kullanımını genellikle hanehalkının evlerde ve özel karayolu taşımacılığında kullanıldığı enerjiyi içermektedir (Leach vd., 1986: 30). Özel enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payı önemli bir boyuttadır. Toplam enerjinin geri kalan kısmı ise üretim sektörünün (tarım, sanayi, ticari taşımacılık ve diğer ticari hizmetler) kullandığı enerjiyi kapsamaktadır.

Enerji yoğunluğu kendi dinamikleri içinde enerji tüketimi ve üretilen gayri safi değer tarafından belirlenmesine karşın, bu değeri etkileyen dışsal faktörler de bulunmaktadır (Leach vd., 1986: 30). Enerji fiyatları, teknolojik gelişmeler, hanehalkı tercihleri ve hükümet politikalarını da içeren birçok faktör enerji yoğunluğunu etkilemektedir (Che and Pham, 2012: 4). Bu faktörler iki anahtar belirleyici aracılığıyla enerji yoğunluğunda değişime yol açmaktadırlar:

1-Etkinlik Belirleyicisi: Enerji etkinliğinde yaşanan gelişmeleri içermektedir. Enerji etkinliği belirli bir hizmet sunmak için kullanılan enerjinin bir ölçüsüdür ve belirli miktarda kullanılan enerjiden daha fazla fayda sağlamak anlamına gelmektedir (The Energy Efficiency Strategy, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65602/6927-energy-efficiency-strategy--the-energy-efficiency.pdf)

Fluck (1980) enerji etkinliğini 1.9. no'lu eşitlikteki gibi tanımlamaktadır (Fluck, 1980).

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Faydalı İş}}{\text{Enerji Girdisi}} \quad (1.9)$$

2-Aktivite Belirleyicisi: Ekonomik aktivitedeki gelişmeleri kapsamaktadır. Etkinlik sabitken ekonomik aktivite bileşenlerinin değişmesi (enerji yoğun ekonomik aktivitelerden enerji yoğun olmayan aktivitelere kayma) olarak ifade edilmektedir (Metcalf, 2008: 2).

Yukarıda açıklanan belirleyiciler vasıtasıyla enerji yoğunluğunda değişime yol açan unsurlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

a) **Enerjinin Kendi Fiyatı:** Enerji fiyatları enerji yoğunluğunun önemli bir belirleyicisidir. Enerji fiyatlarındaki bir artış, firmaları ve/veya hanehalkını enerji yerine sermaye, işgücü ve materyal ikame etmeye ya da enerji-tasarrufuna yol açan teknolojik değişime teşvik etmektedir (Kaufmann, 2004: 68). Bunun yanı sıra enerji fiyatları arttığında enerji yoğun malların satışı düşerken, enerji fiyatları düştüğünde ise bu malların satışının yükselmesi beklenmektedir (Gardner and Elkhafif, 1998: 32).

Göz önünde bulundurulması gereken önemli bir husus fiyat artışının etkilerinin, fiyat azalışının etkilerinden daha büyük olmasıdır. Reel enerji fiyatları için verili bir düzeyi ele aldığımızda, reel enerji fiyatındaki bir azalma enerji yoğunluğunu arttıracaktır. Diğer yandan enerji fiyatındaki bir artış sonucunda enerji tüketiminin azaltılması zaman almakta, daha sonra fiyatlar eski düzeyine geri dönse bile enerji yoğunluğu eski düzeyine geri dönmeyerek düşük düzeyde kalmaktadır. Zira enerji fiyatları yükseldiğinde enerjiyi daha etkin kullanmak için geliştirilen teknolojilerin yayılması ve uygulanması zaman almaktadır (Kaufmann, 2004: 81). Sonuçta, enerji fiyatındaki değişimler, enerji yoğunluğunu ekonomik aktivite bileşimindeki değişimler aracılığından çok etkinlikteki değişimler aracılığıyla etkilemektedir (Metcalf, 2008: 15).

b) **Teknolojik Yenilikler:** Teknolojik gelişme bir birim GSYH üretmek için gerekli materyal miktarında azalmaya yol açarak enerji-tasarrufuna neden olmaktadır (Healy vd., 2012: 120; Kaufmann, 2004: 84). Yeni ve gelişmiş materyallerin ortaya çıkması, daha iyi imalat teknolojisi ve ürün tasarımındaki gelişmeler nihai malların içerdiği enerji ve materyal miktarını azaltma eğilimi taşımaktadır (Gardner ve Robinson, 1993).

c) **İktisadi Faaliyetlerin Yapısı:** Gelişme düzeyi ve diğer faktörlerin etkisiyle birlikte zamanla bazı endüstrilerin önemi azalırken, diğerlerinin artmaktadır (Huntington, 2009: 10). Ekonomi içindeki aktivite bileşenleri ve sanayi faaliyetleri çeşidinin değişmesiyle birlikte enerji yoğunluğu da değişmektedir. Eğer genişleyen

sektörlerin enerji yoğunluğu, yerine geçtiği sektörlerin yoğunluğundan fazlaysa enerji/GSYH oranı yükselecektir, aksi bir durumda ise azalacaktır (Huntington, 2009: 4). Ayrıca enerji yoğun endüstriler, endüstriyel üretimdeki değişimlerden enerji yoğun olmayan endüstrilere göre daha fazla etkilenme eğilimi taşımaktadırlar (Gardner ve Elkhafif, 1998: 38).

Enerji yoğun endüstriler genellikle temel materyalleri ham materyallerden elde eden süreç endüstrileridir. Enerji yoğun olmayan endüstriler ise fabrikasyon ve montaja dayalı aktiviteleri içermekte ve enerji yoğun endüstrilerin ürettiği temel materyalleri kullanan endüstrilerden oluşmaktadır (Huntington, 2009: 10)

d) Ticaret Unsurlarının Değişmesi: Özellikle doğal kaynak ve hammadde ticaretinde yaşanan gelişmeleri içermektedir. Örneğin temel hammadde piyasasına yabancı ülkelerin nüfuz etmesi (Gardner ve Elkhafif, 1998: 32).

e) Ekonomideki Kapasite Kullanımı: Ekonominin kapasite kullanım oranı arttığında enerji gereksinimi de arttığından enerji yoğunluğunun artması beklenir (Berastein vd., 2003: 14).

f) Sermaye Yatırımları: Sermaye yatırımları ekonomik çıktıdaki büyüme (düzey değeri yerine) ile ilişkili olduğundan enerji yoğunluğunu etkileyen diğer bir faktördür (Gardner ve Elkhafif, 1998: 32).

g) Nüfus Yoğunluğu (Azar ve Dowlatabadi, 1999: 520): Nüfustaki bir değişim hem bir ekonomideki tüketim ihtiyacını hem de ekonominin üretim kapasitesini etkilemektedir (Weil, 2013: 102). Bir ekonomi olgunlaştıkça ve nüfusu daha stabil hale geldikçe köprüler, yollar, demiryolları ve çelik fabrikaları gibi yeni altyapı için talep azalmakta, dolayısıyla temel materyaller için doygunluk düzeyine ulaşılmaktadır. Dolayısıyla nüfus yoğunluğu azaldıkça enerji yoğunluğu da azalmaktadır (Cleveland ve Ruth, 1999: 18).

h) Enerji Politikaları: Enerjinin ek kullanımlarını azaltan düzenlemeler aracılığıyla hükümetin materyal kullanımını azaltmaya yönelik düzenlemeleri enerji yoğunluğunda azalışa neden olmaktadır

ı) Ülkenin Sahip Olduğu Enerji Rezervleri: Doğal kaynak yönünden zengin olan ülkelerde enerji yoğunluğunun yüksek olma eğilimi vardır (Berastein vd., 2003: 14).

j) Kullanılan Enerji Bileşimi: Eski enerji kaynakları yerine daha cazip nitelikteki yeni enerji kaynaklarının ikame (Healy vd., 2012: 120) edilmesi de enerji yoğunluğunda değişime yol açmaktadır. Tüketiciler enerjiyi ısı elde etmenin dışında farklı alanlarda da kullandıklarından, enerji tüketimini enerjinin ısı içeriğine göre ölçmek, enerji türleri arasındaki kalite farklılıklarının göz ardı edilmesine yol açmaktadır (Kaufmann, 2004: 66). Yakıtlar arasındaki kalite farkının dikkate alınması, daha kaliteli enerji kaynaklarının yakıt bileşimi içindeki payının yüksek olmasının enerji yoğunluğunun daha düşük olmasına neden olması nedeniyle önemlidir.

k) Ekonomik Büyüme ve Kişi başına Gelir: Kişi başına gelirin yükselmesi enerji etkinliği ve yoğunluğundaki gelişmelere katkı sağlamakta ve fiyat burada anahtar rol oynamaktadır. Kısa ve uzun dönem gelir esneklikleri karşılaştırıldığında, enerji yoğunluğu (etkinlik aracılığıyla gözlenen), gelir arttığında uzun dönemde kısa dönemde olduğundan daha fazla düşmektedir (Metcalf, 2008: 15-18).

l) Tüketici Tercihleri: Tüketicilerin hizmetler ve yüksek katma değerli düşük materyal-yoğun ürünlere olan tercihinin artması enerji yoğunluğunda azalışa yol açmaktadır.

1.3. ENERJİ-KALKINMA İLİŞKİSİ

1.3.1. Kalkınmanın Tanımı ve Niteliği

Kalkınma en temel anlamıyla bir konu veya alanda gelişme/ilerleme, ulusal ekonominin bütüncül olarak ele alınarak istenilen düzeye ulaşması olarak tanımlanmaktadır (Aksu, 2011: 4; Yüksek, 2010). Diğer bir deyişle kalkınma, üretim ve kişi başına gelirin artırılmasının yanı sıra, az gelişmiş bir toplumda iktisadi ve sosyo-kültürel yapının da değiştirilmesi ve yenileştirilmesini içermektedir (Han ve Kaya, 2012: 2).

Kalkınma iktisadının ayrı bir disiplin olarak ortaya çıkmasındaki en önemli unsur, az gelişmiş ülkelerin gelişmiş ülkelere benzer bir ekonomik büyümeyi gerçekleştirememelerinin nedeninin geleneksel büyüme teorileri ile açıklanamamasıdır (Kartal, 2009: 116). Kalkınma teorileri “üçüncü dünya ülkelerinin” geri kalmışlığını araştırma çabası doğrultusunda bir yandan modernizm, büyüme ve sanayileşmeye

ulaşma süreci ile ilgilenirken diğer yandan bu sürecin birçok ülkede neden gerçekleşmediği veya yetersiz gerçekleştiğinin nedenlerini araştırmaktadır (Menzel, 1993: 3).

İktisadi kalkınma ulusal gelirdeki artışın yanı sıra insanların refahının ve yaşam kalitesinin artmasını ve gelecekteki refah düzeyinin sürdürülebilirliğini içermektedir (O'Connor, 2004: 225). Dolayısıyla ülkedeki niceliksel artışların yanında niteliksel değişimi de içeren her şeye işaret etmektedir. Niceliksel unsurlar doğrudan kalkınma göstergeleri olarak adlandırılırken, nitel değişkenler dolaylı kalkınma göstergeleri olarak ifade edilmektedir. Doğrudan kalkınma göstergeleri ülkeler arası kalkınma farklılıklarını tespitinde kullanılan en tarafsız ve temsili göstergelerdir (Çiftçi, 2008: 53). Kişi başına yüksek enerji tüketimi, kişi başına yüksek kalori tüketimi, okur-yazar oranının yüksek olması, şehirleşme oranının artması, hayat süresinin uzaması, çocuk ölümlerinin azalması, GSMH içinde ARGE faaliyetleri payının artması doğrudan kalkınma göstergeleri arasında yer almaktadır (Berber, 2011: 11).

Kalkınmanın ilk aşamalarında ekonomi, kişi başına çıktının durağan olduğu ve kısmi teknolojik değişimin çıktısı ve nüfusta oransal artışlara yol açtığı Malthusyan kapan içinde kalmaktadır. Kalkınmanın orta evrelerinde ise ekonominin kalkışa geçmesine yol açan dönem boyunca yaşanan nüfustaki artışın neden olduğu daha güçlü düzeydeki teknolojik değişim hâkimdir (Galor ve Weil, 2000: 807).

Kalkınma literatürüne ilk katkıyı 1939 yılında A. Fischer ve 1940'ta C. Clark yapmışlardır. C. Clark "Üç Sektör Teorisi"ni ileri sürerek üretimdeki artışın kaynağını yapısal değişime dayandırmaktadır (Berber, 2011: 169). II. Dünya savaşı sonrasında 1950-1970 yılları arasında dünya kapitalizminin yaşadığı genişleyici dalğanın etkisiyle kalkınma iktisadının yükselişi yaşanmıştır. İktisadi kalkınmanın motoru olarak sermaye birikimin görüldüğü bu dönem, modern "altın çağ" olarak adlandırılmaktadır (Kaynak, 2011: 43). Ancak 1970'li yıllara gelindiğinde yaşanan dış şoklar ve ekonomik istikrarsızlık iktisadi kalkınmanın çokta başarılı yürütülemediğini göstermiş ve iktisadi kalkınma kavramı gözden düşmeye başlamıştır (Erbay ve Özden, 2013: 5).

W. Rostow (1960)⁶, ilk kalkınma modellerinin temelini oluşturan Marx'ın tarihi

⁶ W. Rostow (1960) "The Stages of Economic Growth: A Non-communist Manifesto" (Ekonomik Gelişmenin Safhaları: Komünist olmayan bir Manifesto).

materyalizm görüşüne karşı bir alternatif olarak safha teorisini ileri sürmüştür. Teoriye göre, her toplum gelişme sürecinde geleneksel toplum, kalkışa hazırlık, kalkış, olgunluk ve kitle tüketim çağı safhası olmak üzere beş aşamadan geçmektedir (Berber, 2011: 262).

Genel anlamda değerlendirildiğinde klasik kalkınma teorileri ekonominin niceliksel boyutlarına odaklanırken, çevre ve sosyal değerleri göz önünde bulundurmamaktadır (Aksu, 2011: 4). Bu noktada toplumların gelişiminin devamlılığının yalnızca ekonomik açıdan değerlendirilmesi yerine ekonomik, sosyal ve çevresel unsurları bir arada barındıran daha kapsamlı bir değerlendirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Böylelikle çok boyutlu bir kavram olan “sürdürülebilir kalkınma” ortaya atılmıştır (Han ve Kaya, 2012: 255).

Ekonomik büyüme ve ekosistem arasındaki sağlıklı bir denge arayışı sürdürülebilir kalkınma kavramını ortaya çıkarmaktadır. Diğer bir ifadeyle sürdürülebilirlik, ekonomik büyüme ve çevrenin korunması arasındaki dikkatli denge gerekliliğini yansıtmaktadır (Todaro ve Smith, 2011: 467-468). Ekonomik kalkınmanın bu biçimi çevrenin bozulmasını önlemek yerine, yenilenebilir enerji kullanımını, organik ve düşük-girdili tarımı ve kaynak-koruyucu teknoloji alternatiflerini içermektedir (The Economy and the Environment, 2005).

1.3.2. Sürdürülebilir Kalkınma

1.3.2.1. Çevre-Ekonomik Büyüme İlişkisi

Günümüz gelişmekte olan dünyasının aktif nüfusunun yarısından fazlasının geçimi tamamen ya da kısmen ekonomik olarak hayvancılık, avcılık, balıkçılık, ormancılık ve en önemlisi tarım aracılığıyla çevreye bağımlı bir olgudur (Todaro ve Smith, 2011: 465). Dolayısıyla çevre, iklim ve doğal kaynaklar gelirin potansiyel belirleyicileri olarak ifade edilmektedir (Weil, 2013: 452). Bu çerçevede enerji üretmek, üretilen enerjiyi daha fazla sayıdaki insana ulaştırabilmek, fakir ülkelerin kalkınmasını sağlamak ve bunları yaparken çevreye zarar vermeden sonraki nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak tüm ülkelerin önündeki temel hedeflerdir (Özata, 2010: 108). Çevresel ana unsurun da ötesinde sürdürülebilir kalkınma topluma kendi varlığının temelini

tahrip etmeyecek şekilde (Kartal, 2007: 120) temel ihtiyaçlarını karşılama ve herkesin daha iyi bir yaşam beklentisini karşılama fırsatı sağlamalıdır. Bu nedenle sürdürülebilir kalkınma aslında bir değişim sürecidir (Keleş ve Hamamcı, 1998: 158).

Buna karşın dünyanın sınırlı kaynakları hem mevcut ekonomik aktivite unsurlarını hem de yaşamsal ihtiyaçlarımızı yeterli düzeyde karşılayacak yeterlilikte değildir (Todaro ve Smith, 2011: 468). Nüfus ve tüketimin artması beraberinde iktisadi faaliyetlerin doğal kaynakları aşırı tüketmesini ve küresel ölçekte atık ve kirlilik düzeylerinin artmasını getirerek ekosistemde tahribata yol açmıştır (Aslan, 2010: 6). Dolayısıyla mevcut doğal sermayenin açıkça zarar görmesi ve sera gazı emisyonu sonucunda meydana gelen iklim değişikliğiyle (Amirat ve Bouri, 2008: 2) birlikte evre ile ekonomik büyüme ilişkisinin önemi giderek artmaya başlamıştır (Postel, 1994: 4). Özellikle son 30 yıldır kurumlar, ülkeler ve dünya karşılaştığı çevresel problemlerin daha fazla farkındadırlar. 1960 ve 1970’lerdeki enerji ve evre ile ilgili olaylar doğal kaynak ve evre konularına olan ilgiyi daha da artırarak kapsamlı bir hal almasına neden olmuştur.

Ekonomik sistem, doğal kaynaklar ve evre arasındaki ilişki ele alındığında çevrenin ekonomik sistem içindeki fonksiyonları iki temel başlık altında ele alınmaktadır:

■ **evrenin Kaynak Fonksiyonu:** evre kaynaklar ve ham maddelerin insan kullanımını için ulaşılabilir hale getirme kabiliyetine sahiptir. İki nedenden ötürü çevrenin kaynak fonksiyonunda aksamalar yaşanabilmektedir:

i. *Kaynakların Tükenmesi:* İnsanlar kaynakları yenilenebilme hızından daha hızlı tketmelerinden dolayı kaynakların miktarı azalmaktadır.

ii. *Kirlilik:* Kaynakların yol açtığı kirlilik, miktarlarını ve faydalarını azaltmaktadır.

■ **evrenin Atıkları zmseme Fonksiyonu:** evrenin insan aktivitelerinin ürettiği atıkları depolama, özümseme ve zararlarını geri çevirebilme kabiliyetini ifade etmektedir. Atık miktarının verili zaman periyodunda çok fazla olması ya da atıkların fazla zehirli olması durumunda evre üzerinde önemli bir baskı olacaktır (The Economy and the Environment, 2005).

Genel olarak değerlendirildiğinde çevre ile gelir ve dolayısıyla ekonomik aktivite arasındaki ilişki tek yönlü değil, aksine karşılıklı bir etkileşimi ifade etmektedir. Enerji kullanımı bir yandan ekonomik büyümeyi getirirken diğer yandan çevresel kirlilik şeklinde dışsallığa yol açmaktadır (Huang vd., 2008: 49). Bilimsel çalışmaların büyük bir bölümü global ekonominin büyümesinin sürdürülebilir olmadığını, çünkü mal ve hizmet üretimini destekleyen birçok çevresel hizmetin tüketildiğini belirtmektedir (Postel vd., 1996). Ayrıca ekonomik büyümenin insanların refahlarındaki büyümeyle paralel olarak gerçekleşme zorunluluğunun olmadığı da bilinen bir gerçektir. Zira ekonomik büyümenin standart ölçümü olan GSYH birçok ülkede büyüyen zengin-yoksul eşitsizliğini ya da insanların, toplumların, ekosistemlerin ve ekonominin sağlığını etkileyen çevresel bozulmayı yansıtmamaktadır (Cleveland, 2003: 3).

Dolayısıyla ekonomik faaliyetlerden ötürü çevrede meydana gelen bozulmayı yansıtmak amacıyla son yıllarda birçok ekonomist, ekolojist ve fizikçi, enerji ve materyal akımı analizlerine yer vermektedir. Bununla beraber çevrenin iktisadi faaliyetteki rolünü ilk kez sistematik biçimde 18. yy'de fizyokratların ele aldığını söylemek mümkündür. Doğayı üretim için gerekli bir faktör olarak ifade eden bu ekol, bütün iktisadi fazlanın, toprağın (veya bugünkü deyişle doğal kaynakların) üretkenliği sonucunda meydana geldiğini ileri sürmüştür. Bu bakımdan doğal kaynaklar, maddi refahın asıl kaynağı olarak değerlendirilmiştir (Aslan, 2010: 6-7). Daha sonraki çalışmalar arasında Boulding (1966) ve Geogescu-Roegen (1971, 1973, 1977) toplu ve enerji denge prensibinin çevresel ve ekonomik anlamını kanıtlamışlardır. Diğer yandan Lokta (1922) ve Odum (1955, 1971) gibi ekolojistler enerjinin ekolojik ve ekonomik sistemin yapısal ve evrimsel dinamikleri içindeki önemine dikkat çekmişlerdir (Costanza, 1980: 1221).

Özellikle 1970'lerden sonra çevre bozulması ile ilgili olarak kurumsal çabalar dikkat çekmektedir. 1970 yılında ABD'de hava ve su kirliliği ile ilgili farkındalığa dayanarak Çevre Koruma Ajansı kurulmuş, 1972 yılında ise çevre üzerine ilk konferans olan Birleşmiş Milletler Konferansı "Beşeri Çevre" üzerine gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 2000 yılında Birleşmiş Milletler Çevresel Programı (UNEP) hazırlanmıştır.

Ekonomik gelişmenin bir zorunluluğu olarak, gelişmekte olan ülkeler kaynakları dikkatsizce tükettikleri ve dolayısıyla kaynaklara zarar verdiklerinden, bu ülkelerde

zorunlu insan ihtiyaçlarının karşılanması için gerçekleştirilen ekonomik aktiviteler ile çevrenin korunması arasındaki gerilim daha büyüktür (Todaro ve Smith, 2011: 465-466). Bu nedenle gelişmekte olan ülkelerde çevresel kaynaklar üzerindeki artan baskı gelir dağılımı ve gelecekteki büyüme potansiyeli açısından olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Zira çevresel konuların içerdiği temel fikir temiz bir çevreninde diğer kaynaklar gibi kıt bir kaynak olduğu üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ekonomik aktivitelerden ötürü çevrenin kirlenmesi temiz çevre kaynağının tüketilmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca çevre ile ilgili olarak fiyatlar, ikame ve teknolojik ilerlemenin oynadığı rol de daha geleneksel kaynaklar için oynadıkları rol ile benzerdir (Weil, 2013: 507-508).

Çevre-ekonomi ilişkisinde en önemli konulardan biri ekonomik büyüme ile enerji kullanımı arasındaki ilişkinin boyutudur. Küresel ekonomik sistem içindeki enerji kullanımının %80'inden fazlası fosil yakıtlardan oluşmaktadır. Bu yakıtların yanmasından kaynaklanan karbon dioksit emisyonu da global karbon döngüsünün dengesini bozmaktadır (The Economy and the Environment, 2005). Enerji tüketimi ile karbon dioksit emisyonu arasındaki ilişki çerçevesinde enerji kullanımındaki artışla birlikte artan emisyonun toplam düzeyini en basit biçimde Kaya (1989) aşağıdaki gibi tanımlamaktadır:

$$CO_2 = (CO_2 / E) \times (E/GDP) \times (GDP/P) \times P \quad (1. 10)$$

CO_2 , karbon emisyonunu, E enerji tüketimini, P nüfusu ifade etmektedir. Formüle dayanarak, verili düzeydeki nüfus ve çıktı düzeyinde, karbon emisyonunun düzeyi karbon yoğunluğuna ve enerji yoğunluğuna bağlıdır (Gorman, 2001: 4).

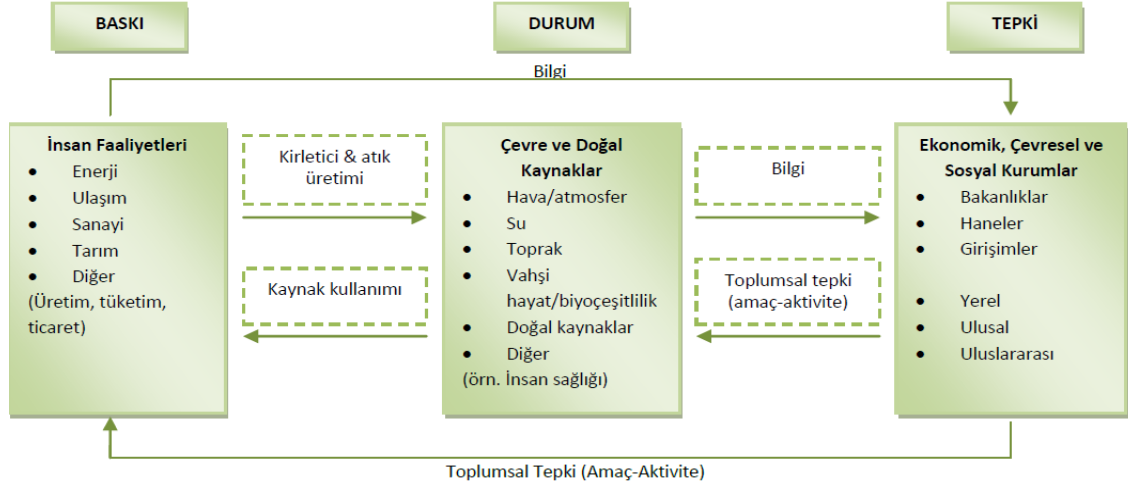
Enerji tüketimi ile karbon dioksit emisyonu arasındaki yakınlıktan ötürü enerji tüketiminin yol açtığı dışsallıklar, karar sürecinde içselleştirilmediği sürece, enerji tüketimi sosyal açıdan etkin olmayacaktır. Ancak kirliliğin çevresel maliyeti enerjinin özel maliyetleri içinde yer almamaktadır ve çevresel maliyetler dikkate alındığında enerjinin marjinal ürün değeri enerjinin toplam maliyetine göre (enerji fiyatı + çevresel maliyetler) oldukça düşüktür (Khademvatani ve Gordon, 2007: 7). Bu çerçevede çevresel problemlerin çözümünde enerji kullanım kalitesinin artırılması ve dolayısıyla sera gazı emisyonunu azaltılması yönünde odaklanılmalıdır. Bu hedefe ulaşmak için iki seçenek vardır:

- i. Daha az enerji girdisi kullanarak daha fazla çıktı üretmek. Ya enerjinin yüksek oranda kullanıldığı sektörlerden diğer sektörler doğru bir kayma gerçekleştirilmeli ya da enerji kullanımında teknolojik değişime gidilmelidir.
- ii. Yenilenebilir ya da nükleer enerjiye yatırım yapılmalıdır. Ancak bu konuda bazı sınırlamalar ve zorluklar mevcuttur. Çünkü yenilenebilir ya da nükleer enerji yatırımlarının önemli politik, sosyal ve fiziksel riskleri bulunmaktadır (Khademvatani ve Gordon, 2007: 35).

Diğer yandan çevre ve kaynakları içeren mevcut büyüme teorisi, enerji ve materyal kullanımını azaltma çabasında olan yapısal ekonomik değişme hakkında teorik ve ampirik olarak faydalı bir bilgi vermemektedir. Bu nedenle çevreyi de kapsayan alternatif bir büyüme modeli elde etmek için geleneksel teori en azından iki yönden değişiklik içermelidir. Bunlardan birincisi çıktı büyümesini parasal ya da fiziksel anlamda açıklayabilmesi için, modifiye edilmiş büyüme modelinin nüfus artışı ve geleneksel tasarruf-yatırım-sermaye birikimi mekanizmasından ayrı olarak kendi kendini destekleyen bir geri besleme mekanizması da içermesi gerekliliğidir (Ayres ve Bergh, 2005: 97). İkincisi ise modifiye edilmiş büyüme modelinin ekonomideki üretim faktörlerinin öneminin zaman içinde değişebileceği gerçeğini de yansıtıyor olmasıdır. Örneğin 1970'lerin öncesinde yenilenemeyen doğal kaynaklara sınırsız ulaşabiliyorken işgücü ve üretilmiş sermaye kıt kaynaklardı. Ancak sonrasında hem yenilenebilir hem de yenilenemeyen doğal kaynaklar kıt hale gelirken, vasıfsız işgücü ve üretilmiş sermaye daha bol kaynaklar konumuna gelmiştir. Dolayısıyla büyüme modeli yapısal değişimi de yansıtmalıdır (Dasgupta ve Heal, 1979; Smulders, 1999).

İnsan faaliyetleri ile çevre arasındaki etkileşimi en anlaşılır ve özet biçimiyle Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) modeli olan “Baskı-Durum-Tepki” (Pressure-State-Response Model) modeli tanımlamaktadır. Şekil 1.7.’de verilen modele göre insan faaliyetleri (enerji, ulaşım, sanayi vb.) için kaynak sunan çevre ve doğal kaynaklar üzerinde bu faaliyetler kirlilik ve atık üretimiyle baskı yaratmaktadır. Çevresel baskılar insan sağlığı ve ekosistem üzerinde etkilere neden olarak toplumsal tepkilere yol açmaktadır. Tepkiler bireysel ya da kollektif biçimde olup insanların neden olduğu olumsuz etkileri iyileştirme, adaptasyon veya önleme, çevresel zararı durdurma veya geri çevirme ve doğayı ve doğal kaynakları koruma biçiminde gerçekleşmektedir. Sistemde yer alan geri bildirimler dinamik bir modeli tanımlamakta olup, göstergeler

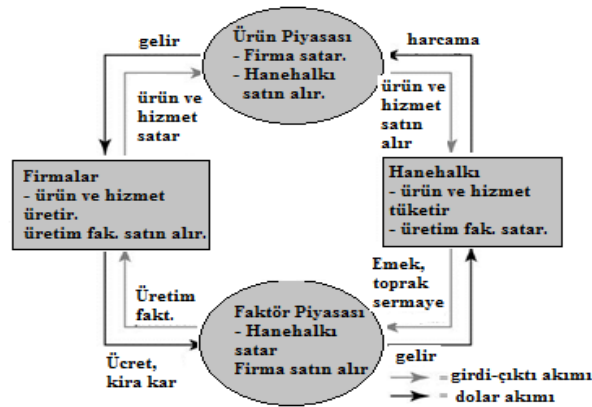
sürekli değişen bir sistemin anlık durumunu temsil etmektedir (OECD, 2003: 21; Aksu, 2011: 10).



Kaynak: OECD, 2003: 21

Şekil 1.7. OECD Baskı-Durum-Tepki (PSR) Modeli

Ekonomik aktivite ile çevre arasındaki ilişkiyi kavramlaştırmak için ekonomik sürecin tanımlanmasında birçok ekonomik yöntem tarafından kullanılan geleneksel devri akım şemasının incelenmesi önemlidir. 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren iktisat biliminde önemli yeri olan bu şemada, sanayileşmenin hız kazandığı dönemi yansıtabilecek biçimde bir değişim gözle çarpılmaktadır. Üretim faktörleri olarak sadece üretilmiş sermaye ve emek yer alırken, toprak faktörü ve dolayısıyla doğal kaynakların üretimdeki rolü göz ardı edilmiştir.



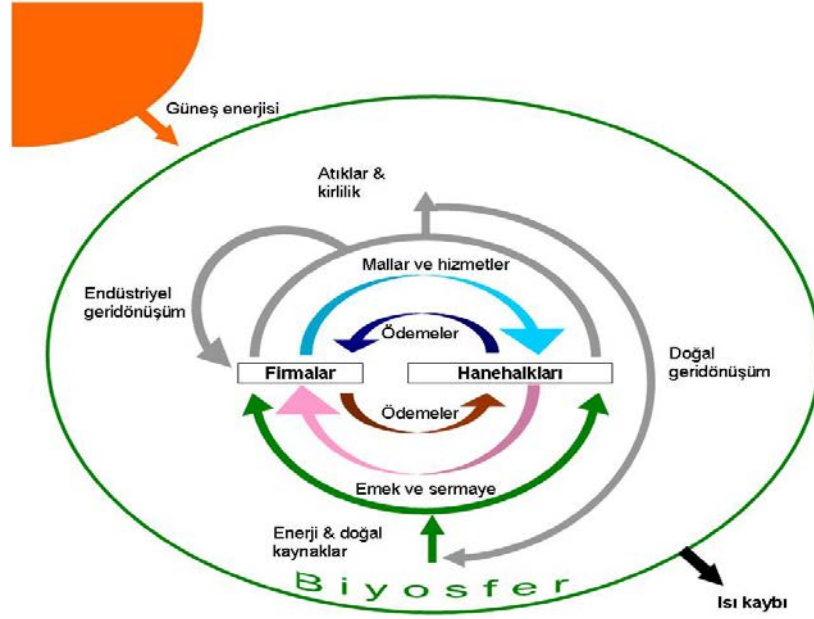
Kaynak: Mankiw, 2012, 23.

Şekil 1.8. Ekonomik Devresel Akım Şeması

Şekil 1.8’de mal ve hizmet piyasası ile üretim faktörleri piyasası olmak üzere iki piyasanın bulunduğu ekonomik devresel akım şeması yer almaktadır. Toprak, işgücü ve sermayeden oluşan üretim faktörleri mal ve hizmet üretiminde “girdi” olarak kullanılırken, üretilen mal ve hizmetler de hanehalkının tüketim ihtiyacını karşılamaktadır. Ayrıca mal, hizmet ve faktörler saat yönünde akmaktadırlar. Sermaye ve işgücü ekonomik devri akım süreci vasıtasıyla sürekli yenilenirken, gelecekteki kullanımı için doğal kaynakları yenileyen süreç şemada yer almamaktadır (The Economy and the Environment, 2005).

Şemada mal, hizmet ve faktörlerin değerleri, kullanımları için yapılan ödemeleri ifade eden ve saat yönüne ters işleyen para akımında yansıtılmaktadır. Her iki piyasada da arz ve talep ilişkisi piyasa denge fiyatı ve çıktı düzeyinin oluşmasına yol açmaktadır.

Standart devresel akım şeması mal, hizmet ve faktörlerin fiziki ve parasal akımlarını içermesine karşın, çevrenin ekonomik faaliyetler için gerekli temel hammaddeleri sağlama ve bu faaliyetler sonucu oluşan atıkları depolama ve yeniden dönüşümlerini sağlama işlevlerini dikkate almamaktadır. Bu nedenle, *doğru bir akım şeması, insanlar tarafından üretilmesi mümkün olmayan bu kaynakların ekonomik sisteme girişi ve çıkışının etkilerini de yansıtmalıdır*. Ekolojik iktisat yaklaşımı, standart iktisat teorisinin bu konudaki eksikliğinden hareketle ekonomi ve çevre ilişkisini farklı bir eksene taşıyarak, neoklasik iktisatta sanılanın tersine, ekonomik yasaları yerine biyolojik ve fiziki kanunların belirlediği kendi akım şemasını oluşturmuştur. Ekonomik faaliyetler genişledikçe, daha çok enerji ve madde ihtiyacı ortaya çıkmakta ve dolayısıyla daha fazla atık üretilmektedir (Norgate vd., 2006) Dolayısıyla devri akım şeması doğal kaynaklar ve atıkların sistem içindeki döngüsünü de içermelidir.



Kaynak: Harris ve Codur, 2004, 4.

Şekil 1.9. Enerjiyi ve Geri-dönüşümü İçeren Yeni Ekonomik Akım Şeması

Şekil 1.9'da yer alan enerjiyi ve geri-dönüşümü içeren yeni ekonomik akım şemasında tek net girdi "güneş enerjisi" ve tek net çıktı "atık ısı"dır. Diğer her şey küresel ekosistemde tekrar dönüştürülmekte ya da birikmektedir. Ekonomik aktivite, ekolojik döngüden elde edilen enerji ve materyallerin kullanılarak *çıkıtı* elde edilme sürecidir (The Economy and the Environment, 2005).

Sonuç olarak çevre ile insan aktiviteleri arasındaki ilişki ekonomik akımın içsel döngüsü ile ekolojik akımın dışsal döngüsü arasındaki ilişkinin önemli noktalarını tanımlamaktadır. Dolayısıyla doğal kaynaklar ve çevresel ekonominin ele alınmasında ekonomik ve ekolojik olmak üzere iki yaklaşım mevcuttur.

1.3.2.2. Ekonomik Yaklaşım

Ekonomik yaklaşım kalkınmanın sürekliliğini sağlamak ve yaşam kalitesini yükseltmek için çevreyi bir sermaye olarak değerlendirmektedir. Çevre kaynaklarının kullanımında, kaynakların uzun dönemdeki ekonomik değerlerini yansıtacak kriterler kullanılarak çevrenin değer ve maliyetleri ekonomik karar ve politikalara entegre edilmektedir. Sosyo-ekonomik faaliyetlerin sürekliliğini sağlamak için, doğal kaynak talebi ile sınırlı doğal sermaye arasında optimum dengeyi sağlayacak alternatifler

seçilmektedir. Dolayısıyla yaklaşımda taşıma kapasitesi dikkate alınmamaktadır (Alpar, 1993: 104-106).

Ekonomik yaklaşım üretim faktörleri ile mal ve hizmetler için uygulanan ekonomik değer biçme yöntemini doğal kaynak ve atıklar için kullanmaktadır. Yani bu yöntem ekonomideki her bir doğal kaynak ve çevresel girdi yanında kirlilik ve atıkların yol açtığı zararlar için parasal değer belirlemektedir. Fiyatlandırma mekanizması kaynakların ve çevresel zararın gerçek değerini tam olarak yansıtmada ne ölçüde yeterli ise, bu tür faktörlerin piyasaya-yönelik ekonomik analiz içine dâhil edilmesi de o kadar kolay olacaktır (The Economy and the Environment, 2005)

1.3.2.3. Ekolojik Yaklaşım

Ekolojik yaklaşım tüm insan aktivitelerini içeren ekonomik aktiviteyi biyolojik ve fiziki sistem kapsamında ele almakta ve neo-klasik ekonomistleri fiziksel sınırlandırmaları içeren termodinamik kanunları dikkate almamaları konusunda eleştirmektedir (Ockwell, 2008: 4603). Bu yaklaşım, ekonomik sistemi kapsamlı ekosistemin bir alt kümesi olarak görmektedir (Martinez ve Alier, 1987).

Biyofiziksel modeller aracılığıyla temsil edilen ekolojik ekonomiye göre, stok değil akım bir değişken olan enerji birincil bir üretim faktörüdür. Sermaye ve işgücü ise enerji aracılığıyla oluşturulduklarından ara girdi konumundadırlar (Stern, 2010: 36). Dolayısıyla sermaye, kaynaklar ve teknolojik gelişme arasındaki ikamenin kaynak kıtlığını hafifletmede sadece sınırlı bir rol oynadığını savunmaktadırlar (Stern, 1997a: 147).

İktisatçıların kıtlık kavramı üzerinden tanımladıkları temel iktisadi sorun ekolojik sistem açısından değerlendirildiğinde, kıtlık sorununun çevresel kaynaklar için de geçerli olduğu görülmektedir. Maden rezervleri ve fosil yakıtlar üretim için önemli girdiler sağlayan yenilenemez nitelikteki doğal kaynaklardır ve kıtırlar (Günsoy vd.,2013: 14). Ekolojik ekonomistler enerji arzı, doğal kaynak kıtlığı ve kümülatif çevresel zararı ekonomik büyüme önünde bir kısıt olarak değerlendirmektedir. Diğer yandan doğal kaynaklar ve ekolojik hizmetleri üreten *doğal sermaye* ile insan sermayesi ve üretilmiş sermaye arasında ayırım yapmaktadırlar (Cleveland, 2003: 6).

Martinez-Alier (1987) ve Cleveland (1987)'nin belirttiği gibi, ekolojik ekonomi ve doğal bilimlerin kökü 17. yüzyıla dayanmakta ve bu yaklaşım ile ilgili ilk çalışmalar 1960 ve 1970'lerde başlamaktadır. Kenneth Boulding (1966) "The Economics of the Coming Spaceship Earth" adlı çalışmasında ekolojik ekonomiyi, insan refahındaki artışın materyal tüketimindeki büyümeye dayandırıldığı "sınırlar ekonomisi"nden refahtaki artışın artık materyal tüketimindeki büyüme tarafından tetiklenmediği "uzay ekonomisi"ne doğru geçiş olarak açıklamaktadır. Bu analiz, kaynakların ekonomik sistem içinde pazarlandığı bir yapıdan, ekoloji ve ekonomik sistemin karşılıklı bağımlılığına dayanan biyofiziksel yaklaşıma kaymasını içermektedir (Martinez ve Alier, 1987; Cleveland, 1987).

Ekolojik ekonomi yaklaşımında temel kabul edilen modellerden biri de Barilloche'ye ait modeldir. Model "azgelişmiş ülkelerin gelişmiş sanayi ülkelerinin yaptıkları yanlışları tekrarlamadan kendi gelişme yollarını yaratmaları gerektiğinin" altını çizerek "ekolojik gelişme" (ecodevelopment-konsept) stratejisine atıfta bulunmaktadır (Kartal, 2007: 119). Modelin temelinde yatan düşünceye göre, GSMH'nin yalnızca temel ihtiyaçların giderilmesi garanti altına alınıncaya kadar, başka bir ifadeyle arzu edilen yaşam düzeyine ulaşıncaya kadar yükseltilmesi zorunlu görülmektedir. Temel ihtiyaç maddelerinin giderilmesinden sonra, üretici güçlerin bir kısmı malların kalitesinin yükseltilmesinde ve hizmet sektörünün iyileştirilmesinde kullanılması gerekmektedir (Herrera, 1977: 117).

Aslında ekolojik ekonominin ele aldığı temel problem, ekolojik sistem ile ekonomik sistem arasındaki karşılıklı ilişkinin sürdürülebilirliğidir (Costanza, 1980: 1223). Ekonomik sisteme enerji, materyaller ve çevreden elde edilen ekolojik hizmetler sunarak üretim süreçlerinin temel girdisini oluşturan ekolojik sistem aynı zamanda ekonomik faaliyetler sonucu oluşan her türlü atık ve emisyonlarında alıcısı durumundadır (Dağdemir, 2003: 13; Cleveland, 2003: 6). Diğer bir ifadeyle ekolojik ve ekonomik yaklaşımın birleşme noktası materyal ve enerji akımıdır (Cleveland vd., 1984).

1.3.2.4. Çevre ve Ekonomik Aktivite İlişkisinde Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı

Temel endüstri sistemlerinin yetersiz olduğu ve enerji kullanımının düşük olduğu düşük gelir grubundaki ülkeler fazla çıktı üretme yeteneğine sahip değildirler. Bu nedenle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensel bir ilişki mevcut değildir (Huang vd., 2008: 50). Ancak bu ülkelerde gelir düzeyindeki artışla ve sanayileşmenin enerjinin daha yoğun olarak kullanılmasını gerektirmesiyle beraber enerji yoğunluğunun artması beklenmektedir (Leach vd., 1986: 28). Diğer yandan gelir düzeyindeki artışla birlikte endüstriyel aktivitelerden ötürü enerji tüketiminin kirlilik ve atık şeklindeki negatif dışsallığı da artmaya başlayacaktır. Çünkü düşük ve orta gelirli ekonomiler doğal kaynaklardan faydalanmaya daha çok bağımlıdır (Barbier, 2005: 13). Ayrıca bu ülkelerde endüstriyel potansiyel genişlediği için, yüksek kirliliğe yol açan endüstrilere mekân avantajı sağlayacağından gelişmiş ülkeler kirliliğe yol açan aktivitelerini bu ülkelerde gerçekleştireceklerdir. Sonuç olarak kirlilik problemi çözüm gerektiren büyük bir sorun halini alacaktır (Huang vd., 2008: 49-50).

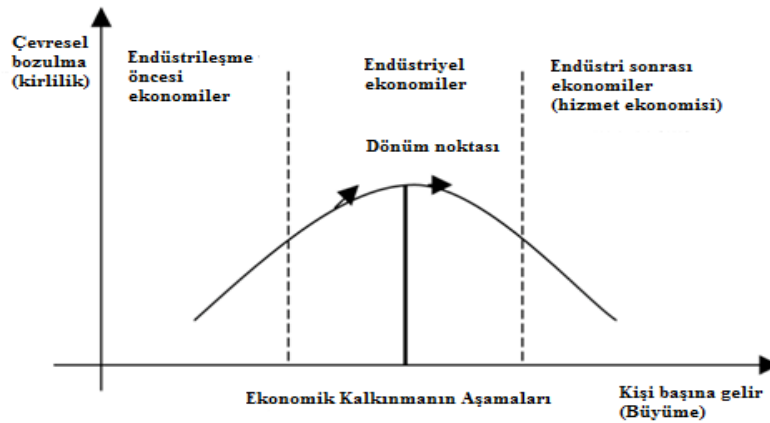
Gelişme sürecinin daha ileriki aşamalarında ise ülkeler artık nispeten düşük üretim maliyetlerine sahip olacaklardır. Ancak çevrenin korunmasına ve ilgili çevresel düzenlemeler konusunda halen duyarlı olmadıklarından enerji kaynaklarının kullanımında kirlilik devam etmektedir. Bununla beraber gelirin belirli bir eşik değerini aşmasıyla birlikte, çevresel korumaya daha fazla kaynak ayrılmaya (Todaro ve Smith, 2011: 469) ve daha düşük kirliliğe yol açan üretime doğru kayılmaya başlanacaktır. Yani gelir belirli bir düzeye ulaştıktan sonra gelir arttıkça kirlilik düzeyi azalmaya başlayacaktır (Arrow vd., 1995: 92).

Yüksek gelirli ülkelerde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki zayıflamakta ve enerji tüketimi ekonomik büyümeye yol açmamaktadır. Ancak gelir arttığı için muhtemel çevresel kirlilik konusundaki farkındalık artmakta ve çevresel zararlar ve kaynak atıklarından kaçınmak için enerji tüketimini azaltmaya yönelik politikalar üzerinde yoğunlaşmaktadırlar (Morriss, 2010).

Gelir düzeyi ile kirlilik düzeyi arasındaki ilişki, 1990'lı yıllarda Kuznets eğrisi yaklaşımının iktisadi büyüme ile çevre kirliliği ve çevre tahribatı için de kullanılmaya başlaması daha belirgin bir boyut kazanmıştır. İktisadi büyüme ile birlikte çevre kirliliğinin ve/veya çevre tahribatının önce artacağı ve daha sonra azalacağı, yani ters U

biçiminde olacağına ilişkin görüşe literatürde “Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi (ÇUKE)” adı verilmektedir (Başar ve Temurlenk, 2007). ÇUKE, standart Kuznets eğrisinin, büyüme ve kalkınma düzeyi ile kaynak kullanımı ve dolayısıyla çevresel bozulma arasındaki ilişkiye dayanarak gelişme düzeyi ile kirlilik arasındaki ilişkiye uyarlanmış biçimidir (Panayotou, 1993: 3). Kısaca eğri kirlilik düzeyi ile gelir düzeyi arasındaki ters U biçimindeki ilişkiyi yansıtmaktadır. Ayrıca ÇUKE çevresel problemlerin ekonomik büyüme ve kalkınma aracılığıyla üstesinden gelinebileceğini göstermektedir (Barbier, 2005: 13). Diğer yandan Çevresel Kuznets eğrisi ilişkisinin çok uzun dönemde geçerli olsa bile, bazı çevresel zararların geri döndürülemez olduğu unutulmamalıdır (Todaro ve Smith, 2011: 469).

Şekil 1.10.’daki Çevresel Kuznets Eğrisinde de görüleceği gibi gelir düzeyi dönüm noktasına ulaşıncaya kadar çevre kirliliği artmakta, bu düzeyden itibaren azalan bir seyir izlemektedir. Çevre kirliliğinin maksimum olduğu nokta ise ekonomilerin endüstriyel sürecine denk gelmektedir. Ters U ilişkisinin var olması, bir ülkenin gelişme sürecinde, sürecin ilk aşamasında belirli bir çevresel bozunmanın kaçınılmaz olduğunu ve daha sonraki aşamalarda bu bozunmanın artacağını ve bunun ekonomik büyümenin bir sonucu olduğu anlamını taşımaktadır (Panayotou, 1993: 7)



Kaynak: Panayotou, 1993: 7

Şekil 1.10. Çevresel Kuznets Eğrisi

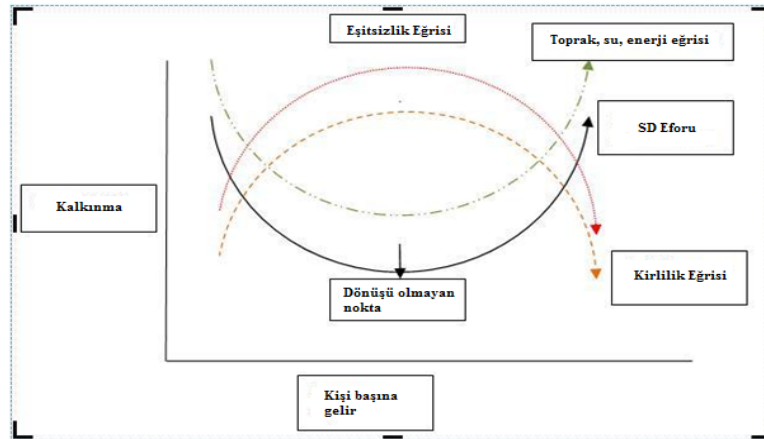
Ekonomik büyüme, çevre ve enerji tüketimi arasındaki karşılıklı etkileşim birlikte ele alındığında ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin çevresel boyuttan bakıldığında da mevcut olduğu görülmektedir. Daha önceden de belirtildiği gibi enerji tüketiminin çevre üzerinde olumlu ve olumsuz etkileri birlikte meydana

gelmektedir. Dolayısıyla aslında enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki net etkisi bu zıt yöndeki etkilerin birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Panayotou (1993), bir ülkede doğal kaynaklar, çevre ve ekonomi arasındaki ilişkinin 5 temel faktöre bağlı olduğunu savunmaktadır. Bu faktörler,

- 1-Ekonomik aktivite düzeyi ya da ekonominin boyutu,
- 2-Ekonominin sektörel yapısı,
- 3-Teknoloji türü,
- 4-Çevresel konfor,
- 5-Doğal kaynakları koruma ve çevresel harcamalar ile bunların etkinliği şeklinde sıralanmaktadır (Panayotou, 1993: 2).

Yukarıdaki faktörlere bakıldığında çevresel konumun enerji tüketimi ile ilgili bağlantısı açıkça görülmektedir. Dolayısıyla ÇUKE'nin kirlilik ile gelir düzeyi arasındaki ilişkiyi ifade etmesinin arkasında, kirliliğin kaynağı enerji tüketimi olduğundan (Huang vd., 2008: 46) enerji tüketimi ile gelir düzeyi arasındaki ilişki yatmaktadır. ÇUKE hipotezini savunan ekonomistlerin birçoğu ekonomideki yapısal değişimden ötürü mal ve hizmet bileşimindeki değişim, kaynak kullanımının etkinliği, girdi bileşimi ve teknolojik değişim üzerinde yoğunlaşmaktadır (Barbier, 2005: 19).



Kaynak: Morriss, 2010.

Şekil 1.11. Çevresel Kalite, Enerji Tüketimi ve Kalkınma İlişkisi

Morriss (2010), çevresel kirlilik ile gelir düzeyi arasındaki ilişkiyi veren ÇUKE eğrisine farklı bir yaklaşım getirerek, ilişkiyi gelir düzeyi ile çevresel kalite perspektifinden ele almıştır. Temelde her iki yaklaşımda aynı noktaya ulaşmaktadır.

Şekil 1.11.'de görüldüğü gibi ülkelerin kalkınmaya başlamasıyla birlikte enerji tüketimi arttığından çevresel kalite düşmektedir. Kirlilik düzeyinin maksimum düzeye ulaştığı noktadan sonra çevre kalitesi artmaya başlamaktadır. Çevresel kalitedeki artışın nedeni firma ve toplam ekonomi düzeyinde enerji ve kaynak tüketiminin azaltmasıdır. Çünkü çelik, alüminyum ve kâğıt gibi yüksek enerji yoğun endüstriler daha fazla enerji etkin çalışmaya başlamakta, ayrıca enerji tüketimi gerektiren mal ve hizmetlerde enerjiyi daha etkin kullanmaktadır (Morriss, 2010). Dolayısıyla ÇUKE temelde kalkınmayla birlikte enerji tüketiminde yaşanan yapısal değişimi içermektedir.

Gelir düzeyi ile çevre kirliliği arasındaki ilişkinin ters U biçimindeki şeklinin açıklanmasında kullanılan *ölçek*, *kompozisyon* ve *teknoloji etkileri* de ÇUKE'nin temelinde enerji tüketiminin olduğu iddiasına kanıt olarak gösterilebilmektedir. *Ölçek etkisi*, ÇUKE'nin *artan* kısmının, *kompozisyon etkisi* ile *teknoloji etkisi* ise ÇUKE'nin *azalan* kısmının açıklanmasında kullanılmaktadır (Başar ve Temurlenk, 2007).

Ölçek etkisi, ekonomilerin büyümesiyle beraber üretim ölçeğindeki artışlar ile çevresel kaynak girdisi kullanımı miktarını ve oluşan atık ve emisyon miktarını ilişkilendirmektedir (Barbier, 2005: 19). Gelirdeki artışla birlikte kullanılan doğal kaynak girdi miktarı ve çevre kirliliğinin de arttığı görülmektedir (Grosman ve Krueger, 1991: 3–4).

Kompozisyon etkisi ise ekonomik faaliyetlerde görülen yapısal değişim ve kaymaların doğal kaynaklar ve çevre üzerindeki pozitif etkilerini açıklamaktadır. Gelişmiş dünya ülkelerinin kalkınma deneyimlerinden de görülebileceği gibi, ülkelerin gelirlerinin artması ile birlikte tarımdan sanayiye, sanayiden de hizmetler ve bilgi sektörüne doğru bir geçiş sürecini ifade eden bir yapısal değişim yaşanmaktadır (Panayotou, 1993: 14). Bu değişim sürecinde tarımdan sanayiye geçişte kaynak kullanımında ve çevresel bozulmalarda artış yaşanmaktadır. Ancak sanayi sektöründen hizmetler ve bilgi sektörüne doğru geçişte, hizmetler ve bilgi sektörleri sanayi sektörüne oranla daha az doğal kaynak kullandıklarından (Grosman ve Krueger, 1991: 7), çevre bozulmalarında ve kirlilikte azalmalar ortaya çıkmaktadır (Barbier, 2005: 19).

Son olarak *teknoloji etkisine* göre, ülkelerin refahlarının artması ile birlikte araştırma ve geliştirme çalışmaları için ayrılan fonlarda artış göstermektedir. Sonuç olarak eski ve kirlilik yayan teknolojilerin yeni ve çevre dostu teknolojilerle ikame

edilmesi ile birlikte çevre kalitesi artmaya başlamaktadır (Borghesi, 1999: 6–7; Gorman, 2001). Diğer bir ifadeyle endüstrileşmiş ülkeler, atık ve karbon emisyonunu azaltmayı amaçlayan politika dürtüleri taşıdıklarından enerji etkin teknolojilere yönelmektedirler (Jorgenson vd., 1992).

1.3.2.5. Sürdürülebilir Kalkınmanın Tanımı ve Gelişimi

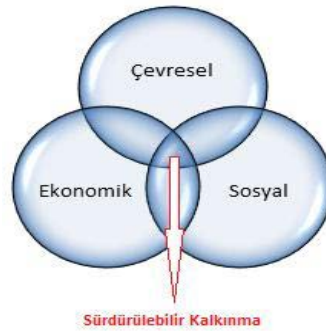
Çevresel konulara karşı farkındalıkla birlikte doğal kaynaklar ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki 1980’lerden itibaren sürdürülebilir kalkınma kavramı çerçevesinde ele alınmaya başlamıştır (Weil, 2013: 493). Sürdürülebilir kalkınma resmi olarak ilk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından yayımlanan “Ortak Geleceğimiz” (Brundtland Raporu) adlı raporda kullanılmıştır. Tanıma göre sürdürülebilir büyüme, “mevcut üretimin ihtiyaçlarını gelecek nesillerin ihtiyaçlarından taviz vermeden karşılamak” şeklinde ifade edilmektedir (World Commission on Environment and Development, 1987: 7).

Kalkınma sürecindeki klasik tanımda sürdürülebilirlik, “sadece tüm sermaye stokunun değeri sabit kalır ya da zamanla yükselirse” mümkündür (Pearce ve Warford, 1993: 2). Ancak bu açıdan bakıldığında, doğal kaynaklar ve diğer sermaye biçimleri sınırlı bir ölçekte ve sınırlı bir derecede sürdürülebilmektedir. Diğer yandan çevre belirli bir düzeye kadar bozulduktan sonra, doğal kaynaklar ve diğer sermaye biçimleri tamamlayıcı olarak hareket etmektedirler. Üretilmiş sermaye genellikle minimum düzeyde çevresel hizmetler olmaksızın verimsiz olarak değerlendirilmektedir (Todaro ve Smith, 2011: 467). Dolayısıyla gelecekteki büyüme ve hayat kalitesi kritik olarak çevre kalitesine bağlıdır. Çevresel problemlerin çözümü, kaynakların verimliliğinin artırılması (Todaro ve Smith, 2011: 466) ve teknolojik değişim aracılığıyla (Costanza, 1980) fakir ülkelerde yaşam koşullarının iyileştirilmesini gerektirmektedir. Sonuçta çevresel olarak sürdürülebilir büyüme ekonomik kalkınma tanımı ile eş anlamlıdır.

Sürdürülebilir kalkınmanın zaman içinde toplumların refahının azalmaması yönündeki hedefi doğal sermaye, fiziki sermaye ve beşeri sermayeden oluşan toplam sermaye stokunun yönetimini gerektirmektedir. Sermaye stokunun en iyi kullanımı ise sermaye bileşenleri arasındaki ikameyi gerektirmektedir. Doğal kaynaklarla insan yapımı sermaye arasındaki ikame ilişkisinin derecesine bağlı olarak iki farklı

sürdürülebilirlik varsayımı bulunmaktadır. Neoklasiklerin zayıf sürdürülebilirlik yaklaşımının karşısında, ekolojik iktisada dayanan güçlü sürdürülebilirlik yaklaşımı bulunmaktadır. *Zayıf sürdürülebilirlik yaklaşımı* savunanlar, sınırsız ikame olanakları olduğunu iddia ederek doğal kaynakların korunmasına gerek olmaksızın büyümenin bir miktar sınırlanarak devam edeceğini ileri sürmektedirler (Costanza vd., 1997: 50). Diğer yandan *güçlü sürdürülebilirlik yaklaşımı* çoğu çevresel hizmet veya doğal kaynağın tam ikame edilebilir olmadığı ve bunların kendilerini yenileme kapasitelerinin de çoğu kez sınırlı olması nedeniyle geri döndürülemez olduklarını varsayarak (Pearce ve Barbier, 2000; Arslan, 4) temel doğal kaynakların korunması gerekliliğini savunmaktadır (Barbier, 2005: 12).

Çevresel, ekonomik ve sosyal konuların ortak noktasını oluşturan sürdürülebilir kalkınma şematize edildiğinde üç daire modeli⁷ ortaya çıkmaktadır. Şeki 1.12.'de sunulan modele göre ancak ekonomik, sosyal ve çevresel anlamda eş zamanlı ve eşit kalkınma sürdürülebilirliği getirebilmektedir. Bu kısıtlama, çevrenin günümüzde ve gelecek nesillere yönelik toplumsal ve ekonomik ihtiyaçların karşılanabilirliğinde sınırlayıcı olduğunu ifade etmektedir. Bir başka ifadeyle çevresel açıdan refah olmadıkça toplumsal ve ekonomik açıdan da refahtan söz edilmesi mümkün değildir (Intership Series, 2007: 12).



Kaynak: Willard, 2010.

Şekil 1.12. Üç Daire modeli

1974 yılında kurduğu World Watch Enstitüsü'nün kuruluşundan 27 yıl sonra Lester L. Brown'un sürdürülebilir kalkınma ilgili şu ifadeleri aslında sürecin seyrini çok güzel özetlemektedir:

⁷ Three pillar veya three circles modeli.

“27 yıl önce World Watch’ı kurduğumuzda, azalan ormanlar, yayılan çöller, tahrip olan topraklar, bozulan mera alanları ve nesli tükenen türler konusunda endişeliydik. Kaybolan balık yatakları konusunda yeni yeni endişelenmeye başlamıştık. Şu anda sorunlar listesi çok daha uzun, yükselen karbondioksit seviyeleri, azalan taban suyu seviyeleri, artan sıcaklıklar, kuruyan nehirler, stratosferik ozon tükenişi, daha yıkıcı fırtınalar, eriyen buzullar, yükselen deniz seviyeleri ve yok olan mercan kayalıkları... Son çeyrek yüzyılda, birçok savaş kazanıldı, ancak dünyadaki çevresel tahribi durdurmak için yapılması gerekenler ile yapılabilenler arasındaki uçurum giderek büyüdü. Bir şekilde olayların gidişini bütünüyle değiştirmeliyiz” (Brown, 2003: 15).

1992 yılında gerçekleşen Rio Zirvesi’nin ardından kabul edilen Gündem 21’de hem ulusal ve ulusal düzeyde “sürdürülebilir kalkınma göstergelerinin geliştirilmesi” yönündeki çağrıda sürdürülebilir kalkınmaya dikkat çeken diğer bir kurumsal çabadır. Ayrıca devamında ülkelerin bu göstergeleri geliştirmeleri ve kullanabilmelerine yardımcı olabilmek amacıyla 1993 yılında “Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu” (UNCSD) kurulmuştur (Yıkılmaz, 2011: 44-46). UNCSD’nin dışında farklı kuruluşlar da sürdürülebilir kalkınmaya yönelik göstergeler sunan çalışmalar yayınlamışlardır. Birleşmiş Milletler tarafından yayımlanan “Binyıl Kalkınma Hedefleri Raporu”, OECD’nin kullandığı “OECD Çevre Göstergeleri” Avrupa Birliği’nin yayınladığı “AB Sürdürülebilir Kalkınma Göstergeleri” ve “Avrupa Çevre Ajansı Temel Göstergeler Seti” bunlar arasında en önemlileridir (Günsoy vd., 2013: 80).

Ayrıca sürdürülebilir kalkınma 2000 yılında Birleşmiş Milletlere üye 189 ülkenin Milenyum Gelişme Hedefleri (MDGs) başlığı altında yoksulluk problemini çözme ve diğer gelişme hedeflerini 2015’e kadar yakalamak için yayınladığı temel sekiz hedef arasında da yer almaktadır (United Nations Development Program, 2003). MDGs gelişme hedefinde ortak bir çaba anlamında önem arz etmesi nedeniyle küresel yoksulluğu çözme konusunda uluslararası komitelerin yayınladığı en güçlü beyandır (Todaro ve Smith, 2011: 23; Aksu, 2011: 6).

Düşük gelirli ülkelerin sürdürülebilirlik ve yapısal olarak dengeli bir büyüme ve kalkınma elde edebilmeleri halen uzak görünmektedir ve bu ülke ekonomilerinin doğal kaynaklara bağımlılığının orta ve uzun vadede muhtemelen süreceği tahmin

edilmektedir. Bu nedenle toplumlar cari ekonomik aktivitelerini refahı artıracak ve gelecek nesillerin en iyi durumda olacak biçimde ayarlayarak toplam sermaye stokunun ve doğal kaynakların en iyi kullanımını bulmalıdırlar (Barbier, 2005: 13-14).

1.3.3. Enerjinin İktisadi Büyüme ve Kalkınma Hedefi Açısından Ülkelere Etkisi

1.3.3.1. Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Açısından Enerjinin Önemi

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ülkenin ekonomik gelişme derecesine bağlı olarak farklılık göstermesi nedeniyle mevcut dinamik ilişkide ülkeler arasındaki gelir farklılıkları tanımlanması önem arz etmektedir. Gelişmiş ülkeler enerji kullanımının etkinliğini artırmak için gerekli düzenlemelerin uygulanmasına daha fazla kaynak ayırırken, gelişmekte olan ülkeler enerji etkinliği yerine endüstriyel üretime daha fazla kaynak ayırmaktadır. Huang vd. (2008) çalışmalarında ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki dinamik ilişkinin gelir gruplarına göre farklılık gösterdiğini vurgulamaktadırlar (Huang vd., 2008: 44).

Az gelişmiş ülkelerin birçoğunda, artan nüfusun hayatta kalabilmesi için gerekli kaynakların birçoğu şiddetli ve hızlı bir biçimde tüketilmektedir (Todaro ve Smith, 2011: 468). Dolayısıyla bu ülkelerde enerji talebi sürekli artmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise bir yandan var olan kaynaklardan daha fazla kişinin faydalanması için verimlilik sürdürülmeye çalışılırken diğer yandan gelişme sürecinde yol açılan çevresel tahribatın üstesinden gelinmeye çalışılmaktadır.

Yüksek gelirli gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi ekonomik büyümeye yol açmadığından, bu ülkelerin çevresel zararlar ve kaynakların atıklarından kaçınmak için enerji koruma politikalarına yoğunlaştıkları görülmektedir. Ayrıca endüstrileşmiş ülkelerde endüstriyel enerji tüketiminin bileşenleri de farklılık göstermektedir. Bu ülkelerde kaynaklarına göre enerji tüketimi, doğal gaz, petrol ürünleri ve elektriğin paylarının eşit ve stabil olduğu dengeli büyüme sürecine doğru yakınsamaktadır. Dolayısıyla bu ülkelerde enerji tüketimi çevreyi kirleten kaynaklara dayanmayan *nötr enerji tüketimi* biçimindedir (Jobert ve Karanfil, 2007: 5453).

Diğer yandan gelişmekte olan ülkeler, ekonomik gelişme hızlarına paralel olarak son 50 yılda enerji taleplerinde de hızlı bir artış yaşamaktadırlar (Jobert ve Karanfil,

2007: 5447). Geçiş ekonomileri gelir düzeyi ve nispi gelişme açısından heterojen ülkelerdir, fakat planlı ekonomilerin genel bir örneğidirler ve enerji yoğun üretim yapmaktadırlar. Bu ülkeler aynı zamanda genel bir yapısal reformu ifade etmektedirler ki bu reform ekonomik yapı ve çıktıda büyük bir kaymaya yol açmaktadır (Gorman, 2001). Birçok endüstriyel ülke gibi bu ülkelerin de yükselen enerji fiyatlarından ötürü enerji gereksinimlerini azaltmaları gerekmektedir.

Ekonomik geçişin, aynı zamanda farklı yakıtların nispi fiyatlarındaki değişimler ve talepteki değişimlere tepki olarak yakıt kullanımında değişimlere yol açması ve yeni teknolojinin eşlik ettiği teknik ikame seçeneklerini artırması beklenmektedir (Gorman, 2001). Diğer yandan hanehalkı ile endüstriyel enerji tüketimi karşılaştırıldığında gelişmiş ülkelerde konut ve endüstriyel enerji kullanımı birbirine yakınken, gelişmekte olan ülkelerde endüstriyel enerji tüketimi konut enerji tüketiminden yüksektir (Mahadevan ve Asafu-Adjaye, 2007: 2486-2487). Ayrıca gelir düzeyinin artmasıyla birlikte tüketim amaçlı enerji yoğunluğunun toplam yoğunluk içindeki payı da değişmektedir. Genel olarak kişi başına yüksek gelirli ülkelerde, tüketim amaçlı enerji yoğunluğunun arttığı gözlenmektedir (Leach vd., 1986: 31).

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ülkelerin gelir düzeylerine bağlı olarak değişmesinin yanı sıra ülkenin enerji ithalatçısı ya da enerji ihracatçısı olması da ilişkide farklılıklar doğurabilmektedir. Enerji ithalatçısı ülkelerde genel anlamda hem kısa hem de uzun dönemde enerji tüketimi ekonomik büyümeyi tetiklemektedir. Ancak gelişmiş ülkelerde sadece kısa dönemde enerji tüketimi ekonomik büyümeyi teşvik etmektedir. GSYH'deki bir artış ise hanehalkı ve üreticiler için enerji tüketiminde önemli bir genişlemeye yol açmamaktadır (Mahadevan ve Asafu-Adjaye, 2007: 2486).

Fiyatlar ve enerji tüketimi arasındaki ilişki açısından bakıldığında enerji fiyatındaki bir artış enerji ithalatçısı ülkelerde sadece uzun dönemde enerji tüketimini etkileyebilmektedir, çünkü enerji fiyatları kısa dönemde inelastiktir. Ancak uzun dönemde fiyat değişimiyle ilgili olarak yatırımlarda ve enerji kullanımındaki tüketim kalıplarında önemli değişimler yaşanabilmektedir (Mahadevan ve Asafu-Adjaye, 2007: 2486-2487).

Enerji ihracatçısı ülkelerin enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi değerlendirildiğinde, bu ülkelerin kaynak zenginliğinden ötürü enerji kıtlığı sorununun ekonomik büyüme önünde bir engel teşkil etmemesi beklenmektedir. Ancak bir ülkenin doğal kaynaklarından faydalanması ve uzun dönem büyümesini başlatarak söz konusu büyüme düzeyini sürdürme becerisi; yönetim, teknik beceri, piyasaları değerlendirmesi ve minimum maliyet düzeyinde ürün bilgisine bağlıdır (Todaro ve Smith, 2011: 72).

1.3.3.2. Doğal Kaynak İhracatçısı Ülkeler Açısından Enerji- Büyüme İlişkisi

Dünya nüfusunun büyük bölümü üretim ve yaşam koşulları daha elverişli olan yerlerde yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle hava sıcaklığının daha ılıman olduğu ve toprağın daha verimli olduğu yerlerde yaşayan nüfus sayısı daha fazladır. Zira olumlu coğrafik koşullar ülkelerin ticaretini ve gelirini belirleyerek diğer ülkelere kıyasla daha avantajlı konuma geçmesine yol açmaktadır.

Ekonomik çıktı üretiminde sermaye, işgücü, beşeri sermaye ve teknolojinin yanı sıra doğal kaynaklara da ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla sermaye başına daha fazla doğal kaynağa sahip ülkeler kaynağa sahip olmayan ülkelere göre daha zengindirler. Ancak kaynak zenginliği ve gelir arasındaki ilişki düşünüldüğünden daha karmaşıktır (Weil, 2013: 455-470).

19. yy'a kadar ekonomik büyümeyi belirleyen en önemli doğal kaynak topraktı. Toprağın önemi sürpriz değildir, çünkü endüstrileşme öncesinde bir üretim faktörü olarak toprak sermayeden daha önemliydi. Bununla beraber bir ülkenin doğal kaynak zenginliğinin ekonomik başarısının öncelikli belirleyicilerinden olduğunu kabul etmek zaman almıştır. Bir ülkenin gelirinin belirlenmesinde doğal kaynakların rolünü sistematik olarak değerlendirmek için, her bir ülkenin doğal sermayesinin dikkate alınması son yıllarda en sık kullanılan yöntemdir. Doğal sermaye, yeşil GSYH olarak adlandırılan bir ölçümün oluşturulmasıyla ulusal hesaplara dâhil edilebilmektedir. *Yeşil GSYH*, klasik olarak elde edilen GSYH'den o yılda tüketilen ya da tahrip edilen doğal sermaye değerinin çıkarılmasıyla elde edilmektedir (Weil, 2013: 470-471). Yeşil GSYH metodolojisini genişletebilecek diğer bir hesaplama çevresel bozulmanın hesaba katılmasıdır. Ancak çevresel bozulmanın hesaba katılması kirliliğin değerinin belirlenmesi konusunda sıkıntı yaratmaktadır.

Doğal sermayeleri yüksek ülkelerin kişi başına GSYH'lerinin da yüksek olması beklenmektedir. Ancak II. Dünya Savaşı sonrasında ekonomik büyüme ile doğal kaynaklar arasındaki ilişki belirsizleşmiştir. Kaynak yönünden fazlasıyla fakir olmasına karşın önemli bir oranda büyüme yakalamış göze çarpan ülkeler mevcutken, tam tersi bol kaynak zenginliğine sahip olmasına karşın fakir kalan birçok ülke vardır. Örneğin zengin altın ve gümüş kaynaklarına sahip Meksika ve Peru kaynak çıkarımını sürdürülebilir büyümeye taşıma konusunda başarısız olmuşlardır. Bu açıdan bakıldığında yeniden üretimi mümkün olmayan hammaddeler ve enerji kaynaklarının sınırlılığı ekonomik büyümenin önünde çok büyük bir engel oluşturmamaktadır (Herrera, 1977: 67), çünkü doğal kaynaklara sahip olmayan ülkeler kaynakları ithal ederek önemli boyutta ekonomik büyümeye ulaşabilmektedirler.

Doğal kaynaklara sahipliğinin ülkelerin gelir düzeyini artırdığı yönündeki görüşün birçok istisnası bulunmaktadır. Japonya, Güney Kore ve Belçika dünyanın kaynak yönünden en fakir ülkeleridir, fakat en yüksek kişi başına gelir düzeyine sahip ülkeler arasında yer almaktadırlar. Diğer yandan doğal kaynak ihracatından en çok rant elde eden MENA (Ortadoğu ve Kuzey Afrika) ülkelerinin ise kişi başına gelirleri oldukça düşüktür (Sözen vd., 2011: 91). Dolayısıyla daha doğru bir ifadeyle doğal kaynakların ekonomik büyüme için faydalı, ancak büyümeye ulaşmak için ne gerekli ne de yeterli şart olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Weil, 2013: 472-473).

1.3.3.3. Kaynak Laneti

Doğal sermayeye sahip olmanın ekonomik bir nimet sayılması beklenirken, son elli yıldır doğal kaynak gelirleri genellikle otoriter sistemlere ve fakir halk kitlelerine neden olmaktadır. Kaynak zengini ülkelerin yaşadığı bu olgu kaynak uğursuzluğu kavramına ile açıklanmaktadır (Sözen vd., 2011: 90). Kaynak laneti, kaynak bolluğunun ekonomik büyümeye engel olduğu durumu ifade etmektedir (Peach, 2011).

Hartwick (1977) ve Solow (1974 ve 1986) tarafından geliştirilen Hartwick-Solow Kuralı enerji-zengini ülkelerin farklı büyüme deneyimlerinden ötürü kaynak uğursuzluğuna yenik düşmesi konusunda bir hipotez ortaya atmaktadırlar. Kurala göre kaynak zengini ülkelerin kaynaklardan elde ettikleri rantın yeterli kısmını yeniden yatırıma dönüştürmeleri gerekmektedir (Özata, 2010: 110).

Kaynak uğursuzluğu çalışmalarının büyük kısmı kaynaklar ile büyüme arasındaki ilişkiyi gelir yakınsaması perspektifinden analiz etmektedir. Gelir yakınsaması literatürü, verili zaman periyodu için gelir büyümesini, çeşitli kurumsal ve ekonomik değişkenlerin bir fonksiyonu olarak tahmin etmektedir (Sachs ve Warner, 1995). Kaynak bolluğu bir yandan yolsuzluk düzeyini artırırken diğer yandan ülke yatırımlarını ve ARGE harcamalarını azalmaktadır. Ayrıca, doğal kaynak sektörüne bağımlı bir ekonominin sınırlı bir finansal sektörü mevcuttur (Papyrakis ve Gerlagh, 2007: 1020).

Doğal kaynaktan elde edilen rantın, ülkeler için lanet veya lütuf olduğu politik ekonomi modelleri ile açıklanmaktadır. Politik ekonomi modellerinde, yönetim fonksiyonlarının nasıl bozulduğu ve rantiyeci anlayışın kurumsal yapıları nasıl zayıflattığı belirtilmektedir (Sözen vd., 2011: 90).

Doğal kaynak ihracatçısı ülkelerin doğal kaynak zenginliği avantajlarını değerlendirememesi nedenleri ya da diğer bir ifadeyle kaynak lanetinin nedenleri üç temel başlık altında toplanmaktadır:

1-Aşırı Tüketim: Doğal kaynak ihracatçısı ülkelerde yeni bir kaynağın keşfi ya da kaynağın fiyatındaki ani bir artış söz konusu ülkenin ihracat kazanımlarında ve dolayısıyla gelir düzeylerinde beklenmedik bir artışa yol açacaktır. Doğal kaynaktan elde edilen rant, hem milli geliri ve istihdamı hem de sermaye birikimini etkilemektedir (Sözen vd., 2011: 90). Bununla beraber doğal kaynak ithalatçı ülkeler arzı devam ettirebilmek için ikame ya da yeni kaynak arayışına gireceklerinden kaynakların dünya piyasası fiyatları düşecektir (Weil, 2013: 473). Ayrıca enerji fiyatındaki bu artış enerji ithalatçısı ülkelerde sadece uzun dönemde enerji tüketimini etkileyebilmektedir, çünkü enerji fiyatları kısa dönemde inelastiktir. Ancak gelirdeki bu ani artış sonlandığında ülkeler, mevcut tüketim düzeylerini koruyabilmek için tasarruflarını (ve dolayısıyla yatırımlarını) azaltmak zorunda kalacaklardır. Sonuç itibarıyla ekonomik büyüme yatırım gerektirdiğinden, geçici bir kaynak patlamasından sonra (kaynak patlamasının bir daha gerçekleşmemesi kaydı ile) doğal kaynak ihracatçısı ülkeler açısından nihai sonuç daha düşük bir gelir düzeyi olacaktır. Diğer bir ifadeyle söz konusu ülkelerde doğal kaynakların yol açtığı gelirdeki ani artış geçici olma eğilimindedir (Mahadevan ve Asafu-Adjaye, 2007: 2486).

Diğer yandan net enerji ihracatçısı gelişmekte olan ülkelerde düşük hükümet tarifeleri ve yüksek tüketici desteklemelerinden ötürü enerji yurtiçinde yapay olarak ucuz bir düzeyde tutulmaktadır. Bu atık ve etkin olmayan bir enerji kullanımına yol açmakta ve bu nedenle de enerji tüketimi GSYH büyümesine dönüştürülememektedir (Mahadevan ve Asafu-Adjaye, 2007: 2486).

2-Endüstrileşme Dinamikleri: Doğal kaynakları ihraç eden ülkeler genellikle kendi tüketimleri için imal edilmiş mal ithal etmektedirler. İmalat sanayi mallarındaki bu ithalat eğilimi ise ülkenin kendi imalat sanayinde daralmaya yol açmaktadır. Bununla beraber imalat endüstrileri en hızlı teknolojik ilerleme yaşanan sektör olduğundan imalat malları ithal eden kaynak zengini ülkeler bu gelişmeleri yakalayamamakta ve uzun dönemde belki de başlangıçta doğal kaynak kıtlığı çeken ülkeden daha kötü durumda olmaktadır. Doğal kaynaklara sahiplik sürecinde yurtiçi imalat sektörünün zarar görmesine *Hollanda hastalığı* adı verilmektedir. Çünkü bu durum ilk kez 1960 yılında Hollanda sahilinde büyük doğal gaz alanlarının gelişmesinin ardından ülkenin imalat sektöründe daralma yaşanmasıyla gözlenmiştir. Zira ülkenin yatırımlarının büyük bir yüzdesinin doğal kaynaklar sektörü tarafından yönlendirilmesi diğer sektörlerdeki büyümeyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Ekonominin tek bir sektöre bağlı olması ekonominin uzun dönem büyüme potansiyelini azaltacaktır (Peach, 2011). Çünkü büyük bir doğal kaynak sektörünün varlığı istihdamın ekonomi içindeki dağılımını da değiştirmektedir (Vlahinić-Dizdarević ve Žiković, 2010: 40).

Hollanda Hastalığı Teorisi'nde belirtildiği üzere, ülkeye giren yüksek döviz miktarı ülke parasının değerlenmesine neden olarak ülkenin ithalat miktarını artırmaktadır. Ancak bu ülkelerdeki ihracat gelirinin çok yüksek miktarlarda olmasından dolayı, cari hesaplar sürekli olarak fazla vermektedir (WB, WDI 2010).

3-Politikalar: Kaynakların ekonomik gelişmeye neden dönüştürülemeyeceği yönündeki teoride ele alınan aşırı tüketim, Hollanda hastalığı ve bağlantı eksikliği olgularının tamamında hükümet politikaları ile kaynak lanetinin kaynak nimetine dönüştürülebileceği vurgulanmaktadır. Örneğin hükümet politikaları ile kaynak artışından elde edilen beklenmedik kâr tüketim için kullanılmak yerine yatırımlar ya da zor günler için kullanılabilir. Hartwick kuralına göre, eğer enerji-zengini ülkeler kaynakların azalmasından dolayı elde ettikleri rantın yeterli kısmını yeniden yatırıma

dönüştürülürse, sermaye düşük sürdürülebilirlik kriteri ile karşılaşılır (Peach, 2011). Benzer biçimde hükümet politikaları ile kaynak çıkartma ve ekonominin diğer sektörleri arasındaki ileri ve geri bağlantı kurulabilir. Ayrıca hükümet kaynak çıkarımından vergi toplayarak bu geliri altyapı ya da eğitim gibi kamu mallarında kullanabilir. Bu nedenle uygun hükümet politikaları ile doğal kaynakların varlığı önemli büyüme kazanımlarına dönüştürülebilmektedir (Weil, 2013: 475-476).

Doğal kaynakların uzun dönem gelişme sürecinde bir engel teşkil edeceği yönündeki hipotezin vurgulanan en önemli nedeni kurumların ve yönetimin kalitesiyle ilgilidir. İyi bir yönetim ve hükümet kurumlarının kaliteli olması beraberinde hızlı bir büyümeyi getirecektir. Bu nedenle enerji kaynakları, enerji politikası ve ekonomik gelişme arasındaki ilişki ağırlıklı olarak mevcut politik yönetim birimi tarafından belirlenmektedir (Chevalier, 2009: 136).

Merkezi planlama sistemi altında, üretim ve tüketim piyasa fiyatları, kaynakların kıt olduğu gerçeği dikkate alınmadan oluşmaktadır. Bu ekonomik sistem kaynakların etkin olmayan biçimde dağılımına yol açmakta ve piyasa eksikliklerine yol açarak belirgin bir dengesizlik ile enflasyon baskısına neden olmaktadır (Gorman, 2001: 12).

OECD ülkelerinde, son yıllarda enerji yoğunluğu artan bir biçimde azalırken, Sovyet Rusya ülkelerinde 1986'dan sonra artmıştır. Bunun nedenlerinden biri Sovyet ülkelerinin ulusal enerji geliştirme politikaları hedefleri ve sürdürülebilir enerji kaynakları mirasına sahip olmasıdır. Dolayısıyla yüksek enerji yoğunluğu, bozulmuş fiyat sistemi ve etkinlik gelişmelerini desteklemeyen dürtüler daha fazla enerji tüketimine yol açmaktadır (Gorman, 2001: 11).

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER ve ENERJİ-BÜYÜME İLİŞKİSİ ÜZERİNE LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. ENERJİ TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Enerji ile büyüme arasındaki ilişkinin niteliği, yönü ve boyutu konusunda farklı görüşler mevcut olmasına karşın, ilişkinin varlığı konusunda fikir birliği söz konusudur. Mevcudiyeti genel kabul gören bu ilişki literatürde çok geniş yer bulmakla birlikte ilişkiyi belirleyen, diğer bir ifadeyle güçlendiren ya da zayıflatan, unsurlar üzerinde fazla durulmamaktadır.

1990'lı yıllara kadar ekonomik büyümenin enerji tüketimini arttırdığı görüşü benimsenmiş ve bu amaçla kullanılan en önemli parametre enerji tüketiminin gelir esnekliği olmuştur. Enerji talebi fonksiyonlarının önemli bir kısmı, enerji yoğunluğunun sabit kaldığını ortaya koyarak birçok ekonomisti enerji tüketimiyle ekonomik büyümenin birbirinin katı biçimde bağlı olduğu sonucuna ulaştırmıştır. Dolayısıyla dünya enerji piyasasında yaşanacak bir darboğazın ekonomik büyümeyi duraklatacağı görüşü birçok politikacının korkulu rüyası haline gelmiştir (Özata, 2010: 103).

Diğer yandan geçmişte yapay ve yerel kaynak kısıtlamalarının ekonomik aktiviteleri sınırlandırmış olması gelecekte de aynı engellemenin yaşanacağı anlamına gelmemektedir (Costanza vd., 1997: 52). Zira toplumlar azalan kaynak arzına karşı tepki vereceklerdir. Tepkilerden ilki daha fazla kaynak çıkarımına yoğunlaşma, diğeri ise kaynak gereksinimini azaltma çabasıdır (McKinney, 2006: 157). Doğal kaynaklar ve enerji ile ilgili olarak mülkiyet hakkı, fiyatlar ve ikame fonksiyonları arasında tam anlamıyla bir bağ kurulabildiğinde, doğal kaynakların ekonomik büyüme üzerindeki etkisi sınırlandırılabilir. Aksi halde doğal kaynak eksikliği ekonomik büyüme üzerinde büyük bir tehlike olmaya devam edecektir (Weil, 2013: 484).

Dolayısıyla enerji tüketimindeki artışın ekonomik büyümeye yol açtığı daha önceki görüşün aksine ekonomik büyümeyi enerji kullanımından ayırıştırmak gerektiği

fikri önem kazanmaya başlayacaktır (Ockwell, 2008: 4600). Özellikle gelişmekte olan ülkeler, ekonomik gelişmeyle birlikte hızla artan enerji gereksinimlerini azaltma gereksinimi duyacaklardır (Jobert ve Karanfil, 2007: 5447).

Bu doğrultuda son yıllarda ekonomik çıktı ile kaynaklar arasında bir ayrışma olduğu ve bu nedenle de enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin sürekli değiştiği yaygın bir görüş haline gelmiştir (Bohi, 1989). Dolayısıyla enerji hizmetlerinin arzındaki genişleme dolayısıyla enerji çok önemli bir üretim girdisi haline gelmesine karşın enerjiye ulaşılabilirliğin ekonomik büyüme üzerindeki sınırlandırıcı etkisi geçmişe nazaran zayıflamaya başlamıştır (Stern ve Kander, 2010: 1-2). 1990'lardan sonraki çalışmaların çoğunluğu kıt olan enerji kaynaklarındaki azalışın negatif ekonomik etkilerinin enerji tasarrufu sağlayan teknolojik inovasyon, doğal sermaye ile insan sermayesi arasındaki ikame olanağı ve/veya yüksek kaliteli kaynak miktarının geniş çaplı olduğu sermaye yapısı gibi faktörler aracılığıyla hafifletilebileceğini ileri sürmektedir (Cleveland vd., 2000; Turner, 1997).

Ülkelerin enerji yoğunluğunda zaman içinde meydana gelen değişimler, iktisadi büyüme ile enerji tüketimi ilişkisinin nasıl değiştiği hakkında bilgi vermektedir. Ekonomik gelişmeyle birlikte enerji yoğunluğunun azalması, iktisadi büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin zaman içinde zayıflayacağı anlamını içermektedir (Leach vd., 1986: 11; Stern, 2010). Diğer yandan biyofiziksel ekonomistlerin birçoğu bu görüşe karşı çıkmaktadırlar. Onlara göre enerji/GSYH oranındaki azalma abartılmaktadır, çünkü analizlerden birçoğu enerji kalitesindeki değişimi dikkate almamaktadır (Cleveland vd., 2000). Dolayısıyla ekolojik ekonomistlerin görüşüne göre enerji kullanımını ekonomik büyümeden ayırıştırma imkanları çok sınırlıdır (Ockwell, 2008: 4603).

İktisadi büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkideki değişimin incelenmesinde diğer bilgi sunan unsur hanehalkının enerji tüketim yapısıdır. Toplam enerji kullanımının hanehalkı sektörüne ait payı 19. yy'da azalmış ve 20. yy'da ise kısmen sabit kalmıştır. Diğer yandan kayıt altındaki piyasalarda hanehalkının ekonomik aktivite içindeki payı artmıştır. Ekonomik aktivitenin hanehalkından piyasaya doğru kayması yönündeki yapısal değişim, enerji maliyet payındaki azalmanın tamamını açıklamasa da bir kısmını açıklayabilmektedir (Stern ve Kander, 2010: 23).

Genel anlamda enerji kullanımındaki değişmeleri belirleyen değişkenler, diğer bir ifadeyle enerji-büyüme ilişkisini etkileyen unsurlar şu şekilde sınıflandırmak mümkündür (Leach vd., 1986: 11; Stern, 2010):

1. Gelir Düzeyindeki Değişmeler ve Yapısal Değişim: Genel olarak gelir seviyesinin ve/veya gelir dağılımının değişmesi, nihai enerji tüketiminin hem dağılımını hem de seviyesini değiştirmektedir. Gelirdeki değişmeler, enerji talebini diğer talep unsurlarına göre daha fazla etkilemektedir (Peach, 2011). Benzer biçimde, iktisadi büyüme ile beraber ekonominin gerek sektörel dağılımı gerekse de bir sektör içindeki ürün kompozisyonu da değişmektedir. Zira sektörlerin farklı gelişme göstermesinden dolayı ekonomik çıktı bileşimi de değişmektedir. Bu değişim beraberinde enerji kullanım yapısının da değişmesine yol açmaktadır (Başar ve Temurlenk, 2007: 69).
2. Teknolojik Değişme: Artan enerji maliyetleri, daha sermaye yoğun fakat daha düşük enerji yoğunluğuna sahip üretim teknolojilerinin gelişmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla sektörel enerji talebini azaltıcı teknolojik gelişmeler enerji kullanım düzeyini değiştirmektedir (Warr and Ayres, 2010: 1689).
3. Enerji Bileşenindeki Değişim: GSYH başına birincil enerji kullanımındaki azalma kömür gibi düşük kaliteli yakıtlardan, elektrik gibi daha kaliteli yakıtlara doğru bir kaymanın yaşanmasından da kaynaklanabilmektedir (Cleveland vd., 1984).
4. Enerji İle Diğer Girdiler Arasındaki İkame: Üretim açısından, enerji ile diğer girdiler arasındaki ikame edilebilirlik, ekonomi genişlediğinde teknoloji düzeyi sabit olmak şartıyla enerji kullanımında bir artışın olmayacağı anlamına gelebilmektedir (Mahadevan ve Asafu-Adjaye, 2007: 2486).
5. Enerji Fiyatları: Kullanılan enerjinin daha ucuz ya da daha pahalı hale gelmesi de enerji kullanım düzeyinde değişime yol açmaktadır⁸ (Peach, 2011). Örneğin, reel enerji fiyatlarındaki artışlar, enerji yoğunluğu düşük ürünlere doğru bir gelişmeyi uyarmaktadır. Enerji fiyatlarındaki gelişmeler aynı zamanda kullanılan enerji çeşidinde de değişmelere yol açmaktadır. Bazı enerji kaynaklarındaki nispi olarak daha yüksek oranlı fiyat artışları, enerji kullanan birimlerin, daha düşük

⁸ Enerji fiyatlarının Enerji/GSYH oranı üzerinde asimetrik bir etkiye sahip olduğu unutulmamalıdır (Kaufmann, 2004: 74).

fiyat artışlarının yaşandığı diğer enerji kaynaklarına yönelmesine neden olmaktadır (Başar ve Temurlenk, 2007: 67). Dolayısıyla enerji fiyatlarındaki değişim sistemin içinde tepki verilen bir unsurdur.

Arz yönündeki değişmelerden dolayı fiyatların yükselmesi halinde her bir aktivitede kullanılan enerji miktarı azaltılmakta ve enerjiyle birlikte kullanılan sermaye ya da işgücü miktarı artırılmakta ya da düşük değerli bir aktivite ise enerji kullanımı durdurulmaktadır. Bu tepkiler yakıtın marjinal verimliliğini artırmaktadır (Cleveland vd., 2000). Dolayısıyla fiyat ve gelir genelde enerji yoğunluğunu ekonomik aktivitedeki değişim aracılığıyla değil, enerji etkinliğindeki değişimler aracılığıyla etkilemektedir (Metcalf, 2008: 1).

6. Ülke Politikaları: Enerji kullanımını azaltmaya ve karbon-dioksit emisyonunu yavaşlatmaya yönelik politikalar ekonomik büyüme üzerinde etki yaratacaklardır (Kaufmann, 2004: 63).

Stern (2010), enerji kullanımı ile ekonomik aktivite arasındaki ilişkiyi zayıflatan ya da kuvvetlendiren faktörleri analiz eden bir üretim fonksiyonu yaklaşımı kullanarak söz konu fonksiyonu aşağıdaki biçimde ifade etmektedir:

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

Q_i = Çıktı Çeşitleri (üretilen mal ve hizmetler)

X_i = Girdi Çeşitleri (sermaye, işgücü vb.)

E_i = Farklı Enerji Girdileri (kömür, petrol, vb.)

A = Toplam Faktör Verimliliği göstergesiyle tanımlanan teknoloji.

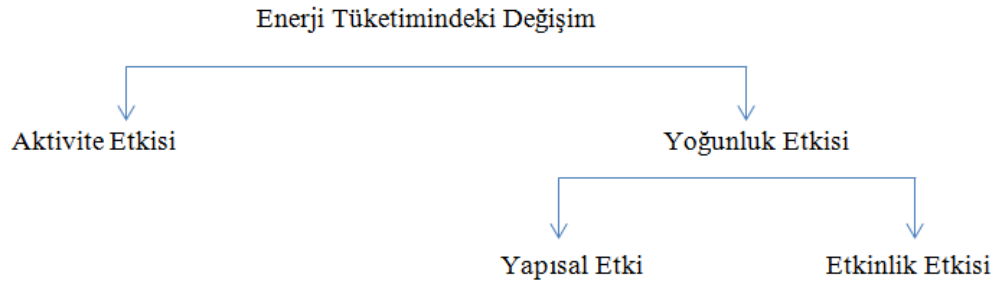
Enerji tüketiminde (enerji-büyüme ilişkisinde) değişime yol açan faktörlerden fiyat dışındakiler “Otonom Enerji Etkinlik Gelişmeleri AEEI” olarak adlandırılmaktadırlar (Azar ve Dowlatabadi, 1999: 520). Gerek ülke bazında gerekse bölgesel olarak enerji kullanımındaki değişimi belirleyen faktörler de farklılaşabilmektedir. Ayrıca bu unsurların yaratacağı etkilerin boyutu ve yönü farklılık arz etmektedir (Stern, 2010). AEEI teriminin bireysel endüstriler içindeki etkinlik gelişmelerinin etkisini içerip içermediği ya da aynı zamanda yapısal değişimin etkisini de içerip içermediği konusunda görüş ayrılıkları mevcuttur (Gardner and Elkhafif, 1998: 36).

Literatürde enerji yoğunluğunun ayrıştırılması ile ilgili çalışmalar, ülkeler arası karşılaştırma yapanlar ve belirli bir ülkedeki enerji yoğunluklarını açıklayanlar olmak üzere sınıflandırılabilir. Ülkeler arasında enerji yoğunluğundaki farklılığı açıklayan çalışmaların bir kısmı bu farklılığı, ülkelerin alt sektörlerindeki enerji yoğunluklarının farklı olmasına bağlamaktadırlar (Greening vd., 1997: 388).

Enerji yoğunluğu ve enerji tüketiminin tetikleyicilerini anlamak için kullanılan yaygın metotlardan biri ayrıştırma analizidir. Ayrıştırma analizi ekonomideki yapısal kaymaları, enerji kullanımındaki daha temel gelişmelerden ayırmaya olanak tanımaktadır. Bu ayrıştırma, imalat ve diğer ekonomik aktivitelerdeki hangi değişimlerin, enerji tüketimindeki gelişmelerin aksi yönde olmak üzere enerji talebini azalttığını göstermektedir (Metcalf, 2008: 1-2). Son 10 yıldır, enerji kullanımındaki değişimleri, bu değişime katkılarına göre özel faktörlere ayıştıran birçok çalışma yapılmıştır (Jenne ve Cattell, 1983; Howarth vd., 1991; Liu vd, 1992b; Wilson vd., 1994). Mevcut çalışmalarda enerji kullanımındaki gelişmelere katkıda bulunan faktörler 3 kısma ayrılmaktadır:

1. Aktivite ya da Üretim Etkisi: Ekonomik sektör aktivitesinin çıktı ya da düzeyine dayanmaktadır. Ulusal düzeydeki aktivite etkisi, GSYH ya da GSMH ile ifade edilebilmektedir (Sun, 1998: 86).
2. Yapısal Etki: Aktivite bileşimindeki değişimlere dayanmaktadır (Che ve Pham, 2012: 4). Bir sektörde ya da alt sektördeki aktivite, ekonominin bir bütün olarak büyüme hızından farklı bir büyüme hızıyla büyüdüğünde, ekonominin enerji yoğunluğunda ve dolayısıyla enerji tüketiminde genel bir değişmeye yol açan nispi bir kayma yaşanmaktadır (Farla ve Blok, 2000: 95-96)
3. Etkinlik Etkisi: Yapısal değişimden sonra bir ekonomide toplam-enerji yoğunluğunda meydana gelen değişmelerin geri kalanını ifade etmektedir. Toplam spesifik enerji tüketimindeki değişmeler teknik enerji-etkinlik değişiminin bir göstergesi olarak yorumlanmaktadır (Abdallat vd., 2011: 241).

Enerji tüketimindeki bir değişim, üç faktörün toplamı ile ifade edilmekte ve her bir etkideki hareketler ayrı ayrı analiz edilebilmektedir (Che ve Pham, 2012: 10). Enerji tüketimindeki veri bir değişim Şekil 2.1.'deki gibi etkilere ayrıştırılmaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi yapısal etki ve etkinlik etkisi birlikte yoğunluk etkisini oluşturmaktadır.



Kaynak: Che ve Pham, 2012, 10.

Şekil 2.1. Enerji Tüketimindeki Değişimin Ayrıştırılması

Otonom enerji etkinliği gelişmelerinin ekonomik büyümeyle birlikte enerji tüketiminde azalışa yol açması, bu gerçeğe ters düşen sonuçların asla yaşanmayacağı anlamına gelmemektedir. Bazı ekonomistler, enerji ulaşılabilirliğinin ekonomik büyümeyi tetiklediğini, diğer yandan, ekonomik büyümenin de enerji kullanımını artırdığını savunmaktadırlar (Cleveland vd., 1984). Bu açıdan bakıldığında, enerji kullanımını ekonomik büyümeden ayırıştırma daha sınırlı görülmektedir. Endüstriyel ekonomilerin toplam enerji yoğunluğu geçen yüz yılda istikrarlı olarak düşerken, enerji tüketimi yükselmeye devam etmiştir. Enerji tüketimini ekonomik büyümeden ayırıştırmada başarı sağlanamamasının en yaygın açıklaması, yeterince çabalanmamasıdır: enerji fiyatları oldukça düşük kalmıştır ve enerji etkinliğini destekleyen politikalar küçük ölçekli olmuştur, ayrıca yetersiz fonlar, zayıf ve/veya verimsiz planlamalar da buna yol açmıştır. Bununla beraber enerji tüketiminin azaltılmasında başarısız olunmasında alternatif bir açıklama, potansiyel enerji tasarrufunun çok olmasıdır. Genel olarak yansıma etkisi başlığı altında gruplandırılan çeşitli davranışsal tepkiler aracılığıyla ulaşılan enerji tasarrufunun boyutu azalmaktadır (Sorrell, 2010: 1788). Diğer yandan ayarlanmış ulusal gelir hesaplamaları ve ürünlerde yenilenemeyen kaynakların maliyetindeki azalma, bu maliyetlerin nispeten küçük olduğuna işaret edebilmektedir (Weil, 2013: 502).

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında ayırıştırmanın sağlanabilmesi için öncelikle enerji kullanımını kolaylaştıran mevcut teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasını belirleyen sosyal, ekonomik ve politik kurumların incelenmesi gerekmektedir. Zira kurumsal yapı karar birimlerinin davranışlarını belirlemektedir (Ockwell, 2008: 4603).

2.1.1. Teknolojik Değişim

2.1.1.1 Teknolojik Değişimin Tanımı ve Enerji Kullanımı Üzerindeki Etkisi

Neoklasik üretim fonksiyonu, herhangi bir zaman noktasında sınırsız sayıda üretim tekniğinin bir arada var olduğunu ve bu teknikler arasında ikamenin olduğunu varsaymaktadır. Daha etkin olan yeni bir teknik geliştirilmesi durumunda ise teknolojik değişim yaşanmaktadır (Stern, 2010: 15). Yani teknolojideki bir gelişme aynı miktardaki fiziki ve beşeri sermaye ile daha öncekinden daha fazla çıktı üretilmesi anlamına gelmektedir (Weil, 2013: 222).

Tüm kaynakların üretimde kullanılmasından dolayı büyümenin durduğu durağan durum ancak teknolojik değişim ile aşılabilmekte ve sermaye başına gelir arttırılabilmektedir. Diğer yandan beraberinde hayat standartlarında iyileşme ve daha önce tüketilmeyen yeni malların tüketilmesini de getirdiğinden teknolojik gelişme önemli bir olgudur (Weil, 2013: 221).

Diğer yandan üretimde yeni tekniklerin geliştirilmesi diğer üretim faktörleri yerine bilginin ikame edilmesi anlamına da gelmektedir. Bilgi ile diğer üretim girdileri arasındaki en önemli fark bilginin rekabetçi olmamasıdır. Yani aynı fikir aynı anda farklı konumlarda ve farklı üretim süreçlerinde kullanılabilir ve diğer konum ve üretim süreçlerinde kullanılan bilginin verimliliğinde hiçbir azalma meydana gelmemektedir. Dolayısıyla teknolojik değişimin en önemli yanı, azalan verimlerin maruz bıraktığı sınırların ötesine geçilmesine olanak tanınmasıdır (Stern, 2010: 15).

Teknolojik değişimin sınırlarını zorladığı bir diğer kısıt kaynak kıtlığıdır. Enerji kaynaklarının kıtlığı büyüme üzerinde bir engel olmasına karşın, enerji etkinliği teknikleri (Farla ve Blok, 2000: 94) aracılığıyla enerji tasarrufu sağlayan teknolojik ilerleme bu kıtlığın etkilerini hafifletme ve gelir düzeyini yüksek tutma gücüne sahiptir (Mahadevan ve Asafu-Adjaye, 2007: 2488; Smulders ve Nooij, 2003: 59; Warr and Ayres, 2010: 1689). Dolayısıyla teknolojik değişim ekonomik büyüme ile kaynak kullanımının ayrıştırılmasında hayati rol oynamaktadır (Mulder ve Groot, 2004; Cleveland, 2003). Özellikle fiyat asimetrisinin (enerji talebinin fiyat artışlarına, düşümlere nazaran daha çok duyarlı olması) ortaya çıkmasını sağlayan temel faktörün,

enerji tasarrufu sağlayan teknolojik gelişmeler olduğu kabul edilmektedir (Griffin ve Shulman, 2005: 19).

Dolayısıyla bir ülkenin gelişmişlik düzeyi, eskiden ürettiği çelik ve enerji miktarı ile ölçülürken günümüzde bu düzey, enformasyon teknolojisini oluşturan mikroelektronik, telekominikasyon ve bilgisayar teknolojilerinin olanakları ile elde edilen, işlenen, iletilen ve saklanan bilgi miktarı ile ölçülmeye başlanmıştır. Bu yeni dönemde gelişmişlik kriterlerinde fiziki miktarlar yerine, bilgiye ve yeni teknolojilere dayalı miktarlar ağırlıklı olarak yer almaktadır (Bayraç, 2003: 45).

Teknolojik değişim ülkelerin gelişme düzeyleri üzerindeki direkt etkisi yanında enerji kaynaklarının daha etkin kullanımına yol açarak da büyüme üzerinde katkı sağlamaktadır. Enerji ve kaynaklardaki azalma ve kirliliğin büyümeyi sınırlandırıcı etkisinin ancak yeni teknolojinin gelişimi ve yayılması ile elimine edilebileceği yönündeki görüşe “teknolojik iyimserlik” adı verilmektedir (Costanza, 2000: 342). Diğer yandan “teknolojik şüphencilik” görüşüne göre ise teknolojik değişme temel enerji, kaynak ya da kirlilik baskısını önleyemeyecek ve dolayısıyla materyale dayalı ekonomik büyüme devam edecektir (Costanza, 1980: 1221). Bu nedenle teknolojik iyimserlik görüşüne göre enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörler arasında yer alan teknolojik değişme verili düzeydeki çıktıyı üretmek için gerekli hem enerji hem de işgücü miktarında azalışa yol açmasından ötürü kritik bir açııklayıcı değişkendir (Madlener ve Alcott, 2009: 370). Enerji ve işgücü yoğunluğunun azalmasına karşın, çıktıdaki büyümenin açııklanması teknolojik değişimin niteliğinin incelenmesini gerektirmektedir (Schurr, 1983: 3).

Nötr, sermaye artırıcı ve enerji artırıcı olmak üzere üç tür teknolojik değişimden söz edilmektedir. Enerji-artırıcı teknolojik değişme, enerji yerine sermaye ve işgücü ikame söz konusu olmadan belli miktardaki enerji girdisi ile daha fazla ekonomik çıktı elde etme olanağı sunan teknolojik değişimi ifade etmektedir. Bu gelişme hem var olan ürünlerin daha enerji etkin üretimini hem de enerjiyi yeni ve daha verimli yollarla kullanan yeni ürünlerin geliştirilmesini içermektedir (Stern, 2010a; Stern ve Kander, 2010: 5). Kaynak-artırıcı teknolojik değişme ve/veya yakıt arz sisteminin geliştirilmesi, yakıt ve diğer kaynakların çevrede tespit edilme, çıkarılma ve rafine edilme maliyetleri

de dâhil olmak üzere enerji kıtlığının etkilerini azaltabilmektedir (Cleveland vd., 1984: 891).

Enerji artırıcı teknolojik değişimin belirlenmesinde teknolojik düzeyinin ölçümü için farklı yollar mevcuttur. Yaklaşımlardan öne çıkanlar aşağıda sıralanmaktadır:

●Mesafe Fonksiyonu Yaklaşımı: Diğer girdiler sabit olmak kaydıyla belirli bir düzeydeki çıktının üretimi için gerekli minimum enerji düzeyini araştırmaktadır.

●Enerji Artırıcı Teknolojik Değişme Endeksi: Bu yaklaşım, üretim fonksiyonunun yeniden formüle edilmesini içermektedir. Her bir girdi kendi teknoloji faktörü ile çarpılarak girdilerin ham birimleri olan “efektif(fili) birim” elde edilmektedir.

●Enerji Etkinliğinin Teknik Ölçümü: Bu ölçüm 20. yy. da ABD, İngiltere, Japonya ve Avustralya’da popülerlik kazanmıştır (Stern, 2010: 26).

Teknolojik değişme türleri çerçevesinde teknoloji ve girdi seçiminde etki eden üç güç olduğu sonucuna ulaşılmaktadır: düşük değere sahip olan girdi lehine ikame, düşük değere sahip girdinin etkisiz ve savurgan kullanımı ve hem uygulama hem de gelişme açısından girdiyi-minimize eden teknoloji güdüsünde azalma (Panayotou, 1993: 3). Dolayısıyla enerji fiyatlarındaki artışla birlikte işgücünün verimsiz kullanımı teknolojik gelişmeyi tetiklemektedir.

Diğer yandan teknolojik değişimin enerji kıtlığının etkilerini direkt olarak azaltmasının yanı sıra dolaylı etkileri aracılığıyla da enerji yoğunluğundaki azalışa katkı sağlamaktadır. Yapısal değişimin etkilerini artırmasından ötürü teknolojik değişme, enerji yoğunluğundaki azalmanın olması gerekenden daha fazla olmasına yol açmaktadır (Stern, 2010: 31). Ayrıca teknolojik değişme yüksek kaliteli yakıt kullanımının artmasına da katkıda bulunmaktadır (Cleveland vd., 1984: 893). Sektörlerin enerji tüketim çeşidindeki değişim, sektörün kullanmış olduğu teknolojiye bir değişimden kaynaklanabilmektedir (Tunç, 2004: 23).

Teknolojik değişimin bir diğer etkisi de kaynak çıkarma sektöründe görülmektedir. Bu sektördeki teknik ilerlemeler daha önceden ekonomik olmayan (Cleveland vd., 1984: 894) kaynak rezervlerini ulaşılabilir kılmaktadır (Herrera, 1977: 67). Sözü geçen teknik ilerlemeler kaynak çıkarımında gerekli üretilmiş ve doğal

sermaye için var olan azalan verimler durumunu dengelemektedir. Bu etkiler iki kanal aracılığıyla yaşanmaktadır:

1. Daha verimli ya da daha az kaynağa bağımlı teknolojiler aracılığıyla,
2. Yeni kaynakları kullanan teknolojilere geçiş yapılmasıyla (Madlener ve Alcott, 2009: 374).

Teknolojik değişim, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki karşılıklı dinamik ilişkinin uzun dönem için ele alınması önemlidir. Çünkü enerji yoğunluğundaki azalma potansiyeli ancak zaman içinde sermaye stoku ve yatırımların aşamalı biçimde yeni teknolojiye dönüşümü ile gerçekleşebilmektedir (Gorman, 2001). Yeni enerji kullanım teknolojilerinin yayılma hızı başlangıçtaki yüksek üretim maliyetlerinden ötürü daha yavaş iken, sonrasında yaparak öğrenme sürecinde bu maliyetler giderek azalmaktadır (Grübler vd., 1999). Dolayısıyla teknolojik değişim etkileri uzun dönemde görülebilen bir olgudur.

Etkileri itibariyle uzun dönem dinamiklerine sahip bir kavram olan teknolojik değişimin yaratılması sürecinde sermaye oluşumunda olduğu gibi yeni bir fikrin oluşturulması, düzenlenmesi ve uygulamaya konulması için yatırım yapılması ve dolayısıyla kaynak ayrılması gerekmektedir (Weil, 2013: 222). Bu nedenle özellikle enerji fiyatlarının yüksek olduğu dönemlerde enerji etkinliği sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi, araştırma ve geliştirme için ayrılan kaynakları tüketmekte ve ekonomik büyümeyi hızlandıracak olan yatırımları dışlamaktadır (Kaufmann, 2004: 82). Dolayısıyla enerji tasarrufu sağlamaya yönelik teknik ilerlemeler ülke ekonomisini bir tercih yapmaya yönlendirmektedir.

Teknolojik değişimin enerji-büyüme ilişkisindeki rolünü analiz ederken, en sık başvurulan araç ARGE harcamalarıdır. Modern ekonomiler yeni bir ürün ya da süreç yaratabilmek için sistematik bir çaba içinde ARGE harcamalarına geniş bir kaynak ayırmaktadırlar.

ARGE harcamalarının artması, kısa dönemde çıktı düzeyini düşürmekte, ancak uzun dönemde yükseltmektedir. Solow modelindeki fiziki sermaye yatırımları ile karşılaştırıldığında, ARGE harcamalarındaki bir artış çıktı büyüme oranında kalıcı bir artışa yol açarken, yatırım artışları çıktı düzeyinde sadece geçici bir büyümeye yol açmaktadır (Weil, 2013: 233-234). Diğer yandan zaman ilerledikçe yeni buluşların

geliştirilmesinin daha da zorlaşmasından ötürü ARGE harcamaları için azalan verimler geçerlidir (Evenson, 1991).

ARGE harcamaları genel anlamda 2 kategoriye ayrılabilir:

- 1- Süreç İnnovasyonları: Üretimin etkinliğini geliştiren teknolojik ilerlemelerdir. Firmanın üretim fonksiyonunu etkileyebilmektedir.
- 2- Ürün İnnovasyonları: Yeni ürünlerin elde edilmesi yanı sıra mevcut ürünlerin kalitesinin artırılmasını içermektedir. Üretim fonksiyonunu etkilemezken, çıktının kalitesini etkilemektedir (Popp, 2001: 219-220).

Teknolojik değişimin, enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi belirleme rolü, teknolojik değişimin içsel ya da dışsal bir değişken olmasına bağlı olarak değişmektedir. Teknolojik değişimin dışsal kabul edilmesi halinde otonom enerji etkinliği gelişmelerinden söz edilmektedir (Smulders ve Nooij, 2003: 60-62). Neoklasik kaynak ve büyüme modelleri teknolojik değişimi dışsal kabul etmekte, ancak yenilenemeyen doğal kaynakların içsel azalışı üzerinde odaklanmaktadır (Dasgupta ve Heal, 1979).

Teknik değişimin içsel bir değişken olarak kabul edildiği *uyarılmış teknolojik değişme* durumunda ise hem teknolojik değişimin direkt etkisi, hem de enerji fiyatlarındaki değişme aracılığıyla yarattığı etki göz önünde bulundurulmaktadır (Smulders ve Nooij, 2003: 62). Bu mekanizma, yüksek enerji fiyatlarının yapısal değişimi harekete geçirdiği talep-çekişli inovasyonları ve enerji kullanım etkinliğini artıran inovasyonları içermektedir (Kaufmann, 2004: 81). Diğer yandan uyarılmış teknolojik gelişme ile faktör ikamesinin (teknoloji sabit olmak üzere, üretimin eş ürün eğrisi üzerindeki bir hareket) birbirinden farklı kavramlar olduğu unutulmamalıdır (Popp, 2001: 235).

Enerji kullanım düzeyini azaltmaya yönelik politikalar, dışsal kabul edilen işgücü ve teknoloji düzeyini etkilemeden kişi başına gelir düzeyini düşürmektedir. Bunun yanı sıra enerji fiyatlarında yukarı doğru baskı yapmakta ve üretimde enerji maliyetinin payını artırmaktadır. Diğer yandan düşük enerji kullanım düzeyi, daha yüksek enerji payı aracılığıyla büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir. Çünkü enerji daha kıt olduğunda, enerjinin marjinal ürünü daha yüksek olmakta ve dolayısıyla verili enerji kullanım düzeyi gelir üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olacaktır. Bu durum

“*neoklasik kıtlık etkisi*” olarak adlandırılmaktadır. Enerji tasarrufu politikaları, daha düşük enerji kullanım büyüme oranına yol açması durumunda büyümeyi negatif yönde etkileyecektir. Bu duruma ise “*kaynakların büyüme etkisi*” denilmektedir (Smulders ve Nooij, 2003: 67). Uyarılmış teknolojik değişme durumunda, enerjiyle ilgili teknolojik değişme gelir düzeyindeki azalışı tamamen ortadan kaldırmamakla birlikte telafi etmektedir (Smulders, 1998).

Uyarılmış inovasyon konusunda belirtilmesi gereken diğer bir hususta, uzun dönem etkilerinin muhtemelen daha büyük olacaktır. Bunun nedenleri hem bilginin etkilerinin endüstri içinde yayılmasının zaman almasıdır hem de yüksek fiyatların birkaç yıl için yeni inovasyonları uyarabilir olmasıdır. Aynı şekilde bir endüstride firmalar arasında faydanın difüzyonu da zaman almaktadır (Popp, 2001: 237).

Otonom enerji etkinlik gelişmeleri ve uyarılmış teknolojik değişme ayrımı göz önünde bulundurularak teknolojik değişimin enerji kullanımı-büyüme ilişkisi üzerindeki etkisini açık bir biçimde analiz edebilmek için etkilerinin 3 kısma ayrılarak ele alınması daha faydalı olmaktadır:

1. Teknolojik değişimin bizzat kendi varlığının etkileri
2. Teknoloji eğilimin içsellik etkileri (uyarılmış teknolojik değişme)
3. Teknolojik değişme oranının içsellik etkileri (Smulders ve Nooij, 2003: 63).

2.1.1.2. Teknolojik Değişimin Büyüme Modeli Çerçevesinde Ele Alınması

Birçok modelde teknolojik değişme, işgücü ve sermayenin verimliliğini artıran insan bilgisindeki avantajlar ile güçlendirilen içsel bir tetikleyici unsur olarak kabul edilmekle birlikte direkt olarak ölçülememektedir (Cleveland vd., 1984: 894). Bunun yerine büyümenin sermaye ve işgücü gibi somut faktörler ile açıklanamayan kalıntı kısmı ile belirlenebilmektedir. Bu kalıntının değerinin teknolojik değişim ve/veya sermaye ve işgücü girdilerinin kalitesindeki değişimlerden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Ockwell, 2008: 4601).

Teknolojik değişim kümülatif bir süreçtir. Herhangi bir dönemde elde edilen inovasyon, gelecek yıldaki teknolojik uzmanlık düzeyinin başlangıç noktasını oluşturacak olan bilgi kaynağına aktarılmaktadır. Bu kümülatif süreç teknolojik değişimi stokastik bir süreç olmasına yol açmaktadır (Kaufmann, 2004: 79).

Jorgenson'un çalışması Berndt ve Wood (1975) ve Griffin ve Gregory (1976)'nın enerji tüketiminin zaman içindeki gelişimini inceleyen modellerine teknolojik değişimi dahil eden ilk çalışmadır. Bu çalışmalarda faktör talep eşitliklerini elde etmek için üretim ya da maliyet fonksiyonunun esnek bir formu kullanılmıştır. Jorgenson ve Fraumeni (1981), teknolojik değişimi yansıtmak için zaman trendini regresyona dahil etmişler ve sonuçta teknolojik değişimin zaman içinde çıktığı başına enerji kullanımını artırdığı sonucuna ulaşılmışlardır. Ancak çalışmanın veri aralığı 1958-1974 dönemini kapsadığından, 1970'lerde yaşanan iki büyük enerji krizini izleyen enerji tasarrufu sağlamaya yönelik birçok inovasyonu içermemektedir (Popp, 2001: 218)

Diğer yandan enerji tasarrufu sağlayan teknolojik değişimi kapsayan son dönem çalışmaların önemli bir kısmı (Berndt vd., 1993; Mountain vd., 1989; Sterner, 1990) teknolojik değişimi modele dahil etmek için zaman trendi kullanmıştır. Ancak zaman trendi kullanımının iki dezavantajından bahsetmek mümkündür. Dezavantajlardan birincisi enerji-tasarruflu teknolojilerin zaman içinde rassal olarak meydana gelmemeleri, bunun yerine enerji fiyatındaki değişimlerle ilişkili olmalarıdır. İkincisi zaman trendinin sadece ele alınan zaman periyodu boyunca meydana gelen *teknolojik değişimin tüm etkisini* yansıtabilmesidir (Popp, 2001: 218).

Teknolojik değişimleri dikkate alan yeni ekonomik büyüme modelleri ise sermaye, işgücü, enerji ve teknolojik değişimden oluşan üretim fonksiyonunu ele almaktadır. Enerji tüketimi ve enerjinin daha etkin kullanımını sağlayan teknolojik değişimin modele birlikte dâhil edilmesi üretimin daha iyi açıklanmasını sağlamanın yanı sıra enerjinin üretime katkısının ulusal hesaplarda sunulandan daha fazla olduğunu göstermektedir (Kümmel vd., 2002: 420).

Girdi olarak fiziki sermaye ve beşeri sermayenin olduğu bir ekonomide üretim düzeyi Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ile ifade edilecek olursa:

$$y = A k^{\alpha} h^{1-\alpha} \quad (2.2)$$

2.2. no'lu eşitlikle ifade edilen üretim fonksiyonunda A, teknolojik gelişmeyi; k işçi başına fiziki sermayeyi; h işçi başına beşeri sermayeyi; y ise işçi başına çıktıyı ifade etmektedir (Weil, 2013: 222).

Teknoloji ve geleneksel üretim faktörleri arasındaki fark, geleneksel üretim faktörleri birer nesne iken, teknolojinin somut bir varlık olmamasıdır. Teknolojik

değişimin diğer bir özelliği ise fiziki sermayeye göre daha düşük dışlanabilirlik derecesine sahip olmasıdır. Dışlanabilirlik bir mal ya da girdiye sahip olan kişinin diğerlerinin kendinden izin almadan kullanmalarını önleme derecesini ifade etmektedir. Çünkü teknik bir değişimin başkası tarafından kullanımını engellemek zordur (Weil, 2013: 224).

Teknolojik değişimin dışlanabilirlik derecesini artıran en önemli araç patenttir. Patent, hükümetin bir buluş sahibine belirli bir süreyle bu buluşu yapma, kullanma ve satma hakkının sadece kendine imtiyazını tanımasıdır. Patent firmanın yeni bir buluştan finansal bir fayda sağlayabilmesini kolaylaştıran ve bu buluşun diğer insanlara transferini zorlaştıran bir sistemdir. Yeni bir buluş ekonomi üzerinde etki yaratmadan önce bir patentle ticari kullanım için geliştirilmektedir. Gelişmenin bu süreci de inovasyon olarak adlandırılmaktadır (Grübler vd., 1999: 250).

Popp (2000 ve 2001) yılında yaptığı çalışmalarında teknolojik inovasyonun enerji tüketimi üzerindeki etkisini tahmin etmek için ABD’de her bir endüstri için patent verilerini kullanarak zaman içindeki enerji bilgi stokunu oluşturmuşlardır (Popp, 2001: 220). Çalışmanın modelinde enerjiyle ilişkili olmayan teknolojik değişimi ifade etmek için zaman trendi kullanılmıştır.

Çalışmada öncelikle endüstrilerin her birisinde kullanılan enerji patent sayısı hesaplanmıştır (Popp, 2001: 223). Herhangi bir t yılında i endüstrisine verilen enerji patentlerinin sayısı aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$PAT_{i,t} = \sum_j \omega_{i,j} PAT_{j,t} \quad (2.3)$$

$\omega_{i,j}$, i endüstrisi tarafından kullanılan IPC’nin j sınıfındaki patentlerin payını, $PAT_{j,t}$ ise t yılındaki IPC’ nin j sınıflandırmasındaki başarılı patent uygulamalarının sayısını ifade etmektedir.

Çalışmada daha sonraki aşamada enerji için bilgi stoku oluşturulmuştur. Yeni bir patent ile somutlaştırılan bir bilginin ekonomi içinde yayılması zaman alacağından, bilgi akışındaki gecikmeleri yakalamak için bilgi stoku yayılma oranını (β_2) da içermelidir. Diğer yandan bir patentin somutlaştırdığı bilgi zamanla eskimekte ve yerini daha yeni ve daha iyi buluşlar almaktadır. Bu nedenle yıpranma oranı (β_1) eski patentlerin değerini yitirmesini temsil etmek için kullanılmaktadır (Popp, 2001: 220). Gerçekte, zamanın

geçmesi bilgiyi zaman aşımına uğratmamakta, eski bilginin yerine yeni ve gelişmiş bilginin geçmesi eski bilgiyi kullanılmaz hale getirmektedir. Schumpeter bu süreci “yaratıcı yıkım” olarak adlandırmaktadır. Çalışmada tahmin yapılabilmesi için basitleştirici bir varsayım olarak bilginin yıprandığı kabul edilmektedir.

Enerji bilgi stokunun değeri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$K_{i,t} = \sum_{s=0}^{\infty} e^{-\beta_1(s)} (1 - e^{-\beta_2(s+1)}) PAT_{i,s} \quad (2.4)$$

Formülasyonda K bilgi stokunu, s cari yıldan önceki yıl sayısını göstermektedir. Yeni teknolojilerin endüstriyel enerji tüketimi üzerindeki etkisini elde etmek için bilgi stokunun ürün inovasyonunu değil de süreç inovasyonunu yakalaması önemlidir. Bu nedenle ürün için patent alan endüstriler dışlanmıştır.

Patentlerin farklı eğilimleri altında, endüstriler arasında karşılaştırma yapmak için çalışmada yeni bir enerji patentinden kaynaklanan enerji tasarruflarının, her bir endüstrideki patent başına düşen ortalama ARGE harcamaları ile karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmada ayrıca dikkat çeken bir nokta da bir patentin enerji tüketimi üzerindeki en büyük etkisinin patent uygulamasının başlangıcından itibaren 3 yıl içinde yaşanması, daha sonra yıpranma etkisi yayılma etkisini aştığından patentin etkisinin azalmasıdır (Popp, 2001: 224).

Teknolojiyi üretim modeline dahil ederek enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini dikkate alan diğer bir model Pokrovski (2003)’e aittir. Çalışmada sermaye stoku, işgücü hizmetleri ve verimli enerjiyi içeren basit bir üretim fonksiyonu tanımlanmaktadır. Sermaye ve işgücü geleneksel üretim faktörleri iken, verimli enerji ise verimlilikteki büyümeyi açıklamaktadır. Çalışma üretim faktörlerinin yanı sıra üretim ekipmanının kalitesinin bir göstergesi olan teknoloji değişkenleri için de dinamik bir eşitlik sunmaktadır. Geliştirilen eşitlik üretim sisteminin davranışını yansıtmaktadır (Pokrovski, 2003: 771).

Enerji kullanılabilir hale gelmesinde gerekli dönüştürme aktiviteleri için uygulanacak farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler teknolojinin somut bir ifadesidir (Pokrovski, 2003:771). Teknolojinin ifade edilebilmesi için önce sermaye tanımlanmalıdır. Bu amaçla modelde sermaye aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\frac{dK}{dt} = I - \mu K \quad (2. 5)$$

Eşitlikte dK/dt üretim sermayesinin zaman içindeki miktarını ve I üretim yatırımlarını göstermektedir. Üretim yatırımları, çıktının üretim ekipmanı olarak biriktirilen kısmını ifade etmektedir; geri kalan kısmı tüketime ayrılmaktadır. μ amortisman katsayısı, μK ise sermayedeki azalışı göstermektedir.

Üretim sermayesinin miktarı ve dağılımının zaman içindeki değeri yatırımların değerine bağlıdır. Diğer yandan üretim yapılabilmesi için gerekli olan iş, işgücü ya da aynı işi yapmak için kullanılan dışsal enerji kaynakları tarafından yapılmaktadır. Farklı miktarlarda tüketilen enerji ile işgücünün yaptığı iş aynı sonuçları vermektedir. İnsanın yaptığı iş, dışsal enerji kaynağının yaptığı iş ile ikame edilebiliyorken, üretim için ne kadar insan işgücü ve ne kadar dışsal kaynak (rüzgar, su, petrol) gerektiğini teknoloji belirlemektedir (Pokrovski, 2003: 772).

Üretim düzeyinin artırılabilmesi için ek işgücü ve enerji gerekmektedir. Dolayısıyla işgücü ve verimli enerji aşağıdaki eşitliklerle ifade edilmektedir:

$$\frac{dL}{dt} = \lambda I - \mu L \quad \frac{dS}{dt} = \varepsilon I - \mu S \quad (2. 6)$$

λI ve εI , gayri safi yatırımların yol açtığı miktarlardaki artışları; μL ve μS , üretim ekipmanının kullanılmayan kısmından kaynaklanan işgücü ve verimli enerjinin miktarındaki azalmaları göstermektedir. Dolayısıyla λ ve ε bir birim yatırım için gerekli işgücü ve dışsal enerji miktarını ifade etmekte ve tanımlanmış teknolojiyi simgelemektedirler. Teknoloji değişkenlerinin değeri aşağıdaki gibidir (Pokrovski, 2003: 772):

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{K}{L} \lambda \quad \bar{\varepsilon}(t) = \frac{K}{S} \varepsilon \quad (2. 7)$$

2.7. no'lu eşitliğe göre eğer teknoloji değişkenlerinin değeri 1'den küçükse, bu enerji-tasarrufu ve işgücü-tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanıldığını göstermektedir.

Üretim faktörlerinin reel büyüme oranları arasındaki ilişki ele alınarak teknoloji endeksinin (α) değeri elde edilmektedir:

$$\delta = v + \alpha(\eta - v) \quad \alpha = \frac{1-\lambda}{\varepsilon-\lambda} \quad (2.8)$$

2.8. no'lu eşitlikte δ sermayenin büyüme oranı, v işgücünün büyüme oranı ve η verimli enerjinin büyüme oranını ifade etmektedir (Pokrovski, 2003: 773).

Pokrovski (2003), toplum tarafından ne kadar enerjinin kullanılabilirdiğini ifade eden enerji arzının ulaşılabilir bilgi birikimi tarafından belirlendiğini ileri sürmektedir. Bu noktadan bakıldığında bilgi stoku ekonomik büyümenin gerçek kaynağı olarak görülebilir. Özetle teknolojik ilerlemenin temel sonucu, farklı donanımlı araçlar anlamında, insan enerjisi yerine dışsal kaynaklardan elde edilen enerjinin ikame edilmesidir (Pokrovski, 2003: 774-782).

2.1.1.3. Yansıma Etkisi

Ekonomik büyüme, teknolojik değişme ve kaynak kullanımı arasındaki ilişkiyi içeren (Madlener ve Alcott, 2009: 374) yansıma etkisi, enerji etkinliği gelişmelerinden kaynaklanan ekonomi-çapındaki net enerji tasarrufunun, etkinlikteki söz konusu gelişmenin kendisinin yol açtığı direkt enerji tasarrufu kadar büyük olmayacağını ifade etmektedir (Ockwell, 2008: 4600).

Herhangi bir enerji etkinliği gelişmesinin, teknolojinin yol açtığı tasarrufu dengeleyecek düzeyde toplam enerji tüketiminde net bir artışına yol açması (Berkhout vd., 2000; Brookes, 1990; Inhaber ve Saunders, 1994) üretim ve tüketimde yansıma etkisi olarak adlandırılmaktadır (Stern, 2010: 28).

Genel kanının tam tersi, enerji etkinlik gelişmeleri daha az toplam enerji tüketimine değil, enerji hizmetlerinin marjinal maliyetleri azaldığından, yansıma etkisi aracılığıyla daha fazla toplam enerji tüketimine yol açmakta ya da enerji tüketiminde azalmaya neden olmamaktadır. Dolayısıyla enerji tüketimindeki tahmin edilen azalmanın bir kısmı bu artışla dengelenmektedir (Sorrell, 2007). Bu açıdan bakıldığında enerji etkinliği politikaları ekonomik büyüme ve refah artışı amaçlarına katkı sağlamakta, ancak daha fazla kaynak kullanımına yol açarak geri tepebilmektedir. Bu etki uzun dönemde ekonomik büyümeyi önleyebilmektedir. Diğer bir deyişle kaynak kıtlığı teknolojik değişmeyi sınırlandırabilmektedir (Madlener ve Alcott, 2009: 370).

Enerji etkinlik gelişmelerinden kaynaklanan yansımaya etkisi önemlidir, çünkü ulaşılan enerji tasarrufunu azaltarak enerji tüketimini ekonomik büyümeden ayrıştırılmasını potansiyel olarak sınırlandırmaktadır (Sorrell, 2007). Etki; direkt, dolaylı ya da ekonomi-çapında olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Direkt yansımaya yeni bir teknoloji sonucu bir ürünün daha etkin üretiminden kaynaklanan mal ve hizmetlere duyulan ek taleptir. Direkt yansımaya etkisine örnek, bir arabanın yakıt etkinliğindeki bir gelişmenin, tüketicilerin daha fazla araba kullanmalarına yol açması ve bu nedenle toplamda öncekine göre daha fazla yakıt kullanılmasıdır. Dolaylı etkiye örnek, yakıt etkinliğinden ötürü tüketicilerin yakıt harcamalarından arta kalan gelirlerini diğer harcamalar için kullanmalarıdır. Ekonomi-çapındaki yansımaya etkisi, ise direkt ve dolaylı etkilerin toplamından oluşmaktadır (Ockwell, 2008: 602).

Sorrell ve Dimitropoulos (2007)'un çalışmasına göre;

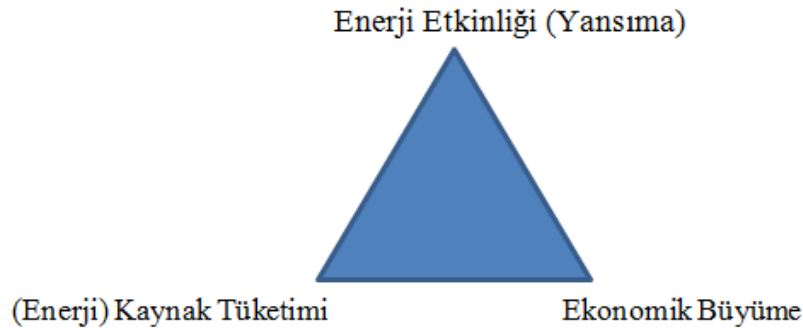
- Ekonomik aktivitenin enerji yoğunluğunu azaltma potansiyeline sahip enerji-etkin teknolojilerin potansiyel yansımaya etkileriyle birlikte dikkate alınmaları gerekmektedir (Ockwell, 2008: 4603).
- Yansımaya etkileri önemlidir, ancak enerji-etkinlik politikalarını etkisiz kılmamaları gerekmektedir. Dolayısıyla, enerji-etkinlik politikaları net enerji tüketimini azaltabilmektedir.
- OECD ülkelerinde hanehalkı enerji hizmetleri için direkt yansımaya etkileri, üreticiler için söz konusu olan yansımaya etkilerinden daha azdır. Ancak gelişmekte olan ülkeler için mevcut etkinin büyük olma potansiyeli yüksek gözükmektedir.
- Dolaylı yansımaya etkileriyle ilgili olarak ampirik bulgular daha zayıftır, ancak bu önemli olmadığı anlamına gelmemektedir (Ockwell, 2008: 4602-4603).

Enerji etkinliğindeki artışın devamında bazı yansımaya etkilerinin meydana geldiği genel bir kabul görmesine karşın, bu yansımaya etkisinin boyutunun bir kaynak-tasarrufu stratejisine karşı yönde etki yapacak kadar büyük olup olmadığı tartışma konusudur (Madlener ve Alcott, 2009: 370). Dolayısıyla teknolojik değişimin enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi zayıflatma düzeyi yansımaya etkisinin düzeyine bağlıdır. Yansımaya etkisinin miktarını belirleyen önemli unsurlardan biri enerjiyle ilgili hizmetlerin sermaye maliyetlerindeki değişimlerdir. Hükümetin yaptığı sermaye

yardımları yansımaya etkisinin artmasına yol açacaktır, çünkü tüketiciler harcama kararlarının maliyetlerinin tamamına katlanmayacaklardır.

Enerjinin yansımaya etkisinin büyüklüğüyle ilgili olarak dikkate alınması gereken önemli bir husus zamandır. Birçok durumda eğer mal ve hizmetler daha kısa zamanda sağlanabiliyorsa, bunun bir ekonomik değeri olmaktadır. Aynı miktardaki enerjiden aynı miktarda faydalı işi daha kısa bir zaman dilimi içinde elde edilebiliyorsa ek bir değerden söz edilebilmektedir (Madlener ve Alcott, 2006: 7).

Yansımaya etkisinin boyutunu ele almak amacıyla Madlener ve Alcott (2006) çalışmasında *enerji tüketimi ile enerji etkinliği (ya da yansımaya)*; *enerji etkinliği (ya da yansımaya) ile ekonomik büyüme* ve son olarak *ekonomik büyüme ile enerji tüketimi* arasındaki ilişkinin şekillenmesinde teknolojik değişme ile mal ve hizmetler arasındaki ikame edilebilirliğin rolünü araştırmıştır. Çalışmada bu karşılıklı ilişkiler üç boyuttan oluşan bir şekilde ele alınmaktadır. Değişkenlerin her üçü de üretim faktörlerinin ikame edilebilirliği ve teknolojik değişmeden birden fazla kanal aracılığıyla etkilenmektedir (Madlener ve Alcott, 2006: 2).



Kaynak: Madlener ve Alcott, 2006.

Şekil 2.2. Üç Boyutlu Yansımaya İlişkisi

Şekil 2.2'ye göre enerji girdisi kullanımında etkinliğin artması ekonomik büyümeye katkı sağlamakta ve bundan dolayı sırasıyla enerji tüketimi artmakta ve daha sonra etkinlik artışının kendisi enerji tüketiminde bir miktar artış sağlamaktadır (Warr ve Ayres, 2010: 1690). Mal ve hizmet talep miktarı ya da tüketim miktarı sabit olmak kaydıyla, belirli bir miktardaki enerji etkinlik artışından sonra tasarruf edilebilen enerji miktarı *teknik tasarruf* olarak adlandırılmaktadır (Madlener ve Alcott, 2006: 3).

Enerji etkinliği, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki üç boyutlu ilişkiyi temsil eden yansıma etkisinin gelir ve ikame etkisi olmak üzere iki kaynağı bulunmaktadır.

Gelir etkisi enerji etkinlik gelişmelerinden ötürü birim çıktı başına enerji maliyetleri düştüğünden, tüketicilerin mevcut geliri ile enerji-kullanımı gerektiren mal ve hizmetlerden daha fazla satın almalarına yol açmaktadır (Berkhout vd., 2000). Diğer yandan gelir etkisinin enerji hizmetlerinin normal ya da düşük mal olmasına göre negatif ya da pozitif olabilmektedir. Lovins, enerji hizmetlerinin gelişmiş ülkelerde düşük mal olduğunu bu nedenle negatif gelir etkisinin pozitif ikame etkisini ortadan kaldıracağını ileri sürmektedir.

Ikame etkisi ise, üretim ve tüketim miktarının sabit olduğu varsayımı altında, başlangıçtaki enerji girdisinin talebindeki azalmanın enerjinin birim fiyatında düşüşe yol açması durumunda, daha ucuz hale gelen enerji hizmetleri ve enerjiden daha fazla tüketilmesini (Khazzoom, 1980: 27) ifade etmektedir. Yani enerji etkinliğindeki artış üretim imkânları eğrisinin kaymasına yol açmaktadır (Madlener ve Alcott, 2006: 3).

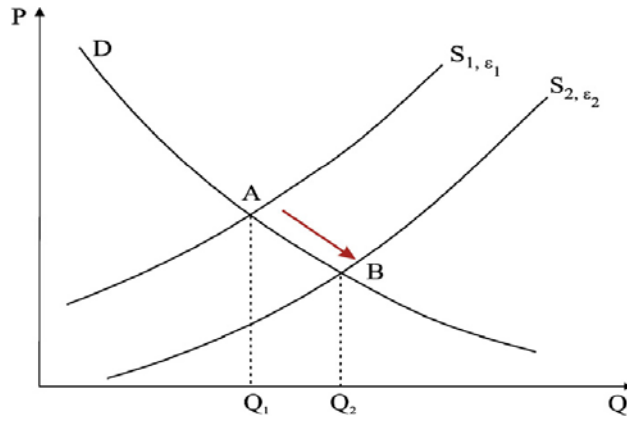
Gelir ve ikame etkileri yansıma etkisinin mikro ekonomik analizinde yer almaktadırlar. Mikroekonomik anlamda yansıma etkisi *enerji talebinin etkinlik esnekliğine* bağlıdır (Sorrell, 2007; UKERC, 2006). Bu esneklik değeri, enerji fiyatlarının etkinlik esnekliği ile enerji talebinin fiyat esnekliği çarpımına eşittir (Madlener ve Alcott, 2009: 372-373).

Diğer yandan yansıma etkisi toplam ekonomi çapında da yaşanmaktadır. Maliyet-etkisiz bir enerji etkinliği artışından sonra, tüketilen çıktı miktarı önceki düzeyiyle aynı kaldığında, ek tüketimden bağımsız olarak kullanılmayan bir satın alma gücü artmaktadır. Bu etki *ekonomi çapındaki yansıma etkisidir* (Madlener ve Alcott, 2009: 371).

Yansıma etkisi genellikle teknik tasarrufun bir yüzdesi olarak ölçülmektedir. Eğer oran %100'den büyükse bu durum geri tepme (backfire) olarak adlandırılmaktadır. Bu tanım enerji etkinlik politikalarının reel bir enerji tasarrufu sağlayamamasını ve önceki duruma kıyasla daha fazla enerji tüketilmesini içermektedir.

Yansıma etkisini ilk olarak Brookes (1978, 2000) ve Khazzoom (1980) tarafından ortaya atılmıştır. Khazzoom (1980), belirli enerji hizmetleri için direkt yansıma etkisi

olmasa bile enerji tüketiminde ekonomi çapındaki azalmanın beklenenden daha az olmasına yol açan etmenlerin var olduğunu ileri sürmektedir (Sorrell, 2007). Çalışmada sunulan Şekil 2. 3'e göre verili fiyat düzeyinde, uyarılmış maliyetlerin azalmasından ve etkinliğin artmasından kaynaklanan çıktıdaki artış, ε_1 etkinliğinden ε_2 etkinliğine geçilmesine yol açmakta, dolayısıyla arz eğrisi (S) sağa kaymaktadır. Dolayısıyla talep Q_2 miktarına yükselmekte ve yeni denge noktası B noktası olmaktadır. Bu noktada Q_1 noktasından daha etkin üretilmiş mal ve hizmet miktarı bulunmaktadır.



Kaynak: Khazzoom, 1980.

Şekil 2.3. Yansıma Etkisi

Ekonomik çıktı başına enerji girdisi düştüğünden, enerji girdi talebinin önceki düzeyini aşmasına gerek yoktur. Ancak Khazzoom gerçek tasarrufun teknik tasarruftan daha düşük olması gerektiğini vurgulamaktadır (Khazzoom, 1980: 25).

2.1.2. Yapısal Değişim

2.1.2.1. Yapısal Değişimin Tanımı ve Enerji Kullanımı Üzerindeki Etkisi

Yapısal ekonomik değişme, ekonomik büyümenin yapıtaşlarından biridir. Ekonomik gelişmenin yapısal değişimi de içermesi nedeniyle bazen ekonomik gelişme ve yapısal değişim kavramları eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Kavramları farklı kılan temel nokta, ekonomik faktörlerdeki değişim sürecidir. Kalkınma sürecinde tarım, sanayi ve hizmetler olmak üzere temel sektörlerin GSYH içindeki nispi paylarında değişiklikler gözlenmektedir.

J. Fourastie ve C. Clark (1963)'ün ele aldığı “üç sektör teorisi olarak bilinen analize göre, iktisadi gelişmenin ilk aşamalarında tarım sektörünün ekonomi içindeki payı oldukça yüksek düzeyde iken, sanayi ve hizmetler sektörünün payı düşüktür (Berber, 2011: 9-10). Endüstrileşmeyle birlikte ülkelerin tarım sektörü payları sürekli azalarak tarımdan ağır sanayiye doğru bir kayma yaşanmaktadır (Schäfer, 2005: 431; Stern, 2010: 33). Gelişmenin daha sonraki safhalarında sektörlerin ağırlığı yeniden değişerek yer altı madeni ve ağır endüstriler gibi kaynak yoğun endüstrilerden hizmet ve daha hafif malların üretimine doğru bir kayma yaşanmaktadır. Gelişme süreci sonunda tarım sektörünün payı en aza inerken, onu sanayi sektörü izlemekte ve hizmetler sektörünün payı en fazla olmaktadır (Berber, 2011: 9-10).

Yapısal kaymalar genellikle ekonomi içindeki talep değişimlerinden kaynaklanmaktadır, çünkü endüstriyel bir yer değiştirme ve nispi bölgesel maliyetlere dayanarak dış kaynak edinme söz konusudur (Schettkat ve Yocarini, 2006). Ancak diğer yandan tüketici tercihlerinin değişmesinin yanında, yeni materyal geliştirilmesi, üretim teknolojisindeki gelişme ve ürün tasarlanması (dolaylı etkinlik gelişmeleri) gibi teknik gelişmelerden de kaynaklanmaktadır (Gardner ve Elkhafif, 1998: 36).

Tarım, sanayi ve hizmetler nihai enerji kullanıcısı temel sektörlerken çıktıdaki yapısal değişimler, enerji sisteminde de benzer sektörel kaymalara yol açmaktadır (Schäfer, 2005: 431). Yapısal etkiler enerji payının düşük katma değerli (enerji-yoğun) sektörlerden (demir-çelik, demir dışı metaller, metalik dışı mineraller), yüksek katma değerli (sermaye ve/veya teknoloji yoğun) endüstrilere (makine, taşımacılık ekipmanı, tekstil ve gıda) doğru kaymasından kaynaklanmaktadır (Mulder ve Groot, 2004). Endüstrileşmenin çeşitli aşamalarında olan gelişmekte olan ülkelerin yaşamış olduğu bu trendin dünya enerji arzı ve sera gazı emisyonu açısından önemli etkileri bulunmaktadır (Huntington, 2009: 5).

Enerji ve ekonomik aktivite arasındaki karşılıklı bağımlılık bir ekonominin farklı bir gelişme sürecine doğru hareket etmesiyle birlikte önemli derecede değişecektir (Vlahinić-Dizdarević ve Žiković, 2010: 50). Zira farklı endüstriler farklı enerji yoğunluğuna sahip olduklarından, ekonomik gelişmenin getirdiği çıktı bileşenindeki kaymalar beraberinde enerji yoğunluğunun değişmesine de yol açacaktır. Bu nedenle ekonomik gelişmenin ilk aşamalarında, çıktı başına enerji kullanımı artarken, ekonomik

gelişmenin sonraki aşamalarında, çıktı başına enerji kullanımı azalmaktadır (Panayotou, 1993). Enerji ekonomik aktivitenin herhangi bir türü için önemlidir. Ancak zaman içinde ekonomik gelişme için enerji tüketiminin nispi önemi değişmiştir (Warr ve Ayres, 2010: 1688).

Çok düşük düzeydeki ekonomik aktivitenin varlığı durumunda, enerjinin neredeyse tamamı konut sektörü tarafından ısınma ve pişirme için kullanılmaktadır. Ekonomik gelişmenin başlangıç düzeyinde, biyokütle yakıtlar (odun, inek gübresi, çalı gibi) nihai enerji kullanımının neredeyse yarısını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra biyokütle yakıtlar etkin olmayan yanma kapasitesinden dolayı, konut sektörünün enerji kullanımındaki payının yüksek olmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla enerji yoğunluğundaki azalışların büyük bir kısmı konut sektöründe enerji etkinliğindeki gelişmelerinden kaynaklanmaktadır. Konut sektöründeki enerji etkinliği gelişmeleri temel olarak biyokütle yakıtlardan ticari yakıtlara doğru kaymayı ve elektrik tüketiminin artmasını içermektedir (Schäfer, 2005: 431-434).

Artan sanayileşme ile beraber yoğun bir şekilde gelişme gösteren alt yapı yatırımları (karayolu, demiryolu, fabrika, şehirleşme, kanalizasyon vb.), yüksek ve sürekli enerji tüketimini beraberinde getirmektedir (Gali, 1998: 88). Enerji-yoğun altyapının oluşturulması ile birlikte enerji kullanımında hanehalkının payı da azalmaktadır. Temel altyapı oluştuktan ve ekonomi temel dayanıklı tüketim mallarına doymaya başladıktan sonra endüstriyel enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu düzeyi toplam nihai enerji tüketiminin neredeyse yarısına ulaşmaktadır (Schäfer, 2005: 431).

Ekonomik gelişmenin devam etmesiyle beraber endüstri sonrası ekonomide güç sektörü, ağır endüstri ve diğer enerji-yoğun sektörlerin payındaki azalmadan ötürü endüstriyel enerji yoğunluğunda da sürekli azalma yaşanmaktadır (Gorman, 2001). Hizmetler sektöründeki enerji kullanımının hızla artması endüstriyel sektörün nihai enerji tüketimi içindeki payının giderek azalmasına yol açmaktadır (Gali, 1998: 88). Çünkü hizmetler sektörünün büyümesiyle beraber sektörün enerji tüketimi artış hızı, sektörün GSYH içindeki büyüme hızından daha düşük olması sonucu, toplam enerji yoğunluğunu azaltıcı etkide bulunmaktadır (Miketa, 2001: 774). Hizmet ve yüksek

kaliteli malların üretimine kayışta, enerji yoğunluğunu azaltan bir faktör olarak kabul edilmektedir.

Genel anlamda değerlendirildiğinde ülkeler geliştikçe ve GSYH'leri arttıkça sektörel bileşimin tarımdan endüstriye ve daha sonra hizmetlere doğru kaymasından ötürü enerji yoğunluğunun öncelikle artması ve daha sonra ülke zenginleştikçe azalması beklenmektedir. Aynı zamanda enerji yoğunluğundaki azalma beraberinde, teknolojik ilerlemenin etkisi altında daha iyi bir enerji yönetimi, altyapı yatırımları ve benzeri gelişmeleri de getirmektedir (Hofman ve Labar, 2006: 3).

Endüstriyel enerji yoğunluğundaki azalmanın temel nedenleri, maddesellikten uzaklaşma trendi, artan enerji etkinlik süreci, temel dayanıklı tüketim malları talebindeki doyum ve daha az enerji yoğun materyal ve ürünlerin kullanımındaki artıştır (Williams vd., 1987; Herman vd., 1989).

Gelişmiş ülkelerde hizmetler sektörünün ölçek büyüklüğünden ötürü enerji tüketimi genellikle üretim sürecinden çok nihai tüketimde (taşımacılık, ısınma ve soğutma) kullanılmaktadır (Vlahinić-Dizdarević ve Žiković, 2010: 50). Temelde hizmetler sektörünün enerji kullanımı, binalara sağlanan enerji hizmeti ile belirlenmektedir. Isınma, aydınlanma, elektrikli aygıtların çalışması için gerekli enerji, hizmet sektörünün kullandığı enerjinin temel belirleyicisidir (Çermikli, 2005: 69). Dolayısıyla hanehalkı enerji tüketimi gelirin yükselmesiyle birlikte öncelikle azalmakta, fakat daha sonra artmaya başlamaktadır. Çünkü boş zaman aktivitelerini de içeren hizmetlere olan talebin artması ve en önemlisi toplumun refah düzeyinin giderek yükselmesi sonucu insanlar daha büyük evlerde yaşamaya ve daha modern gereçler (örneğin klima) kullanmaya başlamakta (Hofman ve Labar, 2006: 3), bu nedenle de hizmet ve taşımacılık talebi artmaktadır. Dolayısıyla hizmetler sektörünün enerji kullanımında da hızla artışlar yaşanabilmektedir. Ancak gelişmiş ülkelerin enerji kullanımındaki ortalama büyüme oranı gelişmekte olan ülkelerin büyüme oranının altında kalmakta ve gelişmiş ülkelerdeki sektör büyüme oranları (diğer sektörlerle göre) hizmetler sektöründe daha yüksek olmaktadır (Miketa, 2001: 774).

Diğer yandan endüstrileşmiş ülkelerde, tarım sektörünün yarattığı katma değer düzeyi azalırken, hizmetler sektörünün yarattığı katma değer önemli boyutlara ulaşmasına karşın; modern ekonomilerde tarım ürünleri endüstri tarafından işleme tabi

tutulmakta ve hizmetler sektörü tarafından da dağıtılmaktadır. Dolayısıyla tarım sektörünün katma değer içindeki payının azalmasının diğer yandan bu üç sektörün karşılıklı bağımlılığını artırdığını unutmamak gerekmektedir (Schäfer, 2005: 430).

Yapısal değişimin etkileri bölgeler arasında da farklılık göstermektedir. Bölgeler arası iklim farklılıkları ve bunun sonucunda konut ısınma gerekliliği, endüstrileşme ve diğer faktörlerden dolayı enerji kullanımının bölgesel sektör eğrileri aynı değildir, ancak yine de belli bir alan içinde değişmektedir. Benzer gözlem endüstri sektörü içinde yapılabilmektedir. Endüstriyel enerji kullanımı ve karbondioksit emisyonu düzeyi üst sınırdaki ülkeler, ya materyal ve enerji-yoğun merkezi planlamalı ülkelerdir ya da nüfus yoğunluğu yüksek olan ve bu nedenle kişi başına yaşam alanının düşük ve toplu taşımacılığın yüksek olduğu yüksek oranda endüstrileşmiş (kişi başına konut enerji tüketimi daha düşük) ülkelerdir (Schäfer, 2005: 431-432).

Nihai enerji kullanımında sektörlerin paylarının değişmesi enerji politikası uygulama alanlarının da değiştirilmesini gerektirmektedir. Enerji politikasının ana hedefleri aynı kalmasına karşın (örneğin sağlam, güvenilir ve ekonomik enerji arzı, rasyonel enerji kullanımı ve çevresel sınırlandırma anlaşmaları), sektör uygulamaları ekonomik gelişmeyle birlikte değişmektedir. Düşük ekonomik gelişme düzeylerinde hane halkının yüksek enerji kullanım payından dolayı, enerji politikası öncelikle güvenilir, etkin ve temiz konut enerji kullanımı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Endüstrileşmeyle birlikte enerji politikaları daha çok enerji etkin endüstriyel sürece doğru kaymaktadır. Son aşamada endüstriyel sonrası topluma geçiş ve hizmetler sektöründe enerji kullanımının nispi öneminin hızla artmasıyla beraber, taşımacılık sektörü üzerinde yoğunlaşmaktadır (Schafer ve Victor, 2000: 180).

Yapısal değişimin enerji tüketim yapısı üzerindeki etkisine karşın bazı ekonomistler yapısal değişimin enerji tasarrufu sağlama yönündeki etkisinin abartıldığı düşünmektedir. Mal ve hizmet üretiminde kullanılan dolaylı enerji kullanımı hesaba katıldığında, hizmet ve hane halkı sektörünün görüldüğünden daha fazla enerji yoğun olacağı ileri sürülmektedir (Constanza, 1980: 1223). Hizmet endüstrisi hala büyük miktarlarda enerji ve kaynak girdisine ihtiyaç duymaktadır. Zira sunulan hizmet somut olmasa da, hizmet aktivitesinin yürütüldüğü ofis binaları, alışveriş merkezleri, mağazalar, kiralanmış daireler maddi varlıklardır ve bu varlıkların inşasında,

kullanımında ve bakımında enerji gereklidir. Bu açıdan bakıldığında, hizmet endüstrisi enerji yoğun bir altyapıya gereksinim duyduğundan, daha fazla hizmet yoğun bir ekonomiye doğru yaşanan bir yapısal değişme düşünüldüğünden daha az etkiye sahip olacaktır. Bu nedenle de bazı ekonomistler, sanayinin ekonomideki payını azaltan imalat sanayindeki bir enerji-tasarrufu sağlayan teknolojik gelişmeyi, ekonomide çıktı bileşeninde yaşanan kaymalardan daha önemli olarak görmektedir (Stern, 2010: 35-38).

2.1.2.2. Yapısal Değişimin Büyüme Modeli Çerçevesinde Ele Alınması

Yapısal değişimin enerji tüketimi üzerindeki etkisini analiz eden Farla ve Blok (2000), Hollanda için tüm sektörler için katma değer ve enerji tüketimi verilerini kullanarak istatistiki bir ayrıştırma analizi yapmışlardır. Çalışmada enerji yoğunluğunda yola çıkılarak aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Farla ve Blok, 2000: 96):

$$I = \frac{E_{pr,tot}}{GDP} = f_{VA} \times \frac{I}{f_E} \times \frac{\sum E_{pr,i}}{\sum VA_i} \quad (2.9)$$

Eşitlikte f_{VA} , analizdeki sektörler tarafından elde edilen katma değeri ifade eden GSYH kısmı, f_E sektörler tarafından tüketilen toplam birincil enerji tüketimi bölümü ve $\sum VA_i$ tüm sektörlerin toplam katma değerini göstermektedir.

Daha sonra tüm sektörler ve alt sektörler için enerji yoğunluğu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$I = \frac{f_{VA}}{f_E} \times \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\frac{A_i}{\sum VA} \times \frac{A_j}{A_i} \times \frac{E_j}{A_j} \right) \quad (2.10)$$

A_i , i sektöründeki ekonomik aktiviteyi; A_j ⁹, j alt sektöründeki ekonomik aktiviteyi ve E_j , j alt sektöründeki birincil enerji tüketimini ifade etmektedir (Farla ve Blok, 2000: 97).

Çalışmada ayrıca fiziki üretim göstergesi de tanımlanmıştır. Belirli bir ürünün temel alınan yıldaki fiziki ürünü, bu ürünün spesifik enerji tüketimi ile ağırlıklandırılmıştır.

$$PPI_i = \sum_{x=1}^n (P_x \times w_x) \quad (2.11)$$

⁹ $A_i = \sum A_j$

Eşitlikte P_x , x ürününü fiziki üretimini ve w_x , x ürününün fiziki üretim indeksindeki (PPI) ağırlığını temsil etmektedir. Fiziki üretim göstergesi tanımlanarak, alt sektörlerdeki toplam spesifik enerji tüketimindeki değişimleri, enerji tüketimini etkileyen diğer etkilerden ayırt etme olanağı tanınmaktadır.

Enerji tüketimindeki değişimin ayrıştırıldığı genel formül aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$E_{pr, tot} = GDP \times \frac{f_{VA}}{f_E} \times \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\frac{A_i}{\sum VA} \times \frac{A_j}{A_i} \times \frac{PPI_j}{A_j} \times \frac{E_j}{PPI_j} \right) \quad (2.12)$$

Eşitlikte $\frac{A_i}{\sum VA}$, $\frac{A_j}{A_i}$ ve $\frac{PPI_j}{A_j}$ terimleri yapısal değişmeyi ifade ederken, $\frac{E_j}{PPI_j}$ terimi enerji etkinliğinin toplam enerji tüketimi üzerindeki etkisini vermektedir (Farla ve Blok, 2000: 98).

Nihai enerji kullanımında yapısal değişimin etkisini açıklamak için Schäfer (2005), nihai enerji yoğunluğundaki değişmeyi, sektör başına enerji yoğunluğundaki azalma, katma değerdeki sektörel kaymalar ve tüketim kısmını temsilen konut sektöründeki enerji yoğunluğu azalışının bir fonksiyonu olarak ifade etmiştir.

$$\frac{FE}{GSYH} = \sum_i \frac{FE_i}{GSYH_i} + \frac{GSYH_i}{GSYH} + \frac{FE_R}{GSYH} \quad (2.13)$$

i , ekonomik sektörleri (tarım, endüstri ve hizmetler) ifade ederken, FE enerji tüketimini göstermektedir. Nihai enerji yoğunluğunda yüzde değişime neden olan unsurlar, üç terimin toplamı şeklinde belirtilmektedir. Daha sonra bu üç terimin hepsi nihai enerjinin sektörel payları ile ağırlıklandırılmıştır:

$$\frac{d\left(\frac{FE}{GDP}\right)}{\frac{FE}{GDP}} = \sum_i \frac{d\left(\frac{FE_i}{GDP_i}\right)}{\frac{FE_i}{GDP_i}} \frac{FE_i}{FE} + \sum_i \frac{d\left(\frac{GDP_i}{GDP}\right)}{\frac{GDP_i}{GDP}} \frac{FE_i}{FE} + \frac{d\left(\frac{FE_R}{GDP}\right)}{\frac{FE_R}{GDP}} \frac{FE_R}{FE} \quad (2.14)$$

Eşitlikteki ilk terim, sektörel enerji etkinliği gelişmelerinin ağırlıklandırılmış toplamına ve üç üretim sektörünün her birindeki alt sektörler içindeki kaymalara denk gelmektedir. İkinci terim üretim sektörleri arasındaki kaymalardan kaynaklanan enerji yoğunluğundaki azalmayı yansıtmaktadır. Üçüncü terim ise, konut enerji yoğunluğundaki değişmelerin yol açtığı (yani tüketim kısmı) nihai enerji yoğunluğundaki değişimleri yansıtmaktadır (Schäfer, 2005: 433).

2.14. no'lu eşitlikte yer alan “ FE_i/FE ” terimi, esnekliği yansıtmaktadır. Örneğin konut sektörü baz alındığında, diğer tüm faktörler aynı kalmak kaydıyla konut enerji yoğunluğundaki %1'lik bir azalış toplam enerji yoğunluğunda FE_R/FE kadar bir azalışa yol açacaktır. FE_i/FE esneklik değeri zamanla değişmektedir.

Çalışmada ayrıca ülkelerin gelir düzeylerine göre esneklik değeri incelenmiştir. *Düşük gelirli bölgelerde*, esneklik değerleri FE_i/FE konut sektöründe en büyük değerini alması nedeniyle bu sektördeki değişmeler nihai enerji yoğunluğundaki azalmaya en büyük katkıyı sağlamaktadır. *Yüksek gelirli bölgelerde* ise, nihai enerji yoğunluğundaki azalma endüstri ve hizmetler sektöründen kaynaklanmaktadır, dolayısıyla da bu sektörlerdeki esneklik değerleri (FE_i/FE) yüksektir (Schäfer, 2005: 434).

2.1.3. Girdiler arası İkame

Doğal kaynaklar ve enerji arzının sabit miktarda olmasına karşın, farklı kaynaklar ya da diğer üretim faktörleri ile ikame ihtimalleri olabildiğinden, enerji ve doğal kaynakların tükenme tehlikesi ekonomik büyüme önünde bir engel olarak görülmemektedir (Weil, 2013: 503; Madlener ve Alcott, 2009: 374). Üretimdeki enerji girdisi için iki tür ikameden söz edilmektedir:

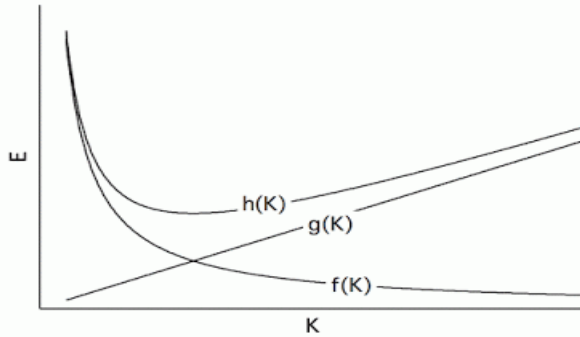
- Aynı kategorideki üretim girdileri arasındaki ikame: Bir enerji kaynağının diğer bir enerji kaynağıyla ikamesidir (Weil, 2013: 505). Yakıt kaliteleri dikkate alınmaktadır.
- Farklı kategorideki üretim girdileri arasındaki ikame: Enerji yerine diğer üretim faktörlerinin ikamesidir.

Girdiler arası ikame sermaye, işgücü ve enerji girdileri arasındaki ikameyi ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle firmalar üretim yaparken aynı amaca ulaşabilecekleri çok sayıda seçenek ile karşı karşıyadırlar ve farklı ihtimaller arasından bir seçim yapmaktadırlar. Belirli bir girdinin fiyatı yükselirse ya bu girdinin daha az miktarını ya da diğer bir girdinin daha fazla miktarını tercih edeceklerdir (Weil, 2013: 503).

Yaygın olan düşünceye göre, girdiler arasındaki ikame edilebilirlik ekonomik büyüme ile enerji ve diğer kaynaklar arasındaki ilişkiyi zayıflatmaktadır. Dolayısıyla boşalan kaynaklar daha verimli ikamelerinde kullanılabilenkte ya da insan-eliyle

sermaye (makineler, fabrikalar vb.) biçiminde “eşdeğer” olarak yeniden değerlendirilebilmektedir (Stern, 2010: 40).

Standart üretim fonksiyonları enerji ile diğer faktörler arasındaki fiziki karşılıklı ilişkiyi dikkate almamaktadır. Hâlbuki bir yandan insanlar tarafından oluşturulan diğer tüm faktörlerin ulaşılabilirliği doğal çevrede bulunan serbest enerjinin varlığına bağlı iken, diğer yandan enerjiyi çevreden elde etmede sermaye ve işgücü faktörleri kullanılmaktadır. Bu nedenle firma veya endüstri düzeyinde incelenen doğal kaynaklar ile sermaye ve işgücü arasındaki ikame olanakları, ekonominin bir bütün olarak ikame imkânlarını doğru olarak yansıtmamaktadır (Cleveland vd., 1984: 893). Dolayısıyla girdiler arası ikamede mikro düzeyde ikame ve makro düzeyde ikame ayrımı yapılmaktadır. Mikro düzeyde ikamede, tek üretim tekniği ya da tek firma dikkate alınırken, makro düzeyde ikame ekonomiyi bir bütün olarak ele almaktadır. Farklı kategorideki üretim girdileri arasındaki ikame makroekonomik açıdan mikro düzeydeki analizde olduğundan daha fazla sınırlandırmalarla karşılaşmaktadır (Stern, 2010: 43). Şekil 2. 4’te enerjinin elde edilmesi için sermaye gerekmediği varsayımı altında girdiler arası ikamenin sınırları grafik yardımıyla açıklanmıştır.



Kaynak: Stern, 2010, 43.

Şekil 2.4. Girdiler arası İkamenin Makroekonomik Sınırları

$E=f(K)$ →Sabit miktardaki çıktıyı elde eden eşürün eğrisi.

$g(K)$ → Materyallerin dolaylı enerji maliyetleri. Bir birim sermaye başına sabit miktarda enerji maliyeti olduğu varsayılmıştır.

$E=h(K)$ →Direkt ve dolaylı enerji maliyetlerinin toplamından oluşan "net" eş ürün eğrisi. Sermaye/enerji oranının büyük değerlerinde pozitif eğim kazanmaktadır.

Ekonomide sermaye üreten sektörlerde enerji yerine sermaye ikame edilirse, bir birim sermaye girdisi üretmek için gerekli enerji miktarı azalacaktır. Ekonomide daha fazla sektör ele alındığında, sermaye ile enerji arasındaki ikame esnekliği azalacaktır, yani makro düzeyde ikame daha sınırlı olacaktır (Stern, 2010: 43).

Aslında enerji ikamesi olmayan bir faktördür. Ancak teknik olarak değerlendirildiğinde üretim sürecinde enerji diğer üretim girdilerinin tamamlayıcısı ya da ikamesi olabilmektedir. Enerji tüketimini analizlerine dâhil eden birçok makroekonomik modelde enerji ile sermaye tamamlayıcı olarak değerlendirilmektedir (Kim ve Loungani, 1992; Dhawan vd., 2008). Ancak Solow üretilebilir sermayenin, toprak ve diğer tükenen kaynakların tam bir ikamesi olduğunu ileri sürmektedir (Solow, 1978). Ayrıca Solow (1997) aynı kategori içindeki ikamenin, özellikle yenilenebilir kaynakların yenilenemeyen kaynaklar yerine ikamesinin önemli olduğunu vurgulayarak yeni ikamelerin her zaman bulunabileceğini varsaymaktadır (Solow, 1997). Yine Metcalf (2008), enerji yoğunluğunun, sermaye/işgücü oranı ile birlikte önce arttığını, daha sonra azaldığını ileri sürerek, bu trendin enerji ile sermayenin ikame girdiler olduğunun kanıtı olduğunu belirtmektedir (Metcalf, 2008: 13). Atkeson ve Kehoe (1999) ise kısa ve uzun dönemde sermaye ile enerji arasındaki ilişkinin değiştiğini ileri sürerek; sermaye ile enerjinin kısa dönemde tamamlayıcı iken uzun dönemde ikame girdiler olduklarını ileri sürmektedir (Atkeson ve Kehoe, 1999: 1029).

Sermaye ile kaynaklar arasındaki ikame esnekliği bire eşit ve birden küçükse, kaynaklar üretimde hayati önem taşımakta ve farklı kategorideki üretim girdileri arasındaki ikamede termodinamik kısıtlar oluşmaktadır. İkame esnekliğinin bir olduğu Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda diğer girdilerin miktarı pozitif olsa bile enerji girdi miktarı sıfıra eşit olduğunda üretim miktarı sıfır olacaktır. Yani mal ve hizmet üretimi için enerjinin belirli bir miktarı gereklidir (Stern, 2010: 42).

Enerji ile işgücü arasındaki ilişki incelendiğinde ise, genel olarak bu üretim faktörlerinin birbirlerinin ikamesi değil tamamlayıcısı oldukları ileri sürülmektedir (Mulder ve Groot, 2004). Zira 1970'lerde patlak veren enerji krizleri sonrasında yakıt fiyatlarının yükselmesinden ötürü enerji yerine işgücü ikame edilmiştir (Cleveland vd., 1984: 895). Diğer yandan Pokrovski (2003), enerji ile işgücü girdilerinin birbirlerinin ikamesi olduğunu ve üretim ekipmanı miktarının (sermaye) ise enerji ve işgücü ile

tamamlayıcı olduğunu ileri sürmüştür. Ayrıca geleneksel teorinin tam tersi olarak, işgücü ve enerji arasındaki tam ikamenin söz konusu olabileceğini, yani farklı miktarlarda tüketilen enerji ve işgücünün yaptığı iş ile aynı sonuçlar elde edilebileceğini belirtmiştir (Pokrovski, 2003: 772-776).

Kaynak ekonomistlerinin sık kullandığı alternatif bir yaklaşımda ise, enerji hizmetlerinin sermaye ve daha sonra nihai çıktı üretmek için işgücü ile birleşen enerji tarafından üretildiğini ileri sürmektedir. Bu yaklaşımda enerji ile işgücü ve sermaye ile işgücü arasındaki ikame esnekliği bir olarak kabul edilmektedir. Endüstri öncesi toplumda, enerji kullanımının büyük bölümü işgücünün beslenme ihtiyacı için gerekmekte, bu nedenle de işgücü ile enerji arasındaki ikame sınırlı kalmaktaydı (Stern ve Kander, 2010: 8).

Sermaye, işgücü ve enerjiden oluşan üretim fonksiyonunda iki tane ikame sınırından bahsedilmektedir (Stern, 1997):

1-Enerji üretim için hayati öneme sahiptir ve belirli bir düzeydeki çıktıyı üretmek için gerekli minimum enerji miktarı vardır. Bu ikamenin “*statik sınırı*”dır.

2-Sermaye stokunun sürdürülebilmesi için süregiden bir enerji girdisi gereklidir. Bu yüzden de enerji yerine sermayenin ikame edilebilme derecesi konusunda da bir sınır mevcuttur. Bu da ikamenin “*dinamik sınırı*”dır (Stern ve Kander, 2010: 9).

Firmaların ve tüketicilerin belirli bir mal için ikame olanağı, talebin fiyat esnekliğine bağlıdır. Talebin fiyat esnekliği; bir malın talep edilen miktarındaki yüzde değişimin malın fiyatındaki yüzde değişime oranıdır. Bir doğal kaynağın talebinin fiyat esnekliğini bilmek, kaynak arzındaki azalmaların, kaynağın fiyatını nasıl etkileyeceğinin bilinmesini sağlamaktadır. Talebin fiyat esneklik değeri büyük olan kaynaklar için, arzdaki azalmalar fiyat üzerinde küçük bir etkiye yol açacaktır, çünkü küçük bir fiyat artışı firmalar ve tüketicileri ikameye doğru harekete geçirmektedir. Tam tersi, bir doğal kaynak küçük bir talebin fiyat esnekliğine sahipse, arzdaki bir azalma fiyatlar üzerinde büyük bir etki doğuracaktır (Weil, 2013: 504).

Üretimde, enerji ile sermaye-işgücü arasındaki ikame esnekliği 1'e eşit ve enerji arzı sabit ise, enerji büyüme üzerinde bir kısıtlayıcı unsur olacaktır. Bu durum Hansen ve Prescott (2002)'un modelinde sabit toprak arzının büyümeyi kısıtlaması ile aynıdır

(Stern ve Kander, 2010: 6). Ancak bazı durumlar hariç ikame esnekliğini birden farklıdır. İkame esnekliğinin birden farklı kabul edilmesinin nedenleri şunlardır:

- 1) Termodinamik yaklaşım, verili bir düzeydeki çıktının üretiminin minimum bir enerji gereksinimine sahip olduğunu savunmaktadır (Stern, 1997).
- 2) Tek sektörlü bir ekonomide ikame esnekliğinin bir olması mümkün değildir (Cobb-Douglas teknolojisindeki gibi), zira bu maliyet paylarının sabit olduğu anlamını taşımaktadır (Koetse vd., 2008).
- 3) Cobb-Douglas teknolojisinde, işgücü-arttırıcı inovasyon ile enerji-arttırıcı inovasyon arasında ayırım yapılamamaktadır. Sabit ikame esnekliği olan (CES) üretim fonksiyonu kullanmak bu ayırımı yapma imkanı tanımaktadır. Bu şekilde enerji arttırıcı teknolojik değişimin endüstriyel devrim ve uzun dönem büyümesi üzerindeki rolü de belirlenebilmektedir.
- 4) Tek sektörlü Cobb-Douglas teknolojisinde, maliyetler içinde enerjinin payının zaman içinde düşmesi imkan dahilinde değildir (Stern ve Kander, 2010: 6).
- 5) Ekolojik ekonomi literatürü sermaye ile enerji arasındaki ikame esnekliğinin birden küçük olduğunu göstermektedir (Stern, 1997a).

Büyüme ve kaynaklar üzerine neoklasik literatür, hangi durumların büyümeyi sürdüreceği ya da en azından tüketim ya da faydayı azaltmayacağı üzerinde durmaktadır. Bu çerçevede girdiler arası ikamenin mümkün olup olmadığını teknik ve kurumsal koşullar belirlemektedir (Cleveland, 2003: 4).

●Teknik Koşullar: Yenilenebilir ya da yenilenemeyen kaynakların bileşimi, başlangıç doğal sermayesi ve doğal kaynaklar bileşimi ve girdiler arasındaki ikame kolaylığı gibi koşulları içermektedir.

●Kurumsal Koşullar: Piyasa yapısı (rekabete karşılık merkezi planlama), mülkiyet hakları sistemi (bireysel mülkiyete karşılık ortak mülkiyet), gelecek nesillere bırakılacak değerler sistemi gibi durumları (Cleveland, 2003: 4) kapsamaktadır.

Neoklasik ekonomistler, öncelikli olarak teknik düzenlemelerle değil de kurumsal düzenlemelerle ilgilenmektedirler. Bu nedenle teknik olarak ikame edilebilirliğin mümkün olduğunu savunmaktadırlar. Ancak teknik olarak ikame, toplumda zaman içinde azalan doğal kaynaklar ve ekosistem hizmetlerinin yerini alacak sermaye yatırımları yapılmadıkça mümkün olmayacaktır. Yatırımların miktarı da ekonominin

kurumsal düzenine bağlıdır (Cleveland, 2003: 4). Örneğin ikamenin teknik olarak uygun ve sadece yenilenemeyen kaynakların olduğu bir ekonomide (ikame esnekliği bire eşit), ne tam rekabet nede merkezi-planlamalı ekonomide ikame mümkün olmayacaktır. Çünkü kaynaklar ve ekosistem hizmetlerinin sermayeden daha hızlı azalmasından ötürü, enerjinin yerine sermaye ikame edilmemektedir (Stiglitz, 1974; Dasgupta ve Heal, 1979).

2.1.4. Yakıtlar Arası İkame

Ekonomik büyüme ile enerji tüketimine bağımlılığını azaltan unsurlardan bir diğeri de yakıtlar arası ikamedir. Özellikle düşük kaliteli yakıtlar ile yüksek kaliteli yakıtlar arasındaki ikame bu bağımlılıkta önemli bir yere sahiptir (Schäfer, 2005: 431). Kullanılan enerji çeşidinde meydana gelen değişme, aslında üretimde yeni tekniklerin kullanılmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Çermikli, 2005: 58).

Enerji kalitesi kavramı, farklı yakıtların ve elektriğin ısı eşdeğer birimi başına düşen nispi ekonomik faydalarını ifade etmektedir (Stern, 2010: 31). Enerji miktarı kadar yakıt kalitesi de ekonomik üretimi sınırlandırmaktadır. Çünkü düşük kaliteli kaynakların hem direkt olarak hem de dolaylı olarak mal ve hizmete dönüştürülmeleri daha fazla iş gerektirmektedir (Cleveland vd., 1984: 890-892). Çıktı başına sağladıkları birim faydalı iş dikkate alındığında elektrik en kaliteli enerji kaynağıdır ve onu doğal gaz, petrol, kömür, odun ve biokütle yakıtlar takip etmektedir (Ockwell, 2008: 4602).

Enerji kaynakları arasındaki termodinamik farklılıkları ölçme çabası, bir ısı birimi elektriğin bir ısı birimi petrol ya da doğal gazdan daha fazla faydalı iş yaptığı; bir ısı birimi petrol ya da doğal gazın ise bir ısı birimi kömürden daha fazla faydalı iş yaptığı anlamını içermektedir (Kaufmann, 1994; Adams ve Miovic, 1968). Bu termodinamik farklılıklar ekonomik sistem içinde enerji kaynaklarının marjinal ürün değerlerini yansıtan nispi fiyat farklılıkları ile yansıtılmaktadır (Kaufmann, 1994).

Enerji kaynaklarının kendi nispi kalitelerini etkileyen bazı fiziksel nitelikler şunlardır (Stern, 2010: 31):

- Enerji yoğunluğu
- Güç yoğunluğu
- Dağıtım kolaylığı

- Aktarım ortamı gereksinimi
- Kontrol edilebilirlik
- Depolama yükümlülüğü
- Güvenlik ve çevresel etkiler (Berndt, 1978; Schurr, 1982).

Doğal kaynakların kalitesindeki değişimler beşeri ekonomilerde çıktı elde etmede kullanılan enerjinin maliyeti etkilemektedir (Peach, 2011). Üretimde önemli bir yer tutan enerji maliyetlerinde azalmaya yol açması¹⁰ nedeniyle, GSYH/enerji kullanımı oranındaki gelişmeler, enerji etkinliği teknolojilerindeki gelişmelerden çok yüksek kaliteli yakıtlara doğru kaymalar tarafından açıklanmaktadır (Ockwell, 2008: 4600). Üretim için gerekli enerji akışının düşük maliyetli yeni enerji kaynaklarından sağlanmasından ötürü yaşanan (Costanza vd., 1997: 52) enerji tüketimi bileşimindeki kayma enerji yoğunluğunda azalışa yol açacaktır (Climent ve Pardo, 2007). Dolayısıyla enerji kullanımı ile ekonomik çıktı arasında var olan güçlü ilişki enerji kalitesindeki artışla birlikte zayıflamaktadır (Stern, 2010: 31). Enerji kalitesinin önemini ilk olarak Schurr ve Netshert (1960) vurgulamıştır. Schurr ve Netshert yüksek kaliteli enerjiye doğru kayışın GSYH üretiminde gerekli enerji miktarını etkilediğini belirtmişlerdir (Schurr ve Netshert, 1960). Bu nedenle de enerji girdi bileşimindeki değişimler için ağırlıklandırılmış enerji verilerinin kullanımı önemlidir, çünkü enerjinin ekonomik büyüme etkilerinin büyük bir kısmı düşük kaliteli enerji kaynakları yerine yüksek kaliteli enerji kaynaklarının ikame edilmesinden kaynaklanmaktadır (Hall vd., 1986; Kaufmann, 1994).

Yakıt bileşenindeki değişimler aynı zamanda üretim ve tüketim bileşimindeki değişimlerle de ilgilidir. Örneğin ekonomide hizmetler sektörüne doğru kayma, enerji tüketiminin kömürden birincil elektriğe doğru kaymasına yol açmaktadır (Kaufmann, 2004: 78; Cleveland vd., 2000). Ayrıca bazı endüstrileşmiş ülkelerde enerji etkinliğindeki artışın nedeni de enerji bileşimindeki değişime bağlanmaktadır (Huang vd., 2008: 50). Dolayısıyla ülkenin endüstrileşme düzeyi de kullanılan enerjinin kalitesini belirlemektedir. Örneğin Fransa ve Almanya'da, endüstri sektöründe en az tüketilen enerji kaynağı kömürdür, elektrik ve doğal gazın payı ise artış trendindedir (Jobert ve Karanfil, 2007: 5453). Düşük gelir düzeyine sahip ülkelerde sık kullanılan

¹⁰ Bir birim çıktı için daha az enerji gerekecektir.

biokütle yakıtların etkin olmayan yanma kapasitesinden dolayı enerji yoğunluklarının yüksek düzeyde olması da bu etkiye bağlıdır (Schäfer, 2005: 431).

Diğer yandan enerjinin elde edildiği kaynağın temeli de yakıt bileşimini etkilemektedir. Örneğin birincil elektrik üretimi ülkenin su kaynakları kapasitesine bağlıdır (Kaufmann, 2004: 78). Yakıt kalitesini etkileyen diğer bir unsur, yakıtın sosyal açıdan faydalı bir duruma gelebilmesi için yapılan yerini tespit, çıkarma ve rafine etmek için gerekli enerji miktarıdır. Yakıt kalitesini belirleyen bu yaklaşımda, yakıtın kalitesi enerji yatırım getirisi ile ölçülmektedir (EROI)¹¹. Bir yakıt için EROI azaldığında, bu yakıtın ek miktarını sağlamanın enerji fırsat maliyeti artmakta ve çıkartılan enerji miktarındaki artış kısmı enerji-dışı malların üretiminden verili yeni yakıt miktarını çıkartmaya yönlendirilmelidir (Cleveland vd., 1984: 892).

Enerji kalitesindeki değişimin enerji yoğunluğu üzerindeki etkisine karşın, yüksek kaliteli enerjide azalan verimler yasası ve imalat endüstri gibi enerji yoğun mal tüketiminin devam etmesi, enerji/GSYH oranını azaltmak için girdi ve çıktı bileşimini değiştirebilme olanağını sınırlandırmaktadır. Ekonomik açıdan, azalan verimler kanununa göre, yüksek kaliteli bir enerjinin ilk kullanımı sonucu bu enerjinin yüksek kalitesine bağlı olarak bir enerjinin fiziksel, teknik ve ekonomik açıdan kullanımı sonucunda yapabileceği en iyi işe dönüştürülmüş olmaktadır. Yüksek kaliteli bu enerji kaynağının kullanımının daha da genişletilmesi halinde, bu yakıtın yüksek kalitesinin katkıda bulunacağı iş yapabilme kapasitesinden daha az güç için kullanılmış olmaktadır. Enerji kullanımındaki bu fiziksel farklılıklar ve iş yaratmak için kullanıldıkları bu ekonomik düzenin birlikte ele alınması, bize yüksek kaliteli enerji kullanımının genişletilmesi halinde ısı birimi başına düşen ekonomik aktivite miktarının azalacağını göstermektedir (Cleveland vd., 2000: 309-310).

Yüksek kaliteli fosil yakıt kaynakların ulaşılabilirliğindeki azalmayı ele alan birçok çalışma, böyle bir azalmanın yalnızca yakında “sınırsız enerji arzının, düşük maliyetlerde mümkün olduğu” (Stiglitz, 1979) temeline dayanan bir topluma geçileceğinin bir sinyali olduğunu ileri sürmektedir (Cleveland vd., 1984: 895).

¹¹ EROI, gayri safi çıkarılmış yakıtın, söz konusu yakıtın toplum için faydalı bir forma dönüştürülmesi için direkt ve dolaylı olarak gerekli ekonomik enerjiye oranıdır.

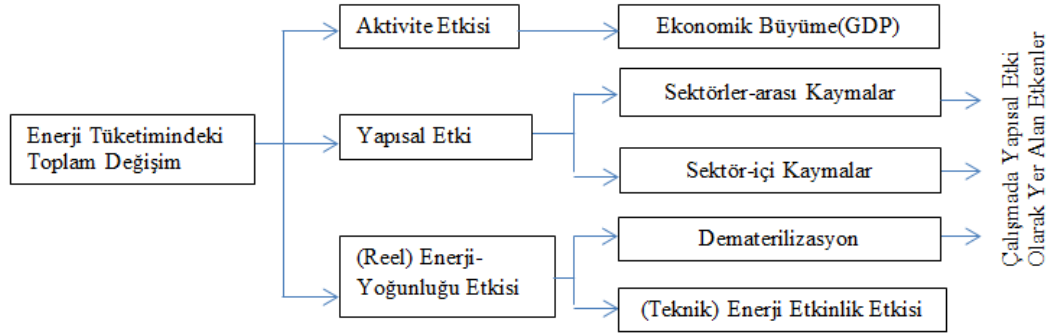
2.2. ENERJİ VE BÜYÜME İLİŞKİSİ ÜZERİNE LİTERATÜR ÖZETİ

Enerji tüketimi ile gelir arasındaki ilişki ekonomik büyüme ve çevre ekonomisi açısından önemli bir konu olmaya devam etmektedir. Ancak, bu ilişki hakkında literatürde yer alan çalışmalarda ortak bir düşünce mevcut değildir. Literatürde tek yönlü nedensellik (enerji tüketiminden ekonomik büyümeye ya da ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru) sonucuna ulaşan çalışmalar ya da her iki yönde nedenselliğin söz konusu olduğu çalışmaların yanı sıra enerji ile gelir arasında nedenselliğin bulunmadığı, yani “nötrlük hipotezi” durumunu ileri süren çalışmalar da yer almaktadır (Yu and Choi, 1985). Genel anlamda enerji-ekonomik büyüme ilişkisi literatürü değerlendirildiğinde, aynı ülke verilerini kullanarak yapılan zaman serisi analizlerden farklı sonuçlar çıkabilmektedir; bunun nedeni farklı araştırma periyotlarının ele alınması ve kullanılan metodolojinin farklı olmasıdır. En önemli nedeni ise yetersiz gözlem sayısıdır (Huang vd., 2008: 43). Ayrıca enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi zayıflatan ya da güçlendiren faktörlerin varlığı önem taşımaktadır (Climent ve Pardo, 2007: 527). Diğer yandan panel veri yaklaşımının kullanıldığı çalışmalarda, ülkenin ekonomik konjonktürü, ele alınan zaman periyodu ve nedensel ilişkiyi tahmin etmede kullanılan metodoloji nedenselliğin yönünü belirleyen faktörlerdir (Guttormsen, 2004).

Toplam enerji ile çıktı arasındaki çift yönlü nedensellik ya da enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedenselliğin varlığı durumunda, bu enerjiye bağımlı bir ekonomiyi ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle enerji gelir için itici bir güçtür ve bu nedenle de enerji kıtlığı ekonomik büyümeyi negatif yönde etkileyecektir (Masih and Masih, 1998; Climent ve Pardo, 2007). Diğer yandan eğer nedensellik gelirden enerji tüketimine doğruysa, bu sonuç enerjiye daha az bağımlı bir ekonomiyi ifade etmektedir. Bu durumda ekonomide enerji tüketimi azaltmaya yönelik, enerji tasarrufu politikaları uygulanmalıdır. Zira bu politikalar gelir üzerinde çok küçük bir etkiye sahiptir ya da hiçbir etkiye sahip değildir. Enerji ile ekonomik büyüme arasında bir ilişkinin bulunmadığı durumda ise, enerji tasarruf politikaları ekonomi üzerinde negatif bir etki doğurmadan, uygulanabilmektedir (Climent ve Pardo, 2007).

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi literatüründe, diğer vurgulanması gereken önemli husus iki değişkenli ya da çok değişkenli model kullanımı tercihidir. Bu açıdan son yıllara ait çalışmalarda çok değişkenli analizin önemi vurgulanmaktadır. Stern (1993), enerji ile diğer girdiler arasında ikame mümkün olduğundan çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin sağlıklı olmayacağını ileri sürmektedir. Çünkü enerji kullanımındaki değişimlerin diğer üretim faktörleri ile ikame aracılığıyla etkisiz hale getirileceğini ve sonuçta enerji kullanımındaki değişmelerin çıktı üzerindeki olumsuz etkisinin azalacağını belirtmektedir (Stern, 2000: 270). Bu nedenle çok-yönlü bir nedensellik analizin ele alınması önem arz etmektedir.

Enerji tüketimi-ekonomik büyüme ilişkisinin varlığı ve yönünü araştıran çalışmaların yanı sıra literatürde, bu ilişkiyi etkileyen faktörler üzerine yoğunlaşan çalışmalarda yer almaktadır. Bu doğrultuda enerji tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Liu vd. (1992b), bir ülkede enerji tüketiminde değişmelere yol açabilecek faktörleri bir şema ile sunmaktadır.



Kaynak: Liu vd., 1992b.

Şekil 2.5. Enerji Tüketiminde Değişime Yol Açan Faktörler

2.2.1. Zaman Serisi Niteliğinde

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi zaman serisi boyutunda ele alan çalışmalarda iki seri arasındaki nedensel ilişki özellikle Granger nedensellik testi ile test edilmiştir. Öncelikle Türkiye için yapılan çalışmalar ele alındığında, farklı çıkarımlar göze çarpmaktadır. İlk olarak Erbaykal (2008), çalışmasında 1970-2003 dönemine ait yıllık verilerle Türkiye’de petrol ve elektrik tüketiminden oluşan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi tahmin etmektedir. Çalışmada değişkenler

arasındaki eşbütünleşme ilişkisi ve kısa-uzun dönem ilişkilerinin tespiti için Pesaran (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yaklaşımı kullanılmıştır. Bunun yanı sıra otokorelasyonun varlığının testi içinde LM testi yapılmıştır. Analizlerde bağımlı değişken, reel gelir (1987 fiyatlarıyla GSYH) iken, bağımsız değişkenler, elektrik tüketimi ve petrol tüketiminden oluşmaktadır. Eşbütünleşme testi sonuçlarına göre hem petrol hem de elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde kısa dönemde anlamlı ve pozitif bir etkisi bulunmaktadır, ancak uzun dönemde elektrik tüketimi ekonomik büyümeyi negatif yönde etkilerken, petrol tüketimi pozitif yönde etkilemektedir. Uzun dönem katsayılarına göre değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisi anlamsızdır. Yani elektrik ve petrol tüketimi ekonomik büyümeyi kısa dönemde etkilemektedir.

Türkiye için yapılan diğer bir çalışmada Erdal vd. (2008), 1970-2006 döneminde birincil enerji tüketimi ile reel GSMH arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmışlardır. Çalışmada birim kök testleri ADF ve PP testleri, Johansen eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, enerji tüketimi ve GSMH serileri eşbütünleşiktir ve çift yönlü bir nedensellik mevcuttur. Yani enerji Türkiye’de ekonomik büyümeyi sınırlandıran bir faktördür ve enerji arzı şokları ekonomik büyümeyi negatif yönde etkileyecektir.

Jobert ve Karanfil (2007), Türkiye üzerine yapılan başka bir çalışmada farklı sonuçlar elde etmişlerdir. Çalışmada 1960-2003 periyodu için Türkiye’de reel GSMH ile enerji tüketimi arasındaki nedensel ilişki ve uzun dönem ilişkisi toplam düzeyde ve endüstriyel sektör bazında analiz edilmektedir. Yıllık verilerle gerçekleştirilen analiz için eşbütünleşme testi uygulandıktan sonra, nedensellik ilişkisini ölçmek için Granger nedensellik ve anlık (ya da eşzamanlı) nedensellik testleri kullanılmıştır. Birim kök testlerine göre değişkenler düzeyde durağan değilken, birinde derece farkları durağandır. Johansen testinden elde edilen sonuçlara göre, GSMH ile enerji tüketimi arasında durağan lineer bir eşbütünleşme ilişkisi bulunamamıştır. Granger nedensellik testi sonuçlarına göre, Türkiye’de kişi başına GSMH’deki önemli büyüme ve enerji yoğunluğundaki istikrara karşın, reel GSMH ile enerji kullanımı arasında tarafsızlık hipotezi söz konusudur. Diğer yandan anlık nedensellik testine göre enerji tüketimi ile GSMH arasında çok güçlü pozitif yönlü bir ilişki mevcuttur.

Jobert ve Karanfil (2007)'in çalışmada ulaştığı diğer önemli bir sonuç, enerji fiyatlarındaki artışa rağmen Türkiye'de endüstriyel üretimdeki enerji kullanımının önemli ölçüde artmış olmasıdır. Yazarlar bu sonucu Türk endüstrisinde, aynı dönem içinde sermaye yoğunluğunun da artmasıyla ilişkilendirmişlerdir.

Diğerlerinden farklı olarak Vektör Hata Düzeltme Modelini kullanan Soytaş vd. (2001), GSYH-enerji tüketimi ilişkisini 1960-1995 dönemine ait yıllık GSYİH ve enerji tüketimi verileri kullanılarak, Johansen-Juselius Eşbütünleşme Metodu ve VECM modeli ile Türkiye için araştırmışlardır. Çalışmada ilk olarak Augmented Dickey-Fuller (1979) ve Phillips-Perron (1988) birim kök testleri yapılmış ve serilerin birinci farklarında durağan oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra eşbütünleşmenin testi için Johansen-Juselius çok değişkenli eşbütünleşme metodolojisi kullanılmıştır. Juselius (1990) eşbütünleşme vektör sayısını belirlemek için 2 test istatistiği sunmaktadır. Birincisi likelihood oran istatistiği, diğeri ise trace istatistiğidir. Yazarlar çalışmada uygun gecikme uzunluğunu belirlemek için, likelihood oran testini kullanmışlardır. Trace istatistiğine göre ise, GSYH ile enerji tüketimi arasında Türkiye'de eşbütünleşme ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Değişkenler eşbütünleşik olduklarından devamında VECM modeli kurulmuştur. VECM modelinden elde edilen sonuçlar enerji tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü bir nedenselliği göstermektedir. Yani enerji tüketimi GSYH'yi pozitif yönde etkilemektedir. Bu nedenle muhtemel enerji koruma politikaları uzun dönemde ekonomik büyümeye zarar verebilmektedir.

Vlahinić-Dizdarević ve Žiković (2010) ise enerji-ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkiyi 1993-2006 dönemine ait verilerle Hırvatistan için araştırmışlardır. Çalışmadaki modelde, reel GSYH ve endüstri enerji tüketimi, hanehalkı enerji tüketimi, petrol tüketimi, birincil enerji tüketimi, net enerji ithalatından oluşan enerji değişkenleri yer almaktadır. Yapılan Johansen testi sonucu tüm test edilen ilişkiler için eşbütünleşmenin olduğu tespit edildikten sonra, değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerini elde etmek için Hata düzeltme Modeli (ECM) tahmin edilmiştir. Elde edilen kısa dönem ilişkisine bakıldığında reel GSYH'deki artış anında değil, ancak gecikmeli olarak enerji tüketimine yansımaktadır. Çalışmadaki bulgulara göre reel GSYH'den tüm enerji değişkenlerine doğru nedensel bir ilişki mevcuttur. Bu sonuçlar gelişmekte olan ülkeler için yapılan çalışmalardan farklı iken, güçlü bir üçüncül sektöre

sahip gelişmiş ve sanayileşme sonrası ekonomiler için yapılan çalışmalarla benzer bir sonuçtur.

Enerji-çıktı ilişkisini analiz eden son döneme ait çalışmaların bazılarında, kullanılan modelin açıklama gücünü artırdığı gerekçesiyle enerji ve ekonomik çıktı değişkenlerinin dışında sermaye ve işgücü değişkenleri de modele dahil edilmektedir. Sözü geçen çalışmalardan biri Amirat ve Bouri (2010)'un Cezayir için yaptığı çalışmadır, 1980-2007 dönemine ait yıllık verileri kullanarak Cezayir'de kişi başına enerji tüketimi ve kişi başına GSYH arasındaki nedensellik ilişkisini analiz etmişlerdir. Enerjinin ekonomik büyümeyi tetikleme gücüne tek başına sahip olmadığı ileri sürülerek, analizlerde sermaye ve işgücü ek değişken olarak kullanılmıştır. Çalışmanın değişkenleri, reel GSYH, sermaye stoku, istihdam düzeyi ve toplam enerji tüketiminden oluşmaktadır. Sistemin durağanlık ve eşbütünleşme ilişkisini test etmek için Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Durağanlık testi sonuçlarına göre, enerji ikinci farkında durağan iken, diğer değişkenler birinci farklarında durağandır. Eşbütünleşme testine göre ise serilerin hiçbiri eşbütünleşik değildir ve bu nedenle standart Granger nedensellik testi uygundur. Granger nedensellik testi sonucuna göre, nedensellik enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğrudur. Ayrıca enerji tüketiminden sermayeye doğru tek yönlü bir nedensellik ve sermaye ile işgücü arasındaki çift yönlü nedensellik bulunmaktadır.

Çalışmada ayrıca Pesaran ve Shin (1998)'in geliştirdiği Genelleştirilmiş Öngörü Hata Varyans Ayrıştırma Analizi kullanılmıştır. Bu sistemde mevcut bir değişkenin, diğer değişkenlerde meydana gelen değişimlere nasıl tepki verdiği incelenebilmekte ve ayrıca enerjinin sermaye ve işgücüne göre ekonomik büyüme üzerindeki nedensel etkisinin önemi değerlendirilebilmektedir. Varyans çözümlemesi sonuçlarına göre, enerji çıktı büyümesi için ikinci dereceden katkı sağlayan bir faktörden fazlası değildir. Diğer bir ifadeyle enerjinin, sermaye ve işgücü ile karşılaştırıldığında, ekonomik büyüme üzerinde çok fazla önemli olan bir faktör olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Cezayir'de çıktı büyümesindeki en önemli faktör sermayedir. Enerji tek başına ekonomik büyümeyi destekleyecek yeterli güce sahip olmayabilir, çünkü ekonomik büyüme sürecinde enerji, sermaye ve işgücünün tamamlayıcı olarak hareket etmesi gerekmektedir. Diğer yandan Cezayir'deki mevcut enerji altyapısı sürdürülebilir ekonomik büyümeyi desteklemek için yetersiz olduğundan, enerjiye daha fazla yatırım

yapılarak ve enerji arzı ve enerji kullanımında etkinlik sağlanarak ekonomik büyüme teşvik edilebilir.

Warr ve Ayres (2010) analizlerine enerji ve çıktı değişkenleri dışında sermaye ve işgücünü dahil eden ekonomistler arasında yer almaktadırlar. Warr ve Ayres, enerji girdisinin iki alternatif ölçümü olan exerji (enerji girdisinin bir ölçümü) ve faydalı iş (Johansen'in metodolojisine göre elde edilmiş) ile GSYH arasındaki nedensellik ilişkisini, ABD için 1946-2000 dönemini ele alarak, GSYH, sermaye, işgücü ve exerji/faydalı işin yer aldığı çok değişkenli üretim-yanlı bir model ile incelemiştir. Çalışmada iki çok değişkenli VECM model bulunmaktadır. İlk model GSYH, sermaye, işgücü ve exerjiyi içerirken; ikinci modelde exerji yerine faydalı iş yer almaktadır. Değişkenlerin eşbütünleşik olduğu tespit edildikten sonra VECM modelleri tahmin edilmiş ve en son iki model için Granger nedensellik ilişkisi test edilmiştir. Kısa dönemde exerjiden GSYH'ye doğru tek yönlü bir nedensellik varken, faydalı iş ile GSYH arasında nedensellik yoktur. Uzun dönem nedenselliğe bakıldığında ise, her iki modelde de enerji ölçümlerinden GSYH'ye doğru olan tek yönlü bir nedensellik vardır. GSYH'den exerjiye doğru ise ne kısa dönemde, ne de uzun dönemde bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Yani enerji tüketim miktarı GSYH büyümesi açısından önemlidir ve enerji tüketimini azaltma çabaları gelecekte GSYH üzerinde negatif etki doğurabilmektedir.

Enerji-ekonomik çıktı ilişkisi üzerine mevcut literatürde bu değişkenler arasındaki ilişkinin varlığını araştıran çalışmaların yanı sıra, enerji-çıktı ilişkisinin belirleyicilerini analiz eden çalışmalar da yer almaktadır. Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen unsurların tespiti ve bu unsurlardaki değişimlerin enerji-ekonomik büyüme ilişkisi üzerindeki etkisinin yönü ve büyüklüğü ulusal ve uluslararası politik süreç açısından büyük önem taşımaktadır.

Enerji ile ekonomik çıktı arasındaki ilişkinin değişmesi konusunda mevcut önemli çalışmalardan biri Kaufmann (2004)'e aittir. Çalışmada 1929-1999 dönemi için ABD'de enerji kullanımının ekonomik aktiviteye oranı (enerji yoğunluğu)'ndaki değişimin nedenleri modellenmektedir. Enerji yoğunluğunda değişime yol açan faktörler, yakıt bileşimi, hanehalkı enerji tüketimi ve enerji fiyatları olarak sıralanmaktadır. Çalışma ayrıca "otonom enerji etkinlik artışı (AEEI)" kavramı üzerinde

yoğunlaşmaktadır. AEEI, fiyatın dışındaki faktörlerin neden olduğu enerji yoğunluğundaki azalıştır. Fiyat dışındaki bu faktörler, yapısal değişme ve teknolojik ilerlemedir. Teknolojik değişim çalışmada deterministik bir trend ile modellenmektedir. Çalışmada yer alan değişkenler, kişisel enerji tüketim harcamaları, toplam enerji tüketimi, reel GSYH (1996 fiyatlarıyla), petrol tüketimi, doğal gaz tüketimi, hidro elektrik ile elde edilen elektrik, nükleer güç ile elde edilen elektrik ve yakıt fiyatlarıdır. Öncelikle değişkenler için ADF testi yapılmış ve değişkenlerin hepsinin I(1) olduğu görülmüştür. Daha sonra değişkenler arasında eşbütünlüğün olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkinin tespitinde VECM kullanılmıştır. VECM modelinin tahmininde, Johansen (1998) ve Johansen ve Juselius (1990) tarafından geliştirilen, tüm bilgiyi içeren Likelihood prosedürü izlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, değişkenler arasında 4 eşbütünlük ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. Birinci eşbütünlük ilişkisine göre, hanehalkının enerji harcamalarının artması yüksek enerji kullanım oranı ile ilişkilidir. İkinci eşbütünlük ilişkisinden elde edilen sonuçlara göre, kömürden petrol, doğal gaz ve birincil enerji tüketimine doğru bir yakıtlar arası ikamenin varlığı enerji/GSYH oranında azalışa yol açmaktadır. Üçüncü eşbütünlük ilişkisine göre, yüksek enerji fiyatları enerji kullanımını azaltmaktadır, ancak enerji fiyatlarının enerji/GSYH oranı üzerindeki etkisi asimetriktir. Son eşbütünlük ilişkisi, enerji tüketimi içinde petrolün payı azaldığı için doğal gazın payının arttığını ifade etmektedir. Çalışmada ayrıca eşbütünlük alanından hangi değişkenin dışlanacağı yönünde yapılan test sonucunda, hiçbir değişkenin dışsallaştırılmayacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

Diğer bir çalışmada, Climent ve Pardo (2007), GSYH ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi, bu ilişkiyi etkilemesi muhtemel bazı ayrıştırıcı faktörleri göz önünde bulundurarak incelemişlerdir. Çalışmada, 1984-2003 dönemine ait çeyrek veriler kullanılarak İspanya için analiz yapılmıştır. Enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin yanı sıra, istihdam oranı, CPI (Tüketici Fiyat Endeksi) ve petrol fiyatları da analize dâhil edilmiştir. Verilerin durağanlık testi için Kwiatkowski vd. (1992)'nin KPSS testi kullanılmıştır ve tüm değişkenlerin birinci farklarının durağan olduğu bulunmuştur. Çalışmada nedensel ilişkiyi test etmek için Johansen (1988, 1992)'in ve Johansen ve Juselius (1990)'un çok değişkenli eşbütünlük testi kullanılmıştır. Bu prosedür birden çok eşitlik içeren hata düzeltme modeline dayanmaktadır. İki değişkenli sistemle elde

edilen sonuçlara göre, GSYH-enerji tüketimi arasında uzun dönem ilişki mevcut değildir. Ancak bu sistem, ekonomik değişkenler arasındaki müşterek ilişki hakkında bir bilgi vermemektedir, bu nedenle de çok değişkenli eşbütünleşme ilişkisi ele alınmıştır. Bu analize göre ise, ek değişkenler dikkate alındığında, uzun dönem ilişkisinin varlığı ortaya çıkmaktadır. Yani enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin iki değişkenli sistemde tespit edilememesinin nedeni ilgili değişkenlerin ihmal edilmesidir. Çok değişkenli modelde değişkenler eşbütünleşik olduklarından daha sonraki aşamada, VECM modeli tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kısa dönemde enerji İspanyadaki ekonomik büyümeyi kısıtlayan bir faktör olarak rol oynamaktadır. Çıktıda azalmayı engellemenin yolu, söz konusu ekonomik sektörlerde enerji tasarruf planlarının yapısal değişme ile birlikte yürütülebilmesidir. Uzun döneme bakıldığında, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik bulunmaktadır. Petrol fiyatındaki değişimler ise İspanya ekonomik büyümesi üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir. Çalışmada ayrıca uzun dönem ilişkisini etkileyen teknolojik bir değişimin olup olmadığı araştırılmıştır. Elde edilen sonuca göre 1984-2003 dönemi için önemli bir teknolojik değişme oranı bulunamamıştır. İstihdam ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiye bakıldığında, iki değişken arasında çift yönlü kısa dönem nedensellik bulunmuştur. Buradan, enerji ve istihdamın tamamlayıcı oldukları söylenebilir.

Climent ve Pardo (2007), İspanya'da yakıt bileşimindeki ve çıktı bileşimindeki kaymaların enerji ile çıktının ayrışması yönünde bir eğilime yol açtıklarını ileri sürmektedirler. 1984-2003 döneminde enerji girdi bileşimi önemli ölçüde değişerek, düşük kaliteli petrol, kömür gibi yakıtların payı azalmakta ve yüksek kaliteli doğal gaz, elektrik gibi yakıtların payı nispeten artmaktadır. Enerji tüketiminin bileşimindeki değişimin enerji yoğunluğunu azaltması beklenirken, İspanya için böyle bir beklenti gerçekleşmemiştir. Bunun nedeni; İspanya teknolojisinden, sermaye donanımından, malların nispi fiyatından ve İspanya ekonomisinin düşük kaliteli yakıtlara olan yüksek bağlılığından kaynaklanabilmektedir.

Diğer tek ülkeli analizlerden farklı olarak Mulder ve de Groot (2004), çalışmalarında 1970-1997 dönemi için 14 OECD ülkesinde 10 imalat sektörü arasında, enerji ve işgücü verimliliğindeki trendleri inceleyerek ekonomik büyüme ve enerji kullanımının ayrışması ve bu ayrışmanın belirleyicilerini ele almışlardır. Çalışmada

enerji ve işgücü verimliliği aynı anda analiz edilmiş ve üretim faktörlerinin verimliliğinin artmasında teknolojik değişimin rolü ele alınmıştır. Bu nedenle enerji ve işgücü verimliliğinin gelişmesini tetikleyen teknolojik gelişmenin hangi uzantılarının ekonomik büyüme ve çevresel baskının birbirinden ayrışmasına yol açtığı da araştırılmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen çözümlene analizi ile toplam enerji ve işgücü verimliliği yapısal etki ve etkinlik etkisi olmak üzere iki parçaya ayrılmıştır. Etkinlik etkisi, teknolojinin tetiklediği etkinlik gelişmelerini yansıtırken, yapısal etki üretim yapısındaki değişimin toplam verimlilik büyümesi üzerindeki etkisini ifade etmektedir. Analizlerde enerji tüketimi, istihdam ve GSYH değişkenleri kullanılmıştır. Enerji verileri IEA (Uluslararası Enerji Ajansı)'ndan, ekonomik veriler ise Uluslararası Sektörel Veri Tabanından (STAN) temin edilmiştir. Ancak veri eksikliklerinden dolayı ülkelerin farklı zaman periyotlarındaki veriler alınmıştır. Ayrıca çalışmada enerji verimliliği nihai enerji tüketimi başına gayri safi katma değer, işgücü verimliliği ise, tam zaman çalışan işçi başına gayri safi katma değer ile ölçülmüştür. Sektörel heterojenlikten dolayı sektörlerin nihai enerji tüketimi, toplam istihdam ve katma değer içindeki payları olarak verilmiştir.

Mulder ve de Groot (2004) yöntem olarak, zaman serisi analizi tercih ederek Rafine Edilmiş Divisia Metodu (RDM) kullanmıştır. Çözümlene analizi sonuçlarına göre, birçok ülkede yapısal değişme imalat işgücü verimliliği büyüme oranının sadece küçük bir kısmını açıklarken, imalat enerji verimliliği büyüme oranının önemli bir kısmını açıklamaktadır. Bu etki enerji payının düşük katma değerli enerji-yoğun sektörlerden yüksek katma değerli sermaye ve/veya teknoloji yoğun sektörlerle kaymasından kaynaklanmaktadır. Çalışmada son olarak enerji verimlilik büyüme oranı ile işgücü verimlilik büyüme oranı arasındaki ilişki ele alınmıştır. Elde edilen ilk sonuca göre, enerji ve işgücü verimlilik büyüme oranları arasındaki pozitif ilişki enerji ile işgücünün, bazı istisnalar hariç, birbirlerinin tamamlayıcısı olduklarını göstermektedir. İkinci sonuç, genellikle işgücü verimlilik büyümesinin enerji verimlilik büyümesinden büyük olması, işgücü artırıcı teknolojik değişime eğilimi göstermektedir. Son olarak, kâğıt sanayi hariç tüm imalat sektörlerinde işgücü verimlilik büyümesi yönündeki eğilimin azaldığı görülmektedir.

Popp (2001) ise, çalışmasında enerji-GSYH arasındaki ilişkiyi etkileyen unsurlardan biri olan teknolojik değişimi ele almaktadır. Çalışmada, ABD için yeni

teknolojilerin enerji tüketimi üzerindeki etkisini tahmin için patent verilerini kullanmıştır. Bu doğrultuda, öncelikli olarak 13 endüstriyi içeren bir enerji bilgi stoku oluşturulmuştur. Veri seti olarak ABD’de 1918’den bu yana verilen enerji patentlerinin verileri kullanılmıştır. Patent sınıflandırması için kullanılacak endüstrileri seçmek için ise Four-digit CSIC kodları kullanılmıştır. Çalışmada sadece enerji patentlerini önemli ölçüde kullanan endüstriler göz önüne alınmıştır. Daha sonraki aşamada herbir endüstride kullanılan patentleri tanımlamak için Yale Üniversitesi’nin Teknoloji Dizini (YTC)’den faydalanılmıştır. Diğer yandan, zaman içinde patentlerin kalitesinde meydana gelebilecek değişiklikleri kontrol altına almak için patent verileri patent/AR&GE harcamaları oranı ile ağırlıklandırılmıştır. Analizdeki değişkenler, işgücü, enerji ve materyaller, fiziki sermaye stoku, enerjiyle ilgili bilgi stoku, ücret oranı, enerji fiyatları ve materyal fiyatlarından oluşmaktadır. Çalışmada 1959-1991 dönemine ait veriler kullanılarak her bir endüstri grubu için Genelleştirilmiş Momentler Metodu kullanılarak tahmin yapılmıştır. Ayrıca her bir endüstri için girdi düzeyleri ve fiyatlarının ortalama değerleri kullanılarak kısa ve uzun dönem esneklikleri hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre yeni teknolojiler enerji tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ancak birçok endüstride, yeni patentleriyle ilgili olarak enerji tüketiminin esnekliği, enerji tüketiminin fiyat esnekliğinden daha küçüktür. Sonuç itibarıyla, enerji tüketiminde meydana gelen bir değişimin üçte ikisi basit fiyatın-uyardığı faktör ikamesinden kaynaklanırken, geri kalan kısmı inovasyonun uyardığı değişimdir. Diğer yandan uyarılmış inovasyonun uzun dönem etkileri muhtemelen daha büyük olacaktır. Bunun nedenleri hem bilginin etkilerinin endüstri içinde yayılmasının zaman almasıdır, hem de yüksek fiyatların birkaç yıl için yeni inovasyonları uyarabilir olmasıdır.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin yönü ve bu ilişkiyi belirleyen faktörler konusunda literatürde yer alan önemli diğer bir kaynak, Cleveland vd. (2000)’nin enerjinin ekonomi içindeki rolünü incelemeye yakıtlar arasındaki kalite farkını dikkate alan ekonomik yaklaşımın en iyi metot olduğunu ileri sürdükleri çalışmasıdır. Toplam enerji akımının hesaplanma metodu analizlerde elde edilecek sonuçlar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Enerji akımı genellikle enerjilerin termal eşdeğer birimlerinin toplamıyla elde edilir, fakat bu yöntem yakıtlar arasındaki kalite farklılıklarını göz ardı etmektedir (Warr ve Ayres, 2010: 1688). Bu durumda fiyatla

ağırlıklandırılmış ölçümler önemli bir avantajdır, çünkü zaman içinde enerji tüketiminin kalitesindeki değişimleri dikkate almaktadır (Huntington, 2009: 2). Enerji kalitesi, farklı yakıtların ve elektriğin ısı eşdeğer birimi başına düşen nispi ekonomik faydayı ifade etmektedir. Cleveland vd. (2000) çalışmalarında ilk olarak 1954-1992 yılları arasında ABD’de çıkarılan fosil yakıttan elde edilen net enerji hesaplanmıştır. Daha sonra, çıkarılan fosil yakıtlardan elde edilen enerji arzındaki değişimleri değerlendirmek için enerji kalitesi hesaplanmıştır. Sonraki aşamada enerji-GSYH arasındaki ilişki eşbütünleşme ilişkisi nedensellik ve çerçevesinde ele alınmıştır. Eşbütünleşme ilişkisi için Johansen (1988) ve Johansen-Juselius (1990) çok değişkenli Vektör Hata Düzeltme Modeli kullanılmış ve uzun dönemli tahmin yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre enerji kullanımı ile GSYİH arasında önemli bir ilişki vardır ve ilişkinin yönü ekonomik aktiviteden enerji kullanımına doğrudur. Diğer yandan GSYH-enerji tüketimi arasındaki nedensel ilişkinin ekonometrik analizinde kaliteye göre ayarlanmış enerji tüketimi endeksi kullanılmıştır. Enerji ve GSYH’den oluşan iki değişkenli Granger nedensellik testinden elde edilen sonuca göre, enerji kullanımını nitelemek için kullanılan ölçüm ne olur olsun her iki yönde de enerji-GSYH arasında nedensel bir ilişki olmadığı gözlenmiştir. Enerjinin birincil BTU cinsinde ölçüldüğü ve GSYH, enerji, sermaye ve işgücü değişkenlerinin kullanıldığı çok değişkenli analizde ise, GSYH enerji kullanımının Granger nedeni olduğu görülmektedir. Bu bulgular ışığında, enerjinin kalite açısından ayarlanmasının önem taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Cleveland vd. (2000), çalışmalarında son olarak enerji-GSYH ilişkisinin belirleyicilerini ele almaktadırlar. Bu amaç doğrultusunda, çalışmada enerji kalitesindeki değişimin ve enerji fiyatlarındaki değişim ve üretilen ve tüketilen mal ve hizmet türündeki değişimin enerji/GSYH oranı üzerindeki etkisi tahmin edilmiştir. Modelde toplam enerji tüketimi içinde doğal gazın payı, toplam enerji tüketimi içinde petrolün payı, toplam enerji tüketimi içinde elektriğin payı, hanehalkının direkt enerji tüketim harcamaları, üretilen ürün bileşimi ve reel enerji fiyatları değişken olarak kullanılmıştır. Elde edilen regresyon sonuçlarına göre, enerji/GSYH oranındaki aşağı doğru eğilimin önemli bir kısmı enerji bileşimindeki değişimden kaynaklanmaktadır. Enerji/GSYH oranında geçmişte yaşanan azalışın diğer bir nedeni üretilen ve tüketilen mal ve hizmet türündeki kaymalardır.

Cleveland vd. (2000)'in çalışmasında enerji kalitesinin hesaba katılması enerji kullanımını ile ekonomik çıktı arasında daha da güçlü bir ilişki olduğunu açığa çıkarmaktadır. Ancak bu hususun teknolojik gelişmelerin ve yapısal değişimin enerji kullanımını ile ekonomik performans arasındaki ilişkiyi kopardığı yönündeki genel kanıya ters düştüğünün de gözden kaçırılmaması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca çalışmada gelecekteki yüksek kaliteli enerjiyi ikame etme girişimlerini sınırlandıran üç faktöre dikkat çekilmiştir:

1-İkame sürecindeki sınırlandırmalar. Toplam enerji kullanımında tüm enerji türlerinin yüksek kaliteli olması, ikamenin daha olamayacağını göstermektedir.

2-Farklı enerji kaynakları arasındaki ikame tam olmadığından, ikame süreci ekonomik sınırlandırmalarla karşılaşabilmektedir.

3-Kömürden daha kaliteli bir yakıt olan petrolün elde edilmesi muhtemelen gelecek yüzyılda azalacaktır.

Enerji kullanımı ile ekonomik çıktı arasındaki ilişkinin araştırılmasında, zaman serisi analizinin avantajları olmasına karşın enerji tüketimi-büyüme ilişkisinin testinde mevcut literatürdeki çalışmaların birçoğunda, iki değişkenli nedensellik prosedürü izlenmiştir. Bu testler nedenselliğin ek kanallarını (sermaye ve işgücü girdisi gibi) belirlemede yetersizdirler ve aynı zamanda çelişkili sonuçlar verebilmektedirler. Oysa panel veri, yatay kesit ve zaman serisinden daha fazla bilgi sunmaktadır. Bireysel birim kök testlerinin ve geleneksel bütünleşme testlerinin gücündeki eksiklikten ötürü zaman serisi ve yatay kesit verilerinin birleştirilmesi gerekmektedir. Panel metodu eşbütünleşme ilişkisini yakalamada daha başarılı sonuçlar vermektedir, çünkü eşbütünleşme katsayılarının tahmininde kullanılan havuzlanmış veriler aynı zamanda yatay kesit bilgisini de içermektedirler (Lee ve Chang, 2008: 53-54). Bu doğrultuda son dönem literatüründe panel veri analizi oldukça geniş yer tutmaktadır

2.2.2. Panel Veri Niteliğinde

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki üzerine yapılan panel veri niteliğindeki çalışmaların bir grubunda analize dâhil edilen ülkeler gelişmişlik düzeylerine ya da gelir düzeylerine göre sınıflandırılarak model kurulmaktadır. Mevcut çalışmaların bazılarında ise enerji ithalatçısı ve enerji ihracatçısı ayrımı yapılarak

lkeler analize dâhil edilmektedir. Mahadevan ve Asafu-Adjaye (2007), 1971-2002 dönemi için 20 net enerji ithalatçısı ve ihracatçısı ülke verilerini kullanarak enerji tüketimi-GSYH büyümesi arasındaki iliŖkiyi panel hata düzeltme modeli ile yeniden analiz etmiŖlerdir. alıŖma, birim kök, eŖbtnleŖme ve Granger nedenselliğin testi için son geliŖtirilen panel metodlarını kullanması, panel nedensellik sonuçlarının (kısa ve uzun dönem), her bir ülke için elde edilen VECM modelleri ile karŖılaŖtırması ve ülke bileŖiminin geliŖmiŖ ve geliŖmekte olan ülke yanında hem enerji üreticisi hem de enerji tüketicisi ülkelerden oluŖması nedeniyle önem taŖımaktadır. DeđiŖkenler arasında uzun dönem iliŖkisinin olup olmadığını araŖtırmak için Pedroni (1999, 2000)'nin heterojen panel testi ile Johansen ve Juselius (1992) testi sonuçları karŖılaŖtırılmıŖtır. Johansen testi sonuçlarına göre, enerji ithalatçısı ülkelerde eŖbtnleŖme iliŖkisi yoktur, ancak Pedroni'nin testine göre, enerji ithalatçısı ve ihracatçısı ülkelerde eŖbtnleŖme mevcuttur. Daha sonra genelleŖtirilmiŖ momentler metoduna dayalı panel VECM modelinden nedensellik sonuçları elde edilmiŖtir. Sonuçlara göre, enerji ihracatçısı geliŖmiŖ ülkelerde hem kısa hem de uzun dönemde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik çift yönlüdür. Ancak geliŖmekte olan ülkelerde enerji tüketimi sadece kısa dönemde ekonomi büyümeye yol açmaktadır. Enerji ithalatçısı geliŖmekte olan ülkeler için sonuçlar benzer iken, enerji ithalatçısı geliŖmiŖ ülkelerde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında karŖılıklı bir nedensellik mevcuttur. alıŖmada ayrıca her bir ülke için ayrı VECM modelleri tahmin edilerek karŖılaŖtırmalar yapılmaktadır. Analiz sonuçlarına göre, ülkelerin çoğunda enerji tüketimindeki artıŖlar GSYH üzerinde önemli pozitif bir etkiye sahiptir ve tersi de doğrudur.

Huang vd., (2008) alıŖmalarında 82 ülke için 1972-2002 yılları arasında enerji tüketimi-GSYH iliŖkisini panel veri yaklaŖımıyla ele almaktadırlar. alıŖmada Panel VAR modeli kullanılmıŖtır ve bu model GMM (GenelleŖtirilmiŖ Momentler Metodu)-SYS yaklaŖımı ile tahmin edilmiŖtir. alıŖmanın önemli katkılarında biri ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki dinamik iliŖkinin Dinamik Panel YaklaŖımı kullanılarak tahmin edilmesidir. Tüm ülkelere ait verilerden elde edilen sonuca göre enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik bulunmaktadır. Bu geri besleme iliŖkisi pozitif yöndedir. Beklenildiği gibi, 82 ülkede diğer açıklayıcı deđiŖkenlerin birçoğu önemli bir açıklama gücüne sahip değildirler. alıŖmada daha

sonra ekonomik gelişme düzeylerini yansıtmak amacıyla ülkeler, düşük gelir grubu, düşük-orta gelir grubu, yüksek-orta gelir grubu ve yüksek gelir grubu şeklinde gruplandırılmışlardır. Sonuçlara göre ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki dinamik ilişki gelir gruplarına göre farklılık göstermektedir. Düşük gelir grubu için, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensel bir ilişki bulunamamıştır. Bu ülkelerde enerji politikasının belirlenmesi zordur, çünkü enerji tüketimi ekonomik büyümeyi getirmemektedir. Diğer yandan orta gelir grubu için (düşük orta ve yüksek orta), ekonomik büyüme pozitif yönde enerji tüketimine yol açmaktadır. Son olarak yüksek gelir grubundaki ülkeler için, ekonomik büyüme negatif yönde enerji tüketimine yol açmaktadır. Çalışmanın asıl amacı Kuznets eğrisini tahmin etmek olmamasına karşın, sonuçlar Kuznets eğrisi öngörüsüyle oldukça ilgilidir. Bu nedenle çalışmada daha ayrıntılı bir analiz için, kirlilik ile ilgili verilerde toplanarak yeni bir model kurulmuştur. Bu modelden elde edilen sonuçlara göre ise, en ciddi kirlilik düzeyi yüksek orta gelir grubunda görülürken, en düşük kirlilik oranı düşük gelir grubundaki ülkelerde görülmektedir. Bu sonuç Kuznets eğrisi ilişkisinin doğruluğunu kanıtlamaktadır.

Analize dahil edilen ülkeleri gelir gruplarına göre sınıflandıran diğer bir panel veri çalışması, Öztürk vd. (2010)'un 1971-2005 dönemi için 51 ülkede panel veri kullanarak enerji tüketimi ile GSYH arasındaki ilişkiyi araştırdığı çalışmasıdır. Ülkeler düşük gelir grubu, düşük orta gelir grubu ve yüksek orta gelir grubu olmak üzere üçe ayrılmıştır. Çalışmada yıllık enerji tüketimi ve kişi başına GSYH verileri kullanılmıştır. Birim kök testi olarak Pesaran ve Shin (2003) testi uygulanmış ve değişkenlerin birinci farklarının durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İlk olarak değişkenler arasındaki ilişki Pedroni (1999) panel eşbütünleşme analizi ile tahmin edilmiştir. Daha sonra panel nedensellik analizi yapılmıştır. Son olarak aradaki ilişkinin güçlü mü, yoksa zayıf mı olduğunu tespit için Pedroni (2001) metodu kullanılmıştır. Elde edilen ampirik bulgulara göre, enerji tüketimi ile GSYH her üç gelir grubundaki ülkeler için eşbütünleşiktir. Panel nedensellik testi sonuçlarına göre, uzun dönem Granger-nedensellik düşük gelir grubundaki ülkelerde, GSYH'den enerji tüketimine doğru iken, orta gelir grubundaki ülkelerde çift yönlü nedensellik söz konusudur. Diğer bir bulgu, her üç gelir grubundaki ülkeler içinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişkinin olmamasıdır.

Diğer yandan enerji tüketimi ile ekonomik çıktı arasındaki ilişkiyi ele alan panel veri literatüründe, zaman serisi niteliğindeki çalışmalarda olduğu gibi kullanılan modelin açıklama gücünü artırmak amacıyla modele enerji değişkenlerinin yanı sıra sermaye ve işgücü değişkenlerinin de dahil edildiği çalışmalarda yer almaktadır. Bu çalışmalardan biri Lee (2005)'e aittir. Çalışmada 18 gelişmekte olan ülke için 1975-2001 dönemi için enerji tüketimi-GSYH arasındaki nedensel ilişki enerji tüketimi, reel GSYH ve reel sermaye stoku değişkenleri kullanılarak yeniden analiz edilmiştir. Analizlerde, panel birim kök, panel eşbütünleşme ve panel hata düzeltme modeli uygulanmıştır. Çalışmada Pedroni (1999)'un geliştirdiği heterojen panel eşbütünleşme testi yapılmıştır. Bu yöntem farklı bireysel etkilerin ve yatay-kesitin karşılıklı bağımlılığına izin vermektedir. Eşbütünleşme testine göre, farklı ülke etkileri de dikkate alındığında, uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra uzun dönem ilişkisi full-modified OLS ile tahmin edilmiştir. Bireysel ve panel full-modified OLS tahmininden elde edilen sonuçlara göre, enerji tüketimi ve reel sermaye stoku %5 önem düzeyinde anlamlıdır ve etki beklenildiği gibi pozitifdir. Çalışmada en son Granger Nedensellik testi yapılmıştır. Daha sonra uzun dönem modeli tahmin edilerek elde edilen kalıntılarla dinamik hata düzeltme modeli tahmin edilmiştir. Bu modele sermaye stoku eşitlikleri dahil edilmemiştir, çünkü anlamlı değildirler. Çalışmadaki bulgular ışığında, uzun ve kısa dönem nedenselliğın enerji tüketiminden GSYH'ye doğru olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani gelişmekte olan ülkelerde geçici ya da kalıcı olmasına bakmaksızın enerji koruma politikası ekonomik büyümeye zarar verecektir.

Diğer bir çalışmasında, Lee ve Chang (2008), 1971-2002 periyodu için 16 Asya ekonomisinde, enerji tüketimi ile reel GSYH arasındaki nedensel ilişkiyi tahmin etmişlerdir. Çalışmadaki model, enerji tüketimi ve reel GSYH yanında, sermaye stoku ve işgücü girdilerini de içeren üretim yanlı bir modeldir. Analizde öncelikle panel birim kök testi yapılmıştır. Bunun için Levine vd. (2002), Im vd. (2003) ve Breitung (2000) olmak üzere üç test uygulanmıştır ve bu testlerden elde edilen sonuçlara göre, dört serinin de birinci derece farklarının durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra eşbütünleşmeyi test etmek için, Pedroni (1999) tarafından geliştirilen Heterojen Panel Eşbütünleşme Testi yapılmıştır. Analiz sonucunda reel GSYH ile enerji tüketimi arasında pozitif yönlü uzun dönem eşbütünleşme ilişkisi bulunmuştur. Daha sonra enerji

tüketimi ile GSYH arasındaki kısa-dönem ve uzun-dönem nedenselliği test etmek için panele-dayalı Hata Düzeltme Modeli kullanılmıştır. Bunun için Engle ve Granger (1987) modelinden iki adımlı-prosedürü izlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında zayıf bir kısa dönem ilişkisi olmasına karşın, uzun dönemde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru hareket eden bir nedensel ilişki mevcuttur. Ancak ne kısa, ne de uzun dönemde GSYH'den enerji tüketimine doğru bir nedensel ilişki mevcut değildir. Çalışmada son olarak iki ülke bloğu için grup etkilerini tahmin etmek için bölge APEC ve ASEAN olmak üzere iki bölgesel gruba ayrılarak, bu ülke grupları için ayrı ayrı panel nedensellik uygulanmıştır. Daha önceki analizde var olmayan GSYH'den enerji tüketimine doğru nedensellik ülkeler 2 gruba ayrıldığında hem uzun hem de kısa dönemde söz konusu olmaktadır.

Sermaye ve işgücü değişkenlerini içeren bir diğer çalışmada, Imran ve Siddiqui (2010), 1971-2008 dönemine ait yıllık verilerle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkisini sermaye stoku ve işgücü girdilerini de içeren çok değişkenli bir metotla incelenmişlerdir. Analiz Bangladeş, Hindistan ve Pakistan olmak üzere 3 SAARC ülkesini kapsamaktadır. Çalışmada öncelikle panel birim kök ve panel eşbütünlüşme testleri yapılmıştır. Daha sonra panele dayalı hata düzeltme modeli tahmin edilmiştir. En son nedenselliğin yönünü tespit için Granger nedensellik testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, uzun dönemde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik varken, kısa dönemde nedensel ilişki bulunmamaktadır. Yani enerji tüketimi ekonomik büyümeyi tetiklemektedir ve enerji tüketimindeki değişimler büyüme üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

2.2.3. Ayırıştırma Analizi Niteliğinde

Enerji-büyüme ilişkisini ele alan literatürde, enerji yoğunluğu ve enerji tüketiminin tetikleyicilerini belirlemek için son yıllarda geniş bir kullanım alanına sahip olan metotlardan biri ayırıştırma analizidir.

Ayırıştırma tekniği, ekonomik indeks rakamına dayanarak yapılmaktadır ve literatürde tanımlanmış birçok endeks mevcuttur (Abdallat vd., 2011:241). Ayırıştırma analizi için endeks kullanımı ilk kez, Boyd, Mc Donalds, Ross ve Hanson (1987) tarafından gerçekleştirilmiştir. Adı geçen ekonomistler, Divisia endeksini

kullanmışlardır. Literatürde sıkça kullanılan diğer bir endeks türü Fisher endeksidir. Boyd ve Roop (2004) Fisher endeksini ilk kez enerji yoğunluğundaki değişimin enerji etkinliği ve ekonomik aktivitedeki değişimler şeklinde ayrıştırmada kullanmışlardır.

Diğer yandan, ayrıştırma analizi ekonomideki yapısal kaymaları, enerji kullanımındaki daha temel gelişmelerden ayırmaya olanak tanımaktadır. Bu ayrıştırma, imalat sanayi ve diğer ekonomik aktivitelerdeki hangi değişimlerin, enerji talebini azalttığını göstermektedir (Metcalf, 2008:1-2).

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini ayrıştırma tekniğini kullanarak analiz eden literatürde enerji kullanımındaki değişimler genel anlamda 3 temel faktöre ayrıştırılmıştır.

1. Endüstriyel aktivitedeki değişim (Üretim Etkisi)
2. Zaman içinde üretilen çıktının yapısındaki değişim (Yapısal Etki)
3. Bireysel endüstrilerin enerji etkinliklerindeki değişim (Etkinlik Etkisi)

Ayrıştırma analizinde en sık kullanılan endekslerden biri olan Divisia endeksini kullananlar arasında yer alan Gardner and Elkhafif (1998), çalışmalarında 1962-1992 döneminde Kanada endüstrisi içinde önemli bir konuma sahip olan Ontario endüstrisinde meydana gelen değişimleri yapısal ve enerji yoğunluğu şeklinde ayrıştırarak ekonometrik bir analiz yapmışlardır. Yapısal ve yoğunluk endekslerinin her ikisi için de konjonktürel ve trend unsurlarının tanımı ve ölçümü yapılmıştır. Konjonktürel unsur endüstrideki çıktının değişmesinden kaynaklanırken, trend unsuru teknoloji ve tüketici tercihlerindeki değişimlerden kaynaklanmaktadır. Çalışmanın amacı doğrultusunda, çalışma dönemi, petrol şoku öncesi dönem (1962-1943), petrol şoku dönemi (1973-1985) ve petrol şoku sonrası dönem (1985-1992) olmak üzere 3 periyoda ayrılmıştır. Yapısal endeks eşitliğinin tahmininden elde edilen sonuçlara göre, enerji yoğun endüstrilerin ekonomik çıktıdaki büyümeye, enerji yoğun olmayan endüstrilerden daha duyarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yoğunluk endeksi tahmin sonuçlarına göre ise, ekonomik büyüme tüm eşitliklerde anlamlıdır ve işareti beklenildiği gibidir. Çalışmada ayrıca toplam yoğunluk endeksleri üzerinde toplam etkiye bakılmıştır. Çıktı büyümesi yapısal endeksi artırma eğilimindeyken, çıktı büyümesinin yoğunluk endeksi üzerindeki etkisinden dolayı toplam yoğunluk endeksi üzerindeki net etki negatif olmaktadır. Toplam yoğunluk endeksindeki değişimin 1/3'ü

yapısal değişimden ötürü iken, kalan değişim yoğunluk endeksinden kaynaklanmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, otonom zaman trendleri, son 30 yılda Ontario’da endüstriyel enerji kullanımındaki değişimlerin arkasındaki önemli bir faktördür.

Divisia endeksini kullanan çalışmalara bir diğer örnek Farla ve Blok (2000)’dir. Farla ve Blok, enerji etkinliği ve ekonomik yapının 1980-1995 döneminde Hollanda’daki toplam birincil enerji tüketimi üzerindeki etkisi ele almaktadırlar. Çalışmadaki ayrıştırma analizi için Ang (1995) tarafından geliştirilen Basit Ortalama Parametrik Divisia Metodu 2 kullanılmıştır. Ekonomi 5 temel sektöre ve 21 alt sektöre bölünmüştür. Analiz sonuçlarına göre, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında yıllık %1,5 gibi ciddi bir ayrışma mevcuttur. Ancak ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ayrışma ekonomide sektörel bazda gözlenmemektedir. Çalışmadan elde edilen önemli bir sonuç, birincil enerji tüketiminin üçte birinin GSYH’ye katkı sağlamayan alt sektörlerde gerçekleştiği bulgusudur. Genel anlamda sonuçlar değerlendirildiğinde, tarım sektöründeki ekonomik aktivite büyümesi, GSYH’deki büyümeden daha büyüktür. Enerji etkinlik gelişmelerine en fazla katkıyı sağlayan sektörler hanehalkı ve endüstri sektörleridir. Diğer yandan inşaat ve hizmetler alt sektörleri Hollanda ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Sonuç olarak, ekonominin bileşimindeki değişimi ifade eden yapısal değişme, bu dönemde Hollanda’daki enerji yoğunluğunda net bir azalışa yol açmamıştır.

Stern (2000)’in Divisia endeksine dayandırdığı çalışmasında, Stern (1993)’te enerji kullanımı, sermaye ve işgücü girdilerini kullanarak enerji-GSYH ilişkisini VAR modeliyle tahmin ettiği çalışmasının genişletilmiş bir formunu analiz etmiştir. Çalışmadaki dikkate değer hususlardan biri, gayri safi enerji kullanımında kaliteye göre ayarlanmış bir enerji girdi endeksinin kullanılmasıdır. Bu kaliteye göre ayarlanmış endeks, Divisia toplamı kullanılarak oluşturulmuştur. Enerji girdi bileşimindeki değişimler için ağırlıklandırılmış enerji kullanımı önemlidir, çünkü enerjinin ekonomik büyüme etkilerinin büyük bir kısmı kömür gibi düşük kaliteli enerji kaynakları yerine, elektrik gibi yüksek kaliteli enerji kaynaklarının ikame edilmesinden kaynaklanmaktadır (Jorgenson, 1984; Hall vd., 1986; Kaufmann, 1994).

Çalışmada GSYH, kaliteyle ağırlıklandırılmış enerji, işgücü ve sermaye serileri kullanılarak basit statik tek eşitlikten oluşan Cobb-Douglas toplam üretim fonksiyonu tahmin edilmiştir ve Johansen metodu kullanılarak eşbütünleşme ilişkisi araştırılmıştır. Analiz ABD ekonomisi için 1948-1994 dönemine ait verilerle yapılmıştır ve VAR ile tahmin edilmiştir. Öncelikli olarak, Dickey-Fuller Testi, Phillips Perron Testi, Schmidt-Phillips testi ve KPSS testi kullanılarak birim kök testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, enerji, sermaye ve GSYH serileri birim kök içermektedirler. Diğer yandan Phillips Perron testine göre sermaye, işgücü ve GSYH eşbütünleşiktir. Hem tek eşitlikten oluşan statik eşbütünleşme analizine hem de çok değişkenli dinamik eşbütünleşme analizine göre enerji, GSYH'nin açıklanmasında önemlidir. Ayrıca GSYH, sermaye ve işgücü, enerjiyi içeren ilişkide eşbütünleşme ilişkisi mevcuttur. Sadece enerji ve GSYH'den oluşan analize göre, enerjinin GSYH'nin nedeni olduğu sonucuna ulaşılrken, çok değişkenli modelde ise karşılıklı nedensel ilişkinin olduğu görülmektedir.

Divisia endeksinin farklı bir formunu kullanan çalışmalardan biri olan Unander vd. (1999), çalışmalarında 13 OECD ülkesindeki imalat sanayi enerji kullanımının 1971-1995 dönemi için analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada imalat sanayindeki enerji kullanımındaki değişimlerin, imalat sanayii çıktı düzeyi, ekonomik yapı ve enerji yoğunluğundaki değişimlerden kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Yani çıktı büyümesinin birçok ülkede enerji kullanımı tarafından tetiklendiği hipotezi ileri sürülmüştür. Analize dahil edilen ülkeler imalat sanayilerinin enerji yoğunluğuna dayanarak, yüksek enerji yoğun ülkeler (Avustralya, Kanada, Norveç, Finlandiya), orta enerji-yoğun ülkeler (İsveç, Hollanda, ABD) ve düşük enerji yoğun ülkeler (Danimarka, Fransa, Doğu Almanya, İtalya, Japonya, İngiltere) olmak üzere 3 grup şeklinde tanımlanmıştır. İmalat sanayi enerji kullanımı Uluslararası Standart Endüstriyel Sınıflandırmaya göre (UN, 1968), gıda ve benzeri ürünler, kağıt ve kağıt hamuru, kimyasallar, metal dışı mineraller, demir-çelik ve demir olmayan metaller şeklinde 6 alt sektöre ayrılmıştır. Daha sonra, her bir alt sektör için çıktı yapısı ve enerji yoğunluğu analiz edilmiştir. Her bir ülkenin imalat sektörü enerji kullanımındaki değişimleri değerlendirmek için ve ülkeler arasındaki farklılıkları karşılaştırmak için toplam enerji kullanımındaki değişme;

1. İmalat sanayi çıktı düzeyindeki değişimler,

2. İmalat sanayi çıktı bileşimindeki değişimler (yapısal değişim),
3. Alt-sektör enerji yoğunluğundaki değişimler olmak üzere üç kısma ayrılmıştır.

Çalışmada metot olarak Uyarlanmış Ağırlıklı Divisia Ayırıştırma Metodu kullanılarak toplam enerji yoğunluğundaki değişme açıklanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre imalat sanayi çıktısı birçok ülkede enerji kullanımını tetikleyerek büyümektedir. Ayrıca her sektörde elektrik kullanım payı artmaktadır ve kömür ve petrolden daha temiz bir kaynak olan doğalgaza yönelme söz konusudur. Diğer yandan hem fiyatlar hem de ekonomik büyüme oranı imalat sanayi enerji yoğunluğunun azalma oranını belirleyen önemli etkenlerdir. Ayrıca düşük imalat sanayi enerji yoğunluğunun, üretim girdileri ve imalat sürecinde yapısal kaymalara yol açacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Ayırıştırma tekniğinde en sık Divisia endeksinin kullanılmasına karşın son yıllarda farklı endekslere dayalı analizler yaygınlaşmıştır. Abdallat vd (2011), çalışmasında endüstri sektöründe elektrik ve yakıt tüketimindeki değişmelerin arkasındaki temel tetikleyicileri tanımlamak amacıyla; 1998-2005 dönemi için Ürdün’de enerji talebini etkileyen faktörleri belirlemek için Laspeyers ayırıştırma tekniği kullanmıştır. Değişimler, üretim etkisi, yapısal etki ve etkinlik etkisi olarak üçe ayrılmıştır. Ayırıştırma analizine sonuçlarına göre enerji talebi artışının temel tetikleyicisi endüstri sektörü çıktısındaki hızlı artıştır. Endüstriyel üretim çıktısındaki hızlı artışlar, bu sektördeki enerji talep artışı üzerinde (%10,9 gibi bir etkiye sahiptir. Ancak inovasyon, teknolojik değişim, difüzyon ve daha etkin teknolojilere adapte olabilmeyen kaynaklanan etkinlik etkisindeki önemli gelişmeler ve endüstri sektöründeki yapısal değişimler enerji talebindeki artışa karşı koymakta ve hızlı artışı yavaşlanmaktadır. Enerji etkinliğindeki gelişmeler %5,65 oranında, yapısal değişim ise %2,28 oranında enerji kullanımında azalışa yol açmaktadır. Üç etkinin enerji kullanımı üzerindeki toplam etkisi yıllık %3,4 oranında artıştır.

Ayırıştırma analizinin uygulandığı diğer bir çalışma olan Huntington (2009) analizinde, endüstriyel düzeydeki yapısal ekonomik değişimin toplam enerji yoğunluğundaki değişimi daha güçlü yansıtacağı düşünülerek, ABD için enerji kullanımda yapısal değişimin rolü tahmin edilmiştir. Analizlerde Fisher İndeksi kullanılmıştır. Çalışmada, tarım, tarım-dışı endüstri, ticaret, taşımacılık ve konut olmak üzere 5 temel sektör ve bu sektörlerdeki 65 farklı endüstriyi kapsayan bir veri seti ele

alınmıştır. Sektörler, Kuzey Amerika Endüstri Sınıflandırma Sistemine (NAICS) göre sınıflandırılmıştır. Çalışmada öncelikle 1949-2006 dönemi ele alınmış, daha sonra 1997-2006 dönemi için analiz yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, aktivite kaymaları 1997-2006 döneminde ABD ekonomisinde toplam enerji yoğunluğunda %40 oranında azalmaya yol açmıştır. Taşımacılık sektörü hariç tutulduğunda, bu sektörel kaymaların toplam etkisi %54 olmaktadır. 1949-2006 dönemi için, toplam enerji yoğunluğundaki azalmada, aktivite kaymalarının etkisi toplam etki içinde sektör-içi yoğunluk etkisine oranla daha yoğundur.

Fisher endeksine bir diğer örnek olan örnek olan Metcalf (2008), çalışmasında 1970-2003 döneminde ABD'deki enerji yoğunluğu gelişimlerini tetikleyen güçleri analiz etmektedir. Çalışmada Fisher'in ideal endeksine dayalı ayrıştırma analizi yapılmıştır. Ulusal düzeyde ve eyalet-düzeyinde oluşturulan bir yoğunluk endeksinin, ekonomik etkinlik ve aktivite endekslerindeki değişimlere ayrıştırılmasıyla oluşturulan endekslerin ekonometrik analizine yer verilmiştir. Hem ulusal hem de eyalet düzeyindeki ayrıştırma analizi sonuçlarına göre, enerji yoğunluğundaki azalışın büyük kısmının enerji etkinliğindeki gelişmelerden kaynaklandığını göstermektedir. Ulusal düzeydeki ayrıştırmaya göre, enerji yoğunluğundaki azalışın $\frac{3}{4}$ 'ünün enerji etkinliğindeki gelişmelerden, geri kalan kısmı ise enerji etkinliğindeki gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Diğer yandan yükselen gelir etkinlik kanalıyla enerji yoğunluğunda azalışa katkı sağlamaktadır. Regresyon tahmininden elde edilen sonuca göre enerji fiyatlarındaki %10'luk bir yükseliş, enerji yoğunluğunda %1,1'lik bir düşüşe yol açacaktır. Diğer önemli bir sonuç enerji yoğunluğu-gelir ilişkisinin kuadratik olmasıdır, yani gelir arttıkça enerji yoğunluğu önce artmakta, daha sonra azalmaktadır. Daha öncekilerden farklı olarak, çalışmada ekonomik ve iklim değişikliklerinin enerji yoğunluğundaki değişim üzerindeki etkisini ölçmek için regresyon analizi yapılmıştır. Isıtma yapılan günlerin fazla olduğu eyaletlerde enerji yoğunluğu yüksek iken, havanın daha sıcak olduğu eyaletlerde enerji yoğunluğu daha düşüktür. Enerji yoğunluğu, sermaye/işgücü oranı ile birlikte önce artmakta, daha sonra azalmaktadır. Diğer yandan nüfus artış hızı yüksek olan eyaletlerin enerji yoğunluğu yüksektir.

Son dönem ait çalışmalardan biri olan Che ve Pham (2012)'da 1989-90/2009-12 dönemi için Avustralya'da enerji yoğunluğunun ayrıntılı bir analizini sunulmaktadır. Analizler, tarım, madencilik, imalat, hizmetler, taşımacılık ve konut sektörlerini

içermektedir ve Ang ve Liu (2001)'in geliştirdiği ayrıştırma metodu kullanılmaktadır. Enerji tüketimindeki değişim, aktivite, yapısal ve etkinlik etkisi olmak üzere üç faktörün toplamı ile ifade edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, enerji yoğunluğu Avustralya'da yılda %0,2 azalmıştır ve bu azalışın ana kaynakları hizmetler, imalat sanayi, taşımacılık ve konut sektörleridir. Diğer taraftan her bir sektörün enerji tüketimindeki değişim bileşimleri incelenmiştir. İmalat sektöründe en büyük katkıyı aktivite etkisi sağlamakta ve onu yapısal değişim ve etkinlik etkisi izlemektedir. Burada aktivite etkisi enerji tüketiminde artışa katkı sağlarken, yapısal ve etkinlik etkisi enerji tüketiminde azalışa neden olmaktadır. Hizmetler sektörüne bakıldığında, yapısal etki ve etkinlik etkisi enerji tüketimini azaltıcı etki yaparken, toplam etki enerji tüketimini artırmıştır. Madencilik sektöründe ise, enerji tüketimindeki artışa en büyük katkıyı aktivite etkisi daha sonra etkinlik etkisi yapmıştır. Diğer bir sektör olan tarım sektöründe, enerji tüketimindeki artışın %71'lik kısmını aktivite etkisi oluşturmakta, onu yapısal etki takip etmektedir. Etkinlik etkisi ise enerji tüketimini azaltıcı etki doğurmaktadır. Taşımacılıkta, enerji tüketimindeki artışa en fazla katkıyı aktivite etkisi sağlamakta, yapısal etkinin payı yok denecek kadar az ve etkinlik etkisi ise enerji tüketimini azaltıcı yöndedir. Son olarak konut sektöründe, aktivite etkisi ve yapısal etki enerji kullanımını artırırken, etkinlik etkisi enerji kullanımını azaltmıştır Konut sektöründe enerji fiyatları enerji yoğunluğu açısından önemli bir belirleyicidir.

Hofman ve Labar (2006), Çin ekonomisinde meydana gelen yapısal değişimlerden hangisinin enerji yoğunluğunda değişmeye katkı sağlayacağını araştırmışlardır. Çalışmada 1990-2004 dönemine ait il-düzeyinde enerji yoğunluğu verileri kullanılarak Schäfer (2005)'in kullandığı formülasyon ile bir ayrıştırma analizi yapılmıştır. Ayrıştırma analizinde GSYH, toplam GSYH içinde birincil, ikincil ve üçüncül sektörlerin payı, toplam GSYH içindeki ağır ve hafif sanayinin payları, toplam enerji tüketimi ve sektörel bazda enerji tüketimi değişkenleri kullanılmıştır. Elde edilen temel bulguya göre, kişi başına GSYH oranının artmasıyla birlikte, il bazındaki enerji yoğunluğu düşmektedir. Enerji yoğunluğundaki azalışın büyük bölümü, endüstride sektör-içi enerji tasarrufundan kaynaklanmaktadır. İkinci dereceden önemli neden, sektörel kaymalardır, ancak bu neden GSYH içindeki hizmetlerin payını genişletmiş olan daha zengin olan illerde daha önemli bir rol oynamaktadır. Son etken, illerin büyük çoğunluğunda endüstriye doğru sektörel bir kayma yaşanmasıdır. Çin'in enerji

yoğunluğundaki hızlı azalışın temel nedeni, endüstri sektöründeki enerji yoğunluğundaki azalmadır, bu durum endüstrinin GSYH içinde payındaki bir artışla dengelenmektedir. Çalışmada ayrıca sabit etkiler ve iki-aşamalı sabit etkiler modelleri kullanılarak tahmin yapılmıştır. Söz konusu modellerdeki değişkenler, kömür fiyatları, kişi başına GSYH, toplam GSYH içinde hizmetlerin payı, toplam gayri safi değer içinde hafif endüstrinin payı ve toplam enerji tüketimi içinde ham kömürün payı, GSYH içinde endüstrinin payı ve toplam gayri safi değer içinde kamu malı teşebbüslerinin payından oluşmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, enerji yoğunluğu ile enerji fiyatları, kişi başına GSYH, toplam GSYH içinde hizmetlerin payı, toplam gayri safi değer içinde hafif endüstrinin payı ve toplam enerji tüketimi içinde ham kömürün payı arasında negatif bir ilişki vardır. Diğer yandan enerji yoğunluğu ile GSYH içinde endüstrinin payı ve toplam gayri safi değer içinde kamu malı teşebbüslerin payı arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır.

Tablo 2.1. Enerji-Büyüme İlişkisi Literatür Özeti Tablosu

Yazar(lar)/ Çalışma Yılı	Ülke(ler)- Dönemi	Çalışmanın Veri Seti	Yöntem	Özet Bulgular
Gardner ve Elkhafif (1998)	Ontario 1962-1992	Toplam Endüstriyel Enerji Kullanım Oranı, Reel Katma Değer İçine Endüstriyel Çıktının Payı, Enerji Fiyatları	Divisia Endeksine Dayalı Ayrıştırma Analizi	Enerji yoğun endüstriler ekonomik çıktındaki büyümeye enerji yoğun olmayan endüstrilerden daha duyarlıdır. Toplam yoğunluk endeksindeki değişimin 1/3'ü yapısal değişimden ve kalan değişim ise yoğunluk endeksinden kaynaklanmaktadır.
Unander vd. (1999)	13 OECD Ülkeleri ¹² 1971-1995	İmalat Sanayii Enerji Kullanımı, İmalat Sanayii Çıktı Düzeyi, İmalat Sanayii Çıktı Bileşimi, Enerji Yoğunluğu	Uyarlanmış Ağırlıklı Divisia Ayrıştırma Metodu	İmalat sanayi çıktısı birçok ülkede enerji kullanımını tetikleyerek büyümektedir. Düşük imalat sanayi enerji yoğunluğu, üretim girdileri ve imalat sürecinde yapısal kaymalara yol açacaktır.

¹² Avustralya, Kanada, Norveç, Finlandiya, İsveç, Hollanda, ABD, Danimarka, Fransa, Doğu Almanya, İtalya, Japonya, İngiltere.

Tablo 2.1. (Devam)

Farla ve Blok (2000)	Hollanda 1980-1995	Birincil Enerji Tüketimi, Gayri Safi Katma Değer, Fiziki Üretim Göstergeleri	Basit Ortalama Parametrik Divisia Metodu	Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında yıllık %1,5 gibi ciddi bir ayrışma vardır. Ancak ekonomide sektörel bazda ayrışma gözlenmemektedir. Enerji etkinlik gelişmelerine en fazla katkıyı sağlayan sektörler hanehalkı ve endüstri sektörleridir. Yapısal değişme, enerji yoğunluğunda net bir azalışa yol açmamıştır.
Stern (2000)	ABD 1948-1994	Kalite İle Ağırlıklandırılmış Enerji Kullanımı, İşgücü, Sermaye	VAR	Sadece enerji ve GSYH'den oluşan analizde enerji GSYH'nin nedenidir, çok değişkenli modelde ise karşılıklı nedensel ilişki mevcuttur.
Cleveland vd. (2000)	ABD 1954-1992	Kaliteye Göre Ayarlanmış Enerji Tüketimi Endeksi, GSYH, Sermaye, İşgücü/ Toplam Enerji Tüketiminde Doğalgazın Payı, Toplam Enerji Tüketiminde Petrolün Payı, Toplam Enerji Tüketiminde Elektrik'in Payı, Hanehalkı Enerji Harcamaları, Üretilen Ürün Bileşimi, Reel Enerji Fiyatları	Johansen(1988) ve Johansen-Juselius (1990) Çok Değişkenli Vektör Hata Düzeltme Modeli	İki değişkenli analizde, enerji-GSYH arasında nedensel bir ilişki yokken, çok değişkenli analizde GSYH enerji kullanımının Granger nedenidir. Enerji/GSYH oranındaki aşağı doğru eğilimin nedenleri enerji bileşimindeki değişimler ve üretilen ve tüketilen mal ve hizmet türündeki kaymalardır.
Soytaş, Sarı ve Özdemir (2001)	Türkiye 1960-1995	Enerji Tüketimi Reel GSYH	Johansen-Juselius Çok Değişkenli Eşbütünleşme VECM	Enerji tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü bir nedensellik vardır.
Popp (2001)	ABD 1959-1991	İşgücü, Enerji ve Materyaller, Fiziki Sermaye Stoku, Enerjiyle İlgili Bilgi Stoku, Ücret Oranı, Enerji Fiyatları ve Materyal	Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM)	Yeni teknolojiler enerji tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Enerji tüketiminde meydana gelen bir değişimin üçte ikisi basit fiyatın-uyardığı faktör ikamesinden kaynaklanırken, geri kalan kısmı inovasyonun uyardığı değişimdir. Ayrıca uyarılmış inovasyonun uzun dönem etkileri muhtemelen daha büyük olacaktır.

Tablo 2.1. (Devam)

Kaufmann (2004)	ABD 1929-1999	Kişisel enerji Tüketim Harcamaları, Toplam Enerji Tüketimi, Reel GSYH, Petrol Tüketimi, Doğalgaz tüketimi, Hidroelektrikten Elde Edilen Elektrik, Nükleer Güçten Elde Edilen Elektrik, Yakıt Fiyatları	VECM	Hanehalkının enerji harcamalarının artması yüksek enerji kullanım oranı ile ilişkilidir. Daha kaliteli yakıtlara doğru kayma enerji/GSYH oranında azalışa yol açmaktadır. Yüksek enerji fiyatları enerji kullanımını azaltmaktadır. Enerji tüketimi içinde petrolün payı azaldığı için doğal gazın payı artmaktadır.
Mulder ve de Groot(2004)	14 OECD Ülkesi ¹³ 1970-1997	Enerji Tüketimi, İstihdam, GSYH	Rafine Edilmiş Divisia Metodu (RDM)	Birçok ülkede yapısal değişme imalat işgücü verimliliği büyüme oranının sadece küçük bir kısmını açıklarken, imalat enerji verimliliği büyüme oranının önemli bir kısmını açıklamaktadır. Enerji ve işgücü verimlilik büyüme oranları arasında pozitif bir ilişki vardır.
Lee (2005)	18 Gelişmekte Olan Ülke ¹⁴ 1975-2001	Enerji Tüketimi, Reel GSYH, Reel Sermaye Stoku	Panel VECM Granger Nedensellik	Uzun ve kısa dönem nedensellik enerji tüketiminden GSYH'ye doğrudur. Yani enerji koruma politikası ekonomik büyümeye zarar verecektir.
Hofman ve Labar (2006)	Çin 1990-2004	GSYH, GSYH İçindeki Sektörel Paylar, GSYH'deki Ağır ve Hafif Sanayinin Payları, Toplam Enerji Tüketimi, Sektörel Enerji Tüketimi/ Kömür fiyatları, kişi başına GSYH, GSYH'deki hizmetlerin payı, GSYH'daki hafif endüstrinin payı Toplam Enerji Tüketiminde Kömürün payı, GSYH'de endüstrinin Payı, GSYH'de KİT'lerin payı	Ayrıştırma Analizi, Sabit Etkiler Modeli, İki Aşamalı Sabit Etkiler Modeli	Kişi başına GSYH oranının artmasıyla birlikte, il bazındaki enerji yoğunluğu düşmektedir. Enerji yoğunluğundaki hızlı azalışın temel nedeni, endüstri sektöründeki enerji yoğunluğundaki azalmadır. Enerji yoğunluğu ile enerji fiyatları, kişi başına GSYH, toplam GSYH'de hizmetlerin payı arasında negatif bir ilişki varken, GSYH içinde endüstrinin payı arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır.

¹³ Avustralya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Doğu Almanya, İtalya, Japonya, Norveç, İsveç, Hollanda, ABD, İngiltere.

¹⁴ Güney Kore, Singapur, Macaristan, Arjantin, Şili, Kolombiya, Meksika, Peru, Venezüella, Endonezya, Malezya, Filipinler, Tayland, Hindistan, Pakistan, Sri Lanka, Gana, Kenya.

Tablo 2.1. (Devam)

Jobert ve Karanfil (2007)	Türkiye 1960-2003	Enerji tüketimi, Kişibaşına Enerji Tüketimi, Gelir Kişibaşına Gelir	Granger Nedensellik- Anlık Nedensellik	Granger nedensellik testine göre, reel GSMH ile enerji kullanımı arasında nötrlük hipotezi söz konusudur. Anlık nedensellik testine göre enerji tüketimi ile GSMH arasında çok güçlü pozitif yönlü bir ilişki vardır.
Mahadevan ve Asafu-Adjaye (2007)	Net Enerji İthalatçısı ve İhracatçısı 20 Ülke ¹⁵ 1971-2002	Kişi başına Reel GSYH, Kişi başına Enerji Tüketimi, Tüketici Fiyat Endeksi	Panel VECM, Granger Nedensellik	Enerji ihracatçısı gelişmiş ülkelerde kısa ve uzun dönemde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik çift yönlüdür. Ancak gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketimi sadece kısa dönemde ekonomi büyümeye yol açmaktadır. Enerji ithalatçısı gelişmekte olan ülkeler için sonuçlar benzer iken, enerji ithalatçısı gelişmiş ülkelerde çift yönlü nedensellik vardır.
Climent ve Pardo(2007)	İspanya 1984-2003	Enerji tüketimi, Ekonomik Büyüme, İstihdam oranı, TÜFE (Tüketici Fiyat Endeksi), Petrol Fiyatları	Johansen ve Johansen-Juselius Çok Değişkenli Eşbütünleşme-VECM	İki değişkenli sistemde GSYH-enerji tüketimi arasında uzun dönem ilişki mevcut değilken, çok değişkenli modelde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik vardır. İstihdam ile enerji tüketimi arasında çift yönlü kısa dönem nedensellik vardır. Petrol fiyatındaki değişimler, ekonomik büyüme üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir.
Erbaykal (2008)	Türkiye 1970-2003	Bağımlı değişken, Reel Gelir (1987 fiyatlarıyla GSYH) Bağımsız değişkenler; elektrik tüketimi, petrol tüketimi	Eşbütünleşme-ARDL	Petrol ve elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde kısa dönemde pozitif bir etkisi vardır. Uzun dönemde elektrik tüketimi ekonomik büyümeyi negatif yönde etkilerken, petrol tüketimi pozitif yönde etkilemektedir.
Metcalf (2008)	ABD ve Eyaletleri 1970-2003	Reel enerji Fiyatları, Kişibaşına Reel Gelir, Isıtma Yapılan Günler, Soğutma Yapılan Günler, Sermaye/İşgücü, Nüfus artış Hızı, Yatırım/Sermaye	Fisher İdeal Endeksine Dayalı Ayrıştırma Analizi	Ulusal düzeydeki ayrıştırmaya göre, enerji yoğunluğundaki azalışın $\frac{3}{4}$ 'ünün enerji etkinliğindeki gelişmelerden kaynaklanır. Yükselen gelir etkinlik kanalıyla enerji yoğunluğunda azalışa katkı sağlamaktadır. Gelir arttıkça enerji yoğunluğu önce artmakta, daha sonra azalmaktadır.

¹⁵ Arjantin, Avustralya, Gana, Hindistan, Endonezya, İngiltere, Japonya, Güney Kore, Kuveyt, Malezya, Nijerya, Norveç, Suudi Arabistan, Senegal, Singapur, Güney Afrika, İsveç, Tayland, ABD, Venezüella.

Tablo 2.1. (Devam)

Erdal, Erdal ve Esengün (2008)	Türkiye 1970-2006	GSMH, Enerji tüketimi	Johansen Eşbütünlükme Pair-wise Granger Nedensellik	Enerji tüketimi ve GSMH serileri eşbütünlüktür ve çift yönlü bir nedensellik bulunmaktadır.
Huang, Hwang ve Yang (2008)	4 Gelir Grubuna Göre 82 Ülke ¹⁶ 1972-2002	Enerji Tüketimi, Kişi Başına Reel GSYH, Sermaye Oluşumunun GSYH'deki Payı, Nüfus, GSYH Deflatörü/ Reel GSYH Başına Ortalama CO ₂ Emisyonu, Endüstrinin GSYH'daki Katma Değer Payı Reel GSYH Başına Enerji Kullanımı	Panel VAR-GMM(Genelleştirilmiş Momentler Metodu)-SYS	Tüm ülkelere dikkate alındığında, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik vardır. Düşük gelir grubu için, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında nedensel bir ilişki yoktur. Orta gelir grubu için(düşük orta ve yüksek orta), ekonomik büyüme pozitif yönde enerji tüketimine yol açmaktadır. Yüksek gelir grubu için, ekonomik büyüme negatif yönde enerji tüketimine yol açmaktadır.
Lee ve Chang (2008)	16 Asya Ülkesi ¹⁷ 1971-2002	Enerji Tüketimi, Reel GSYH, İşgücü, Reel Sermaye Stoku	Heterojen Panel Eşbütünlükme- Panel VECM	Uzun dönemde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru bir nedensel ilişki mevcuttur. Daha önceki analizde var olmayan GSYH'den enerji tüketimine doğru nedensellik ülkeler 2 gruba ayrıldığında, hem uzun hem de kısa dönemde söz konusu olmaktadır.
Huntington (2009)	ABD 1949-2006 ve 1997-2006	Reel GSYH Nihai Enerji Kullanımı	Fisher Endeksine Dayalı Ayrıştırma Analizi	Aktivite kaymaları 1997-2006 döneminde ABD ekonomisinde toplam enerji yoğunluğunda %40 oranında azalmaya yol açmıştır. 1949-2006 dönemi için, toplam enerji yoğunluğundaki azalmada, aktivite kaymalarının etkisi toplam etki içinde sektör-içi yoğunluk etkisine oranla daha yükündür.

¹⁶ Kongo (Dem. Rep.), Nepal, Nijerya, Togo, Zambiya, Gana, Kenya, Bangladeş, Benin, Zimbabwe, Hindistan, Pakistan, Senegal, Haiti, Kongo (Rep.), Kamerun, Endonezya, Fildişi Sahili, Nikaragua, Çin, Sri Lanka, Honduras, Suriye, Bolivya, Filipinler, Fas, Ekvator, Mısır, Paraguay, Cezayir, Guatemala, Tayland, El Salvador, Kolombiya, Peru, Tunus, Dominik Cumhuriyet, Jamaika, Türkiye, Güney Afrika, Gabon, Malezya, Brezilya, Kostarika, Panama, Venezüella, Macaristan, Şili, Meksika, Trinidad, Tobago, Uruguay, Umman, Arjantin, Sudi Arabistan, Malta, Kore, Portekiz, Yunanistan, Yeni Zeland, İspanya, İsrail, Avustralya, İtalya, Kanada, Singapur, İrlanda, Fransa, Belçika, Finlandiya, Almanya, Hollanda, İngiltere, Avusturya, Hong Kong, İsveç, İzlanda, Danimarka, ABD, Japonya, Norveç, İsviçre, Lüksemburg.

¹⁷ Çin, Hong Kong, Hindistan, Endonezya, İran, Japonya, Ürdün, Güney Kore, Malezya, Pakistan, Filipinler, Singapur, Sri Lanka, Suriye Arap Cumhuriyeti, Tayland, Türkiye.

Tablo 2.1. (Devam)

Warr ve Ayres(2010)	ABD 1946-2000	Exerji/Faydalı İş GSYH Sermaye, İşgücü	Granger Nedensellik, Vektör Hata Düzeltilme Modeli	Kısa dönemde exerjiden GSYH'ye doğru tek yönlü bir nedensellik varken, faydalı iş ile GSYH arasında nedensellik yoktur. Uzun dönemde ise, her iki modelde de enerji ölçümlerinden GSYH'ye doğru olan tek yönlü bir nedensellik mevcuttur.
Imran ve Siddiqui (2010)	Bangladeş Hindistan Pakistan 1971-2008	GSYH (Bağımlı değişken), Enerji Tüketimi, İşgücü, Sermaye Stoku	Panel VECM, Granger Nedensellik	Değişkenler arasında kısa dönem nedensellik ilişkisi yoktur, ancak uzun dönemde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru bir nedensellik vardır.
Öztürk, Aslan ve Kalyoncu (2010)	51 Ülke İçin ¹⁸ (1971-2005)	Enerji tüketimi, Kişi başına GSYH	Panel Eşbütünleşme Panel Granger- Nedensellik	Granger-nedensellik düşük gelir grubundaki ülkelerde, GSYH'den enerji tüketimine doğru iken, orta gelir grubundaki ülkelerde çift yönlü nedensellik söz konusudur. Üç gelir grubundaki ülkeler içinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında ilişki güçlü değildir.
Amirat ve Bouri (2010)	Cezayir 1980-2007	Reel GSYH, Sermaye Stoku, İstihdam Düzeyi, Toplam Enerji Tüketimi	Granger Nedensellik- Genelleştirilmiş Öngörü Hata Varyans Ayrıştırma Analizi	Nedensellik enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğrudur. Enerji tüketiminden sermayeye doğru bir nedensellik ve sermaye ile işgücü arasındaki çift yönlü nedensellik vardır. Varyans çözümlemesine göre, enerji çıktı büyümesi için ikinci dereceden katkı sağlayan bir faktörden fazlası değildir.
Vlahinić-Dizdarević, ve Žiković (2010)	Hırvatistan 1993-2006	Reel GSYH, Endüstri Enerji Tüketimi, Hanehalkı Enerji Tüketimi, Petrol Tüketimi, Birincil Enerji Tüketimi	Hata Düzeltilme Modeli (ECM)	Kısa dönem ilişkisine göre, reel GSYH'deki artış hemen değil de gecikmeli olarak enerji tüketimine yansımaktadır. Reel GSYH'den tüm enerji değişkenlerine doğru nedensel bir ilişki mevcuttur.

¹⁸ Bangladeş, Benin, Kongo, Gana, Haiti, Hindistan, Kenya, Nepal, Nijerya, Pakistan, Sudan, Togo, Zambiya, Zimbabve, Arjantin, Şili, Kosta Rika, Gabon, Macaristan, Malezya, Meksika, Umman, Panama, Güney Afrika, Türkiye, Uruguay, Venezüella, Cezayir, Bolivya, Kamerun, Çin, Kolombiya, Kongo Cumhuriyeti, Dominik Cumhuriyeti, Ekvator, Mısır, El Salvador, Guatemala, Honduras, Endonezya, İran, Jamaika, Fas, Nikaragua, Paraguay, Peru, Filipinler, Sri Lanka, Suriye, Tayland, Tunus.

Tablo 2.1. (Devam)

Abdallat, Al-Ghandoor ve Al-Hinti (2011)	Ürdün 1998-2005	Endüstriyel enerji talebindeki toplam değişim, toplam endüstriyel üretim katma değeri, endüstrinin üretim payı, endüstrinin enerji yoğunluğu	Laspeyers Ayrıştırma Tekniği	Endüstriyel enerji talebini şekillendiren en önemli faktör üretim etkisidir. Ancak etkinlik etkisindeki önemli gelişmeler ve endüstri sektöründeki yapısal değişimler bu hızlı artışı yavaşlanmaktadır
Che ve Pham (2012)	Avustralya 1989-90/2009-12	Enerji Kullanımındaki Değişim, Tarım, Madencilik, İmalat, Hizmetler, Taşımacılık Konut sektörü Verileri	Ang ve Liu(2001)'in Ayrıştırma metodu	Enerji tüketimindeki değişim, aktivite, yapısal ve etkinlik etkisi olmak üzere üç faktörün toplamı ile ifade edilir. Enerji yoğunluğu Avustralya'da yılda % 0,2 azalmıştır ve bu azalışın ana kaynakları hizmetler, imalat sanayi, taşımacılık ve konut sektörleridir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENERJİ BÜYÜME İLİŞKİSİNİN ANALİZİ VE ENERJİ-BÜYÜME İLİŞKİSİNİ BELİRLEYEN UNSURLAR ÜZERİNE BİR UYGULAMA

3.1. ÇALIŞMANIN AMACI, KAPSAMI VE ÖNEMİ

Sanayi devrimi sonrasında endüstrileşmenin gereği olarak enerji kaynaklarına ihtiyaç hızla artmış, dolayısıyla enerji tüketimindeki artışın ekonomik büyümenin temel göstergelerinden biri olduğu görüşü giderek yaygın bir hal almıştır. Ancak yenilenemeyen kaynaklar başta olmak üzere enerji kaynaklarının niteliği itibarıyla kıt oluşu ülkeleri ekonomik büyümelerini sürdürürken enerji kullanımlarını daraltma yoluna götürmüştür. Alternatif kaynak arayışı ve ülkelerin gerek ekonomik anlamda, gerekse enerji tüketimi açısından yaşadıkları yapısal değişim doğrultusunda enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki güçlü ilişki zayıflamaya başlamıştır.

Üretim ve tüketimde enerjinin vazgeçilemez öneminden ötürü ekonomilerin enerji tüketimine olan bağımlılığının azaltılmasının sınırları söz konusu olmasına karşın, enerjinin etkin kullanımının sağlanması, daha kaliteli enerji kaynaklarının kullanımı, teknolojik inovasyon ve ülke ekonomisinin enerji yoğun sektörlere olan bağımlılığının azaltılması başta olmak üzere enerji yoğunluğunu azaltma yönündeki gelişmeler kıt olan enerjinin ekonomi üzerindeki baskısını hafifletebilmektedir. Bu doğrultuda ekonomik büyümenin enerji tüketiminde artışa yol açmadan sağlanabilmesi ülkelerin temel hedefleri arasında yer almaktadır ve önümüzdeki yıllarda bu hedefin daha da önem kazanacağı tahmin edilmektedir.

Dolayısıyla enerji tüketiminde değişime yol açan unsurlardan bir kısmı aynı zamanda enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi de zayıflatmaktadır. Bu unsurların incelenmesi ülkelerin büyüme ve enerji politikalarının oluşturulmasında, bunun yanı sıra son yıllarda önem kazanan sürdürülebilir kalkınma hedefinin gerçekleştirilmesi yönündeki çabalar açısından büyük önem taşımaktadır. Enerji-büyüme ilişkisini ele alan çalışmaların birçoğu özellikle nedensel ilişki boyutu olmak üzere sadece söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı ve yönünü araştırmaktadır. Ancak, varlığı genel anlamda kabul gören bu ilişkinin gücü ve bu

ilişkiyi güçlendiren ya da zayıflatan faktörler üzerinde fazla durulmamaktadır. Ayrıca enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin artık farklı bir boyut kazanarak doğrusal bir ilişkiye öteye gittiği bir gerçektir. Çalışmada bu hedef doğrultusunda enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki analiz edilerek, ilişkiyi etkileyen unsurların önemi araştırılmaktadır. Çalışmanın konusunu; öncelikle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin ele alınması, daha sonra parabolik ilişki göz önünde bulundurularak yapısal değişim, teknolojik değişim, enerji bileşimindeki değişim ve girdi bileşimindeki değişimin enerji-büyüme ilişkisi üzerindeki etkisinin analiz edilmesi oluşturmaktadır.

Çalışmada ayrıca enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ve bu ilişkiyi belirleyen unsurlardaki değişimin etkilerinin gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler açısından farklılık gösterip göstermeyeceği ortaya konulmaya çalışılmaktadır.

3.2. ÇALIŞMANIN DEĞİŞKENLERİ, HİPOTEZLERİ VE VERİ SETİ

Çalışmada öncelikle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin varlığı ve yönü araştırılmakta; daha sonra yapısal değişim, teknolojik değişim, enerji girdi bileşiminde değişim ve girdi bileşimindeki değişimin enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi üzerindeki etkileri analiz edilmektedir. Bu değişkenlerin bir bölümü enerji etkinliği aracılığıyla enerji-büyüme ilişkisinin gücünü etkilerken, bir kısmı ise enerji yoğunluğu aracılığıyla bu etkiyi gerçekleştirmektedir. Çalışmada analizlerin gelişmiş ve gelişmekte olan ülke grupları için ayrı ayrı olarak gerçekleştirilmesi amacıyla Dünya Bankası'nın 2014 yılına ait "ekonomilerin gelir düzeyine göre sınıflandırmaları" esas alınmıştır. Sınıflandırmada var olan düşük, orta (düşük orta ve yüksek orta) ve yüksek gelir gruplarından düşük gelirli ülkeler çalışmanın hipotezlerine dayanarak analiz dışı bırakılmıştır. Çünkü az gelişmiş ülkeler henüz daha sanayileşme sürecine yeni geçmeleri ya da sanayileşme sürecinde olmaları itibarıyla enerjiye olan gereksinimleri hızla artmaya devam etmektedir.

Çalışmanın analizinde iki temel model yer almaktadır. Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin varlığının araştırıldığı ilk modelde 30 gelişmiş ve 43 gelişmekte olan ülke ve 1980-2011 periyodunu kapsayan GSYH ve birincil enerji tüketimine ait yıllık veriler kullanılmıştır. Veri setinin 2011 yılında sona

ermesinin nedeni ülkelere ait enerji tüketimi verilerinin en güncel veriye bu tarihte ulaşılmasıdır. Enerji-büyüme modeli olarak adlandırılan bu model gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için olmak üzere iki alt modelden oluşmaktadır.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörlerin analiz edildiği ikinci modelde ise 2001-2011 yıllarına ait yıllık verilerle analiz gerçekleştirilmiştir. Ekonometrik analizlere dâhil edilen birimler ise 25 gelişmekte olan ve 28 gelişmiş ülke olmak üzere toplam 53 ülkeden oluşmaktadır. Bu model ise toplu, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelere ait olmak üzere üç ayrı modelden meydana gelmektedir.

Çalışmada öncelikle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin doğrusal olmayan biçimde önce pozitif, ardından negatif olması; ayrıca teknolojik değişimin, ekonomideki yapısal değişimin, toplam işgücündeki artışın ve kaliteli yakıtlara doğru kayan enerji tüketim yapısının enerji yoğunluğunda azalışa yol açması beklenmektedir. Beklentiler doğrultusunda oluşturulan hipotezler aşağıda yer almaktadır.

Hipotez 1: Yapısal ve teknik unsurlardan ötürü enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında doğrusal olmayan bir ilişki mevcuttur.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme belirli bir büyüme düzeyine kadar pozitif yönde ilişkili iken, sonrasında bu ilişki negatif yönde olmaktadır.

Enerji tüketimindeki artış ekonomik büyümenin bir göstergesi olmaktan uzaklaşmakta, enerji tüketiminde artış olmaksızın da büyüme sağlanabilmektedir.

Hipotez 2: Teknolojik değişim enerjinin daha etkin kullanımına yol açarak enerji tüketimini azaltırken ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilemektedir.

Üretim tekniğini yansıtan teknolojik değişim ile birlikte bir birim enerjinin yaptığı iş artmakta ve böylece aynı miktardaki üretim daha az miktardaki enerji ile elde edilebilmektedir. Dolayısıyla üretim miktarındaki artış ya enerji miktarında artış olmadan ya da az miktardaki bir enerji tüketim artışıyla sağlanabilmektedir. Çalışmada teknolojik değişimi temsilen ülkelere ait patent verileri kullanılmaktadır.

Hipotez 3: Yapısal değişim enerji yoğunluğunu azaltarak enerji tüketiminde azalışa yol açarken ekonomik büyümeyi olumlu yönde etkilemektedir.

Tarım, sanayi ve hizmetler sektörü dikkate alındığında en çok enerji tüketimi sanayi sektöründe kullanılır iken onu hizmetler ve tarım sektörü izlemektedir. Ülkelerin gelişme düzeylerinin artmasıyla birlikte “Üç Sektör Kanunu”na göre ekonomide sanayinin payı giderek azalarak hizmetler sektörünün GSYH içindeki payı en yüksek düzeye ulaşmaktadır. Dolayısıyla enerji yoğunluğu sanayiye göre daha az olan hizmetler sektörünün ekonomiye hâkim olması toplam enerji yoğunluğunda azalış yaşanmasına neden olmaktadır.

Çalışmada yapısal değişimi temsilen hizmetler sektörünün GSYH içindeki katma değer yüzdesi ele alınmaktadır.

Hipotez 4: *Girdi bileşiminde yaşanan sermaye lehine bir değişim enerji tüketiminde artışa yol açarken, işgücü yoğun üretimde enerji yoğunluğunun düşmesi beklenmektedir.*

Üretim girdisi olarak enerji ile sermaye ve işgücü arasındaki ilişki konusunda literatürde farklı görüşler olmasına karşın genel kanıya göre sermaye ile enerji arasında zayıf ikame ve güçlü bir tamamlayıcılık ilişkisi mevcuttur (Kim ve Loungani, 1992; Dhawan vd., 2008). Diğer bir ifadeyle sermaye ile enerji kısa dönemde tamamlayıcı iken uzun dönemde ikame girdiler olarak değerlendirilmektedirler (Atkeson ve Kehoe, 1999: 1029).

Enerji ile işgücü arasındaki ilişki konusunda da yine ortak bir kanı mevcut değildir. Genel anlamda enerjinin işgücünün ikamesi olduğu ileri sürülse (Cleveland vd., 1984: 895) de enerji kullanımının ekonomik büyüme aracılığıyla istihdamda artışa yol açtığı görüşü de savunulmaktadır (Noor ve Siddiqi, 2010: 921-922).

Hipotez 5: *Enerji bileşimindeki değişim doğrultusunda daha kaliteli enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimi içindeki payının artması verimliliği artırarak enerji tüketiminde azalışa yol açmaktadır.*

Enerji tüketiminde enerji kaynağının yaptığı iş olarak ifade edilen enerji kalitesi kavramı dikkate alındığında, fosil yakıtların tüketiminin azalarak elektrik ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımının artması sonucu enerji yoğunluğunda azalış yaşanacaktır. Çünkü aynı faydayı elde etmek için kullanılması gereken enerji miktarı azalacaktır. Diğer yandan enerji kalitesini belirleyen diğer bir faktör de kullanımını sırasında çevreye verdiği zarar düzeyidir.

3.3. ÇALIŞMANIN METODOLOJİSİ

Çalışmanın uygulama kısmında panel verilere dayalı olarak, öncelikle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, ardından enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen teknolojik değişim, yapısal değişim, girdi bileşenindeki değişim ve yakıt bileşenindeki değişim unsurlarının söz konusu ilişki üzerindeki etkileri ekonometrik analize tabi tutulmaktadır. Birinci modelde panel-zaman serisine, ikinci modelde ise panel-regresyon analizine dayalı bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Panel veri yöntemi; insanlar, hanehalkları, firmalar, ülkeler vb. yatay kesit birimlerinin zaman içinde gözlemlenmesi olarak tanımlanmaktadır (Hill vd., 2008: 383).

Panel verinin yatay-kesit ya da zaman serisi gibi tek boyutlu verilere göre karmaşık hipotezlerin oluşturularak daha geniş modelleme imkânı sunması nedeniyle son yıllarda panel veriye dayalı ekonometrik uygulamaların sayısı giderek artmaktadır. Panel veri kullanımı genellikle daha yüksek güvenilirliğe sahip parametre tahminleri ve daha büyük serbestlik derecesi sağlamaktadır. Bu nedenle de çoklu doğrusal bağlantı problemini ortadan kaldırırken, tahminde etkinliği arttırmaktadır (Elhorst, 2003: 244).

Panel veri yönteminin üstünlükleri şu şekilde sıralanmaktadır:

1. Panel veri tek başına yatay kesit ya da zaman serisi verileri ile değerlendirilemeyen konuların incelenmesinde kullanılabilirliktedir.
2. Yatay kesit verisi kullanılarak yapılan tahminlerde, sadece birimler arasındaki farklılıklar incelenebilirken, panel veri kullanılarak hem birimler hem de zaman içerisinde meydana gelen farklılıklar birlikte incelenebilmektedir (Pazarlıoğlu ve Kiren, 2007: 37).
3. Panel veri tahmin teknikleri, birimler arasında yüksek ihtimal var olan heterojenlikleri kesite özgü bazı değişkenlere izin vererek hesaba katabilmektedir.
4. Panel veri yöntemi kesit ve zaman serisi gözlemlerini birleştirmesi nedeniyle gözlem sayısı daha fazladır.
5. Panel veri, değişkenler arasında daha az çoklu doğrusal bağlantı (multicollinearity) sorununa neden olmaktadır.

6. Kısa zaman serisi ve/veya yetersiz kesit gözleminin var olduğu durumlarda da ekonometrik analiz yapılmasına imkân tanımaktadır (Kök ve Şimşek, <http://www.deu.edu.tr/userweb/recep.kok/dosyalar/panel2.pdf>).
7. Panel veri analizi, kayıp ve gözlemlenemeyen verilerin etkisini ortaya koymak için bir kontrol mekanizmasıdır.

Hem yatay kesit hem de zaman boyutunu içeren panel veri seti her bir yatay kesit için eşit uzunlukta zaman serisi içermesi halinde dengeli panel, aksi durumda ise dengesiz panel olarak adlandırılmaktadır (Wooldridge, 2003: 50). Çalışmada kullanılan veri seti dengeli panel şartlarını uygun olduğundan analizde dengeli panel kullanılmaktadır.

Doğrusal panel veri modelleri, parametrelerin birim ve/veya zamana göre değer almasına bağlı olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Hsiao, 2003: 28);

1. Hem sabit hem de eğim parametrelerinin birimlere ve zamana göre sabit olduğu modeller (klasik model):

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N: \quad t = 1, \dots, T \quad (3.1)$$

2. Eğim parametresinin sabit, sabit parametrenin birimlere göre değişken olduğu modeller (birim etkiler modeli):

$$Y_{it} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N: \quad t = 1, \dots, T \quad (3.2)$$

3. Eğim parametresinin sabit, sabit parametrenin birimlere ve zamana göre değişken olduğu modeller (birim ve zaman etkileri modeli):

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N: \quad t = 1, \dots, T \quad (3.3)$$

4. Tüm parametrelerin birimlere göre değişken, zamana göre sabit olduğu modeller:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_{ki} X_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N: \quad t = 1, \dots, T \quad (3.4)$$

5. Tüm parametrelerin hem birimlere hem de zamana göre değişken olduğu modeller:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N: \quad t = 1, \dots, T \quad (3.5)$$

Yukarıdaki eşitliklerde Y_{it} , bağımlı değişkenin t zamanında i . birim için değerini, X_{ik} , k . açıklayıcı değişkenin t zamanında i . birim için değerini ve u_i ise hata terimini

temsil etmektedir. Ayrıca i alt indisi birimleri ifade ederken, t zaman boyutunu göstermektedir (Tatoğlu, 2005: 37-38).

Modeller birim ve zaman etkilerinin varlığına göre farklılık göstermektedirler. Sadece birimlere göre değişkenlik gösteren modeller “Tek Yönlü Model” olarak adlandırılırken, hem zaman hem de birimlere göre değişkenlik içerenler “İki Yönlü Model” olarak tanımlanmaktadır. Panel veri ile yapılan çalışmalarda, birimlere veya birimlere ve zamana göre meydana gelen farklılıklardan kaynaklanan değişim “Sabit Etkili Modeller” kullanılarak incelenebileceği gibi, “Tesadüfi Etkili Modeller” kullanılarak da incelenebilmektedir.

Gözlenemeyen etkiler ile birlikte panel veri modellerinin genel şekli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

$$Y_{it} = \alpha + X_{it}\beta + \mu_i + \lambda_t + u_{it}, \quad v_{it} = \mu_i + \lambda_t + u_{it} \quad (3.6)$$

μ_i ve λ_t sırasıyla gözlenemeyen birim ve zaman etkilerini temsil etmektedirler. Bu model hem birimlere hem zamana göre birim ve/veya zaman etkilerini içerdiğinden iki yönlü modeldir. Panel veri uygulamalarının büyük bir kısmı μ_i 'nin gözlemlenemeyen spesifik bireysel etkileri, u_{it} 'nin ise stokastik hata terimini gösterdiği, $v_{it} = \mu_i + u_{it}$ biçiminde ifade edilen hata terimleri için tek yönlü modeli kullanmaktadır. Hata terimleri için birim ve zaman etkilerini dikkate alan iki yönlü modelin kullanılması durumunda ise denklem $v_{it} = \lambda_{it} + u_{it}$ şeklinde ifade edilmektedir.

Panel veri modelleri sabit ve eğim katsayılarının sabit olduğu klasik model ve sabit ve/veya eğim katsayılarının değişken olduğu modeller olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır. Sabit ve/veya eğim katsayılarının değiştiği modellerde kendi içerisinde sabit etkiler modeli ve tesadüfi etkiler modeli olarak sınıflandırılmaktadır (Tatoğlu, 2005: 21).

i. Klasik Model ve Havuzlanmış En Küçük Kareler Yöntemi

Klasik modelde hem sabit hem de eğim parametrelerinin birimlere ve zamana göre sabit olduğu, yani bütün gözlemlerin homojen olduğu varsayılmaktadır. Klasik panel regresyon modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir:

$$Y_{it} = \beta_0 + X_{it}\beta_k + u_{it} \quad (3.7)$$

(3.7) no'lu eşitlikte yer alan hata terimi (u_{it}) zamana ve birimlere göre ortaya çıkan farklılıkları yakalayabiliyorsa, yani hata terimleri birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahipse, klasik (havuzlanmış) regresyon modeli geleneksel EKK ile tahmin edilebilmektedir. Eğer hata terimleri birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip değilse, EKK ile yapılan parametre tahminleri sapmalı ve tutarsız olacaklarından sabit etkiler ya da tesadüfi etkiler modeli ile tahmin yapılmalıdır.

ii. Sabit Etkiler Modeli

Klasik panel veri modeline ait varsayımların reddedilmesi beraberinde kesit veriler arasındaki farklılıkların tespit edilmesi gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Sabit etkiler modelinde birimler veya zamanlar arasındaki farklılıkların sabit terimler arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı varsayılmaktadır (Greene, 2003: 287). Modelde tek ve iki yönlü etkilere göre modelleme yapılmakta ve etkinin yönüne göre varsayımda bulunmaktadır. Tek yönlü modelde, sabit katsayının ya birimler ya da zaman boyunca değiştiği varsayılırken; iki yönlü modelde, sabit katsayının hem birim hem de zaman boyunca değiştiği varsayılmaktadır.

Birime göre tek yönlü sabit etkiler modeli (3.8) no'lu eşitlikte gösterilmektedir;

$$y_{it} = \beta_{0i} + \beta X_{it} + \mu_i + u_{it} \quad (3.8)$$

Burada μ_i birim etki olarak adlandırılmaktadır. Bu modelin diğer bir gösterimi 3.2 no'lu eşitlikte yer almaktadır, burada β_{0i} bireyler boyunca değişen fakat zaman boyunca değişmeyen bir sabit katsayıdır. Bu katsayı aynı zamanda bireye ait ortalamayı temsil etmektedir.

Sabit etkiler modelini tahmin etmek için kullanılan yöntemlerden birisi “Gölge Değişkenli En Küçük Kareler Yöntemi”dir. Gölge değişkenli en küçük kareler modeli (LSDV-Least Square Dummy Variable) gölge değişkenleri kullanarak β_{0i} katsayılarını tahmin etmeye çalışmaktadır. Yöntem, birim sayısı (N) fazla olduğunda katsayıların tutarlı olmamasından dolayı, sorunlara yol açmaktadır. Mevcut problemi gidermek için “Grup İçi Tahmin Yöntemi” kullanılmaktadır (Tatoğlu, 2012a: 86).

iii. Tesadüfi Etkiler Modeli

Birim etkiler eğer modelde yer alan açıklayıcı değişkenlerle ilgili değilse ve birimlerin sabit terimleri birimlere göre tesadüfi olarak dağılıyorsa, tesadüfi etkiler

modeli söz konusudur (Greene, 2003: 293). Bu modelde birimlere ve/veya zamana göre meydana gelen değişiklikler, modele hata teriminin bir bileşeni olarak dâhil edilmektedir. Bunun nedeni, sabit etkili modellerde karşılaşılan serbestlik derecesi kaybının rassal etkili modellerde ortadan kalkmasıdır (Baltagi, 2001: 15).

Tesadüfi etkiler modeli EKK ile tahmin edilememektedir. En sık kullanılan tahmin yöntemi Genelleştirilmiş En Küçük Kareler yöntemidir.

Sabit etkiler modeli ve tesadüfi etkiler modeli arasındaki farka dikkat etmek gerekmektedir. Sabit etkiler modelinde her bir yatay kesitin, kendine ait bir sabit değeri varken, tesadüfi etkiler modelinde sabit değer bütün yatay kesit sabitlerinin ortalama bir değerini yansıtmakta ve hata bileşeni yatay kesite özgü sabitin bu ortalama değerden tesadüfi sapmalarını göstermektedir.

Tesadüfi etkiler modeli serbestlik derecesinden tasarruf sağlayarak sabit etki modelinden daha etkin eğim katsayılarının elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Temel koşul tesadüfi etki tahmincisinin birleşik hata ile bağımsız değişkenler arasında korelasyon olmadığı zamanlarda kullanılabilir olmasıdır (Kennedy, 2006: 333).

Sabit etkiler modeli ile tesadüfi etkiler modeli yaklaşım arasındaki temel farklılıklar dikkate alınarak aşağıdaki genellemeler yapılabilmektedir.

1. T büyük ve N küçük ise, sabit etkiler ve tesadüfi etkiler modelleri tarafından tahmin edilen parametre değerleri arasında çok az farklılık olmaktadır. Bu durumda sabit etkiler modeli muhtemelen tercih edilecektir.
2. N büyük ve T küçük olduğu zaman, iki yöntemle elde edilen tahminler, önemli ölçüde farklılaşabilmektedir. Sabit etkiler durumunda elde edilen istatistiki sonuç, örnekte gözlemlenen yatay kesit birimleri üzerine koşulludur. Eğer örneğimiz çok büyük bir ana kütlede gelmiyorsa, bu uygun olabilir. Ancak, örneklem büyük bir ana kütlede tesadüfi olarak seçiliyorsa, o zaman istatistiki sonuç koşulsuz olacak ve tesadüfi etkiler modeli uygun olacaktır.
3. N büyük ve T küçük ise ve tesadüfi etkiler modelinin varsayımları geçerli ise, tesadüfi etkiler modeli tahmincileri, sabit etkiler modeli tahmincilerinden daha etkindir (Kök ve Şimşek, <http://www.deu.edu.tr/userweb/recep.kok/dosyalar/panel2.pdf>).

Literatürde, bu etkinlik testi, diğer bir ifadeyle sabit etkiler modeli ve tesadüfi etkiler modeli arasında seçim için k serbestlik dereceli ki-kare dağılımına uyan Hausman testi kullanılmaktadır (Baltagi, 2001: 20). Hausman (1978) test istatistiği, yatay kesite özgü birim etkiler ile açıklayıcı değişkenler arasındaki korelasyonu test etmektedir.

Bir panel veri analizinde, model seçimi için öncelikle klasik modelin uygun olup olmadığının araştırılması amacıyla birim ve zaman etkilerinin varlığına bakılmaktadır. Zaman ve birim etkilerinin varlığı sabit etkiler modeli için F testi ve tesadüfi etkiler modeli için LR testi uygulanarak araştırılmaktadır.

F testi klasik modelin geçerliliğini test etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu testte verinin birimlere göre farklılık gösterip göstermediği sınıanmaktadır. Veri birimlere göre farklılık göstermiyorsa, klasik model uygundur. Bu amaçla kısıtlı ve kısıtsız şeklinde iki model kullanılmaktadır. Kısıtlı modelde birim farklılıklarının önemli olmadığı varsayılırken, kısıtsız modelde değişkenlere ait verilerin birimlere göre değer aldığı düşünülmektedir. Modelin hipotezi, $H_0: \beta_i = \beta$ şeklindedir. H_0 hipotezini test etmek için $[(N-1), N(T-1)-K]$ serbestlik dereceli F dağılımından yararlanılmaktadır. H_0 hipotezi reddedilirse, parametrelerin birimlere göre değiştiği, bir başka ifade ile klasik modelin uygun olmadığı anlaşılacaktır.

Klasik modeli tesadüfi etkiler modeline karşı test etmek için ise “Olabilirlik Oran Testi (LR testi)” kullanılmaktadır. H_0 hipotezi “klasik model doğrudur” şeklinde kurulmaktadır. LR test istatistiği q (kısıtlama sayısı) serbestlik dereceli χ^2 dağılımına uymaktadır. H_0 hipotezi reddedilmesi birim, zaman ya da her ikisinin de var olduğu, yani bir klasik modelin uygun olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Test sonuçlarına göre modelin klasik model olduğuna karar verilmesi durumunda model HEKK yöntemi ile tahmin edilir Ancak, klasik model reddedilmişse, sonraki aşamada birim ve/veya zaman etkisinin sabit mi, yoksa tesadüfi mi olduğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun tespiti için de daha önceden de belirtildiği gibi Hausman testi kullanılmaktadır.

Model seçiminin ardından tahmin yapılmalıdır. Daha sonra tahmincinin panel veri modellerine yönelik varsayımların geçerliliğini koruyup korumadığının belirlenmesi amacıyla modelin güvenilirliği test edilmelidir.

Panel verilerde kullanılan klasik, sabit ve tesadüfi etkiler modelleri, yatay kesit bağımlılık (birimler arası korelasyon), birim içi otokorelasyon ve değişen varyans problemlerinin olmadığı varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayımlardan bir veya birkaçının sağlanamaması, tahmin edilen katsayılarda etkinlik kaybına ve standart hatalarda ise yanlış tahmine yol açmaktadır (Kaplan, 2013: 153).

Yatay kesit bağımlılığının testinde iki temel yaklaşım söz konusudur Panelin zaman boyutunun (T) yatay kesit boyutundan (N)'den büyük olması durumunda Breusch-Pagan tarafından geliştirilen LM test; $N > T$ durumunda ise Pesaran (2004), Frees (1994) ve Friedman (1937) testi tercih edilmektedir.

Değişen varyans probleminin olup olmadığını tespit etmek için sabit etkili modelde değiştirilmiş Wald; tesadüfi etkili modelde Levene'nin değişen varyans (W_0) testi kullanılabilir (Greene, 2003: 323).

Son olarak otokorelasyonun testi için sabit- tesadüfi etkili modellerde Baltagi-Wu'nun "yerel en iyi değişmez (Locally Best Invariant, LBI)" (B-W LBI) testi ve Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın düzeltilmiş Durbin-Watson (D-W) testi kullanılabilir. B-W LBI testinde, otokorelasyonun varlığı " $H_0: \rho = 0$ " hipotezi, " $H_{a1}: \rho > 0$ " ya da " $H_{a2}: \rho < 0$ " alternatiflerine karşı test edilmektedir. Düzeltilmiş D-W testinde ise; $H_a: |\rho| < 0$ şeklindeki alternatif hipotez test edilmektedir. Genel olarak B-W LBI ve Düzeltilmiş D-W testindeki d test istatistiği değeri 2'den küçük olursa, p birinci dereceden otokorelasyonun olmadığını belirten " $H_0: \rho = 0$ " temel hipotezi reddedilmektedir (Baltagi, 2006: 89-93).

Panel veri modellerinde yatay kesit bağımlılık, değişen varyans ve otokorelasyon problemleri tespit edildiğinde, modelinin bu problemlerden arındırılması ve/veya bu problemleri dikkate alan düzeltilmiş model tahmin edilmesi gerekmektedir.

Bahsedilen panel veri süreci düzeyde durağan serilere sahip statik bir panel veri analizinin genel metodolojisidir. Seriler düzeyde durağan olmadığında izlenecek yol farklılaşmaktadır. Örneğin tüm seriler $I(1)$ 'se eşbütünleşme analizi ve eşbütünleşik iseler hata düzeltme modeli uygulanmakta, seriler farklı düzeylerde durağan olursa, ARDL modelleri tercih edilmektedir.

3.4. ÇALIŞMANIN AMPİRİK BULGULARI

3.4.1. Panel-Zaman Serileri Modeli: Enerji-Büyüme Modeli

Çalışmada öncelikle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin araştırılması amaçlanmaktadır. Enerji tüketiminin ülkelerin gelişme düzeyleri ile paralel olarak önce artması, ardından ekonomik büyümenin ileri aşamalarında azalmaya başlaması beklenmektedir. Doğrusal olmayan ilişkiyi temsilen modele enerji tüketiminin yanı sıra enerji tüketimin karesi değişken olarak eklenmektedir. Ele alınan model aşağıdaki biçimde ifade edilmektedir;

$$büyüme_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 et_{it} + \alpha_2 et_{it}^2 + v_{it} \quad (3.9)$$

3.9. no'lu eşitlikteki modelde bağımlı değişken olan büyüme değişkeni ekonomik büyümeyi yansıtmaktadır. et ile temsil edilen bağımsız değişken birincil enerji tüketimini ifade ederken, et^2 değişkeni enerji tüketiminin karesini göstermektedir. Büyüme veri setinin elde edilmesi için 2005 fiyatlarıyla GSYH'nin logaritması alınmıştır. Enerji tüketimi verileri, toplam birincil enerji tüketiminin kiloton eşdeğer petrol cinsinden değerini göstermektedir. Veriler Dünya Bankası'nın "World Development Indicators (Dünya Kalkınma Göstergeleri)" tan derlenmiştir.

Enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişkinin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler açısından farklılık gösterip göstermeyeceğini belirlemek için çalışmada ele alınan 73 ülke gruplandırılmıştır. Gelişmiş ülke grubunda Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Şili, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Hong Kong, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Kore, Lüksemburg, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Portekiz, Suudi Arabistan, Singapur, İspanya, İsveç, İsviçre, Birleşik Arap Emirlikleri, İngiltere, ABD ve Uruguay yer almaktadır. Diğer yandan gelişmekte olan ülke grubunda ise, Arnavutluk, Cezayir, Arjantin, Bolivya, Brezilya, Bulgaristan, Kamerun, Çin, Kolombiya, Kongo Cumhuriyeti, Kosta Rika, Fildişi Sahili, Dominik Cumhuriyeti, Ekvador, Mısır, El Salvador, Gana, Guatemala, Honduras, Macaristan, Hindistan, Endonezya, İran, Ürdün, Malezya, Meksika, Fas, Nikaragua, Pakistan, Panama, Paraguay, Peru, Filipinler, Roma, Senegal, Güney Afrika, Sri Lanka, Sudan, Tayland, Tunus, Türkiye, Venezüella ve Zambiya bulunmaktadır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin modelleri için öncelikle veri setine ait tanımlayıcı istatistikler verilmekte, daha sonra birim kök testleri yapılarak model tahmininden elde edilen ampirik bulgular aktarılmaktadır. Çalışmada serilerin durağanlığı Birinci ve İkinci Kuşak Panel Birim Kök Testleri ile sınanmış ve I(1) olan serilere panel eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Sonrasında hata düzeltme modeli ile uzun ve kısa dönem katsayıları tahmin edilmiştir.

3.4.1.1. Gelişmiş Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeline Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Gelişmiş ülkelere ait enerji ile büyüme ilişkisi modelinde gsyh, et ve et² değişkenlerinin veri setine ait tanımlayıcı istatistikleri Tablo 3.1.'de verilmektedir.

Tablo 3.1. Gelişmiş Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeli Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler

	gsyh	et	et ²
Gözlem	960	960	960
Ortalama	9,28e+11	152485	1,61e+11
Standart Sapma	1,94e+12	371086,5	7,76e+11
Minimum	1,00e+10	1997,816	3991269
Maksimum	1,38e+13	2337014	5,46e+12

Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler incelenmeden önce belirtilmesi gereken bir husus, GSYH (2005 fiyatlarıyla) değişkeninin logaritmasının alındığı ve analizlerde logaritmik fark alınarak ekonomik büyümeyi yansıttığıdır. Ayrıca diğer iki değişken de logaritmaları alınarak çalışma analizlerine dâhil edilmiştir. Tanımlayıcı istatistiklere göre GSYH veri setinin ortalama değeri 9,28e+11 iken, en yüksek değeri 2011 yılında ABD'de ve en düşük değeri 1983 yılında Uruguay'da kaydedilmiştir.

Enerji tüketimi değişkeninin ortalama değeri ise 152485 kiloton eşdeğer petroldür. Bu değişkenin maksimum değerine yine ABD'de 2007 yılında rastlanmaktadır. Enerji tüketiminin karesi alınarak oluşturulan değişkenin ortalama değeri 1.61e+11 kiloton eşdeğer petroldür. Maksimum ve minimum değerleri enerji tüketimi değişkeni ile aynı birim ve zamanda görülmektedir.

Panel veri analizi yatay kesit ile birlikte zaman serisi boyutunu da taşıması itibariyle, zaman boyutunun büyük olduğu örneklerde serilerin durağanlığının

araştırılması önemlidir. “Bir zaman serisi, ortalaması ile varyansı zaman içinde değişmiyor ve iki dönem arasındaki kovaryans hesaplandığı döneme değil de yalnızca iki dönem arasındaki uzaklığa bağlı ise durağan” olarak değerlendirilmektedir. Durağan olmayan zaman serileri ile modelin tahmin edilmesi durumunda t, F ve R² değerleri sapmalı sonuçlar verebilmekte, dolayısıyla elde edilen sonuçlar gerçeği yansıtmamaktadır (Gujarati, 1999: 713). Bu doğrultuda analize serilerin durağanlık testi ile başlanmıştır.

3.4.1.2. Gelişmiş Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeline ait Panel Birim Kök Testleri

Zaman serileri kullanılarak yapılan istatistiki analizlerde öncelikle, serinin durağan olup olmadığı, durağansa kaçınıcı dereceden durağan olduğunun araştırılması gerekmektedir. Bir serinin durağanlığının sınanmasında en çok kullanılan yöntemlerden birisi birim kök testleridir. Birim kök testi 3.10 eşitliğinde yer alan ρ 'nin $\rho=0$ olup olmadığına sınanmasına dayanmaktadır;

$$\Delta y_{it} = \beta_1 + \beta_2 t + \rho y_{it-1} + u_{it} \quad (3.10)$$

Eğer $\rho = 0$ olduğu sonucuna ulaşırsa, y_t *değişkeninin birim kökü vardır* şeklinde değerlendirilmektedir. Dolayısıyla y_{it} zaman serisinin durağan olmadığı sonucuna varılmaktadır.

Panel birim kök testleri; Birinci Kuşak Panel Birim Kök Testleri ve İkinci Kuşak Panel Birim Kök Testleri olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır. Birinci kuşak panel birim kök testlerinde birimler arası korelasyonun olmadığı varsayılmaktadır. Bu testler de kendi içerisinde iki alt gruba tekrar ayrılmaktadır. Birinci gruptaki testlerde tüm birimlerin aynı otoregresif parametreye sahip olduğu kabul edilmektedir. Levin, Lin ve Chu (2002), Harris-Tzavalis (1999), Breitung (2000) ve Hadri (2000) panel birim kök testleri bu grup içerisinde yer almaktadırlar. Söz konusu testler sadece dengeli panel verilere uygulanabilmektedirler. İkinci grup testleri ise ρ 'nün birimlere göre değer aldığı varsayılmaktadır. Bu grupta yer alan Im, Pesaran ve Shin (2003), Fisher ADF (1999) ve Fisher Philips ve Perron (2001) panel birim kök testleri dengesiz panel verilerle çalışılırken de uygulanabilmektedirler.

İkinci Kuşak Panel Birim Kök testlerinin temel özelliği, birimlere ait seriler arasında korelasyon olduğunu varsaymasıdır. İkinci kuşak testler, birimler arası korelasyonu dikkate almaktadır. Pesaran (2004), Bai ve Ng (2004), Philips ve Sul (2003), Moon ve Perron (2004) panel birim kök testleri ikinci kuşak testler arasında yer almaktadırlar (Tatoğlu, 2012b: 199-220).

Çalışmada ele alınan serilerin birim kök testlerinin yapılması amacıyla öncelikle birinci kuşak birim kök testleri uygulanmıştır. Bu amaçla Levin, Lin ve Chu panel birim kök testi birinci grubu temsilen; Im, Pesaran ve Shin testi ise ikinci grubu temsilen panel birim kök testleri olarak tercih edilmiştir. Tercih yapılırken testlerin panel veri setinin birim ve zaman uzunluğuna bakışları dikkate alınmıştır. Levin, Lin ve Chu testi 10 ile 250 birim aralığı ve her bir birimde 25 ile 250 gözlem olduğu durum için hazırlanan bir panel birim kök testidir. Gelişmiş ülkelere ait veri seti $T(32) > N(30)$ biçimde olduğundan, birinci grup testlerden T'nin N'den daha hızlı sonsuza gittiği, yani $T > N$ olduğu durumlarda kullanılan Levin, Lin ve Chu testi kullanılmıştır. Testin H_0 hipotezi " $\rho=1$ " (seri birim kök içermektedir) iken, alternatif hipotezi, H_A , ise " $\rho < 1$ " şeklindedir (Tatoğlu, 2012b: 203-207).

İkinci grupta yer alan Im, Pesaran ve Shin (IPS) panel birim kök testi verileri birleştirmek yerine, tüm birimler için zaman serilerine ayrı ayrı birim kök testi uygulamakta ve tüm bireysel ADF test istatistiklerinin bir ortalamasını yansıtmaktadır. Testin hipotezleri Levin, Lin ve Chu testine benzerdir. IPS testi diğer birinci kuşak testlerinden farklı olarak dengesiz panel verilere de uygulanabilmektedir. Ayrıca T ve N sırasıyla sonsuza gittiği durumda asimptotik olarak geçerlidir (Tatoğlu, 2012b: 212-213).

Tablo 3.2. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Birinci Kuşak Panel Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	Levin, Lin ve Chu		Im-Pesaran-Shin	
	Sabit	Sabit-Trend	Sabit	Sabit-Trend
lg _{syh}	-5,01805 ^a	0,27626	2,8226	0,0789
let	-6,40954 ^a	4,47691	-0,3980	4,48096
let ²	-5,86756 ^a	4,72200	0,0015	4,4364

Not: Gecikme uzunlukları Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. a, b ve c simgeleri sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 3.2.'de büyüme, enerji tüketimi ve enerji tüketiminin karesi değişkenlerine ait serilerin Birinci Kuşak Panel Birim Kök test sonuçları yer almaktadır. Levin, Lin ve Chu panel birim kök test sonuçlarına göre büyüme, enerji tüketimi ve enerji tüketiminin karesi değişkenleri sabitlide düzeyde durağan iken, hiçbiri sabitli-trendlide düzeyde durağan değildir. İm, Pesaran ve Shin test sonuçlarına göre ise, gerek sabitlide gerekse sabitli-trendlide değişkenlerden hiçbiri düzeyde durağan değildir.

Durağan olmayan zaman serilerini durağan hale getirmek için farkları alınmaktadır. Bu nedenle düzeyde durağan olmayan serileri farkları alınarak tekrar birim kök testlerine tabi tutulmuşlardır. Fark işleminden sonra serinin durağanlaşması, birinci farktan durağan I(1) oldukları anlamına gelmektedir. Tablo 3.3.'te serilerin farkları alınarak yapılan Birinci Kuşak Panel Veri Birim Kök testlerine ait sonuçlar sunulmaktadır.

Tablo 3.3. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Birinci Kuşak Panel Birim Kök Test Sonuçları (Δ)

Değişkenler	Levin, Lin ve Chu		Im-Pesaran-Shin	
	Sabit	Sabit-Trend	Sabit	Sabit-Trend
Δ lgsyh	-11,1359 ^a	-11,0722 ^a	-11,0192 ^a	-9,80358 ^a
Δ let	-8,83202 ^a	-11,1086 ^a	-13,4267 ^a	-13,4113 ^a
Δ let ²	-8,92329 ^a	-10,8249 ^a	-13,4587 ^a	-13,2402 ^a

Not: Gecikme uzunlukları Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. a, b ve c simgeleri sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Birinci kuşak birim kök testlerinin fark değişkenleri için her iki test sonucuna göre de lgsyh, let ve let² değişkenlerinin farkları sabitli ve sabitli-trendli için %1, %5 ve %10 önem düzeyinde durağandır.

Birinci Kuşak Panel Birim Kök testlerinin ardından, İkinci Kuşak Panel Birim Kök Testleri uygulanmıştır. Yatay kesit bağımlılığını dikkate alan İkinci Kuşak Birim Kök Testlerini temsilen Pesaran CADF testi ile birim kök sınaması yapılmıştır.

Pesaran, CADF testinde faktör yüklemelerini tahmin etmek yerine, birimler arası korelasyonu yok etmek amacıyla bir yöntem ileri sürmüştür. Söz konusu yöntemde, ADF regresyonunun gecikmeli yatay kesit ortalamaları ile genişletilmiş hali kullanılmakta ve bu regresyonun birinci farkı birimler arası korelasyonu yok etmektedir. İleri sürülen yöntem “Yatay Kesit Genelleştirilmiş Dickey Fuller (CADF)” olarak

adlandırılmaktadır. Basit CADF regresyonu aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Tatoğlu, 2012b: 223-224);

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i + \rho_i^* Y_{it-1} + d_0 \bar{Y}_{t-1} + d_1 \Delta \bar{Y}_t + \varepsilon_{it} \quad (3.11)$$

\bar{Y}_t , tüm N gözlemlerinin zaman t'ye göre ortalamasıdır. Gecikmeli yatay kesit ortalamaları ve birinci farkların varlığı, bir faktör yapısı yoluyla birimler arası korelasyonu hesaba katmaktadır. Hata teriminde ya da faktörde otokorelasyon varsa, regresyon tek değişkenli durumda Y_{it} ve \bar{Y}_t 'nin gecikmeli birinci farklarının ilavesi ile genişletilebilmektedir:

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i + \rho_i^* Y_{it-1} + d_0 \bar{Y}_{t-1} + \sum_{j=0}^p d_{j+1} \Delta \bar{Y}_{t-j} + \sum_{k=1}^p d_k \Delta Y_{i,t-k} + \varepsilon_{it} \quad (3.12)$$

Genişletme derecesi, bir bilgi kriteri ya da ardışık testlerle seçilebilmektedir. CADF regresyonu tahmin edildikten sonra, CIPS istatistiğini elde etmek için gecikmeli değişkenlerin t-istatistiklerinin ortalamaları ($CADF_i$) alınmaktadır:

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (3.13)$$

Tablo 3.4. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Pesaran CADF Panel Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	I(0)		I(1)	
	Sabit	Sabit-Trend	Sabit	Sabit-Trend
lg syh	-2,291 ^a	-2,234	-2,123 ^b	-2,302 ^b
let	-1,752	-2,256	-3,024 ^a	-2,981 ^a
let ²	-1,745	-2,220	-3,024 ^a	-3,035 ^a

Not: Gecikme uzunlukları Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. a, b ve c simgeleri sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

İkinci Kuşak Pesaran CADF Panel Birim Kök Testine ait sonuçlar Tablo 3.4.'te yer almaktadır. Sonuçlara göre, lg syh değişkeninin sabitlisi hariç, teste tabi tutulan tüm seriler düzeyde durağan değildir. Ancak, birinci farkları alındığında sabitli ve sabit-trend içerecek şekilde lg syh değişkeni %5, diğer değişkenler %1 önem düzeyinde olmak üzere durağandırlar.

3.4.1.3. Gelişmiş Ükelere Ait Enerji-Büyüme Modeli için Eşbütünleşme Analizi ve İlgili Ampirik Bulgular

Durağanlık testi sonucunda durağan olmadığı sonucuna ulaşılan serileri durağan hale getirmenin yöntemlerinin biri serilerin farklarının alınmasıdır. Ancak, bu yöntem uzun dönem ilişkisi için önemli bilgilerin kaybolması yol açmaktadır. Bu problemi gidermek için eşbütünleşme analizine başvurulmaktadır (Karagöl vd., 2007: 75). İki değişken arasında eşbütünleşme olması, değişkenlerin aynı dalga boyunda olduğunu göstermekte, böylece fark alarak durağanlaştırma işlemine gerek kalmamaktadır. Bu durumda değişkenlerin düzey değerleri ile regresyon anlamlı hale gelmektedir (Gujarati, 2009: 726).

Eşbütünleşme testi düzeyde durağan olmayan serilerin uzun dönemde birlikte hareket edip etmediklerini ortaya koymaktadır. Bu yaklaşıma göre düzeyde durağan olmayan, ancak birinci farkı durağan olan zaman serileri düzey halleri ile modellenebilmekte ve böylece uzun dönem bilgi kaybı engellenmiş olmaktadır.

Analiz, değişkenler arasındaki regresyondan hesaplanan artıkların durağanlığının tespitine dayanmaktadır;

$$Y_{it} = \beta_1 + \beta_2 X_{it} + u_{it} \quad (3.14)$$

3.14 no'lu eşitlikte verilen regresyon modelinden elde edilen u_i 'nin doğrusal bileşiminin $I(0)$ olduğu belirlenirse, Y_{it} ve X_{it} değişkenlerinin eşbütünleşik oldukları sonucuna ulaşılmaktadır.

Panel verilerde eşbütünleşme testlerinde temel hipotez “ H_0 : Eşbütünleşme yoktur” şeklindedir. Kao (1999), Pedroni (2004), Westerlund vd. panel veri analizinde en sık kullanılan eşbütünleşme testleridir. Çalışmada Pedroni tarafından geliştirilen panel eşbütünleşme analizine başvurulmaktadır.

Literatürde en fazla tercih edilen yöntem olan Pedroni analizinin genel denklemini aşağıdaki gibi gösterilmektedir;

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_{1i} X_{2it} + \beta_{2i} X_{3it} + \dots + \beta_{Mi} X_{Mit} + e_{it} \quad (3.15)$$

Denklemdaki y ve x değişkenleri arasında uzun dönem eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı, denklemdaki e_{it} kalıntısının durağanlığına bakılarak test edilmektedir.

Pedroni (1997, 1999, 2000 ve 2004) testleri birden fazla açıklayıcı değişkene izin vermesi, eşbütünleşme vektörünün panelin farklı kısımları boyunca çeşitlenmesi ve kesit birimleri boyunca hataların heterojenliğine izin vermesi nedeniyle literatürde sıkça kullanılan bir panel eşbütünleşme testidir. Söz konusu test paneldeki kesit içi ve kesitler arası etkilerini kapsayabilmesi için, temel hipotezi “eşbütünleşme yoktur” şeklinde yedi farklı eşbütünleşme test istatistiği sunmakta ve bu test istatistiklerini iki farklı kategoriye ayırmaktadır (Asteriou ve Hall, 2007: 374). Testlerin dört tanesi grup-içi (within dimension) olarak bilinmekte ve gruplar boyunca veriyi bir araya getirmeye (pooling) dayanmaktadır. Grup-içi istatistikler (panel v -istatistiği, panel ρ -istatistiği, parametrik olmayan panel t -istatistiği, parametrik panel t -istatistiği) N birim boyunca payın ve paydanın her ikisinin de ayrı ayrı toplanmasıyla oluşturulmaktadır. Diğer üç istatistik ise gruplar arası (between dimension) (grup ρ -istatistiği, parametrik olmayan grup t -istatistiği, parametrik grup t -istatistiği) olarak bilinmekte ve payın N grup boyunca toplanan paydaya bölünmesiyle elde edilmektedirler. Pedroni örneklem büyüklüğüne bağlı olarak bu istatistiklerden hangisinin sonucunun benimseneceğine dair bir öneri getirmiştir. Bu öneriye göre $N > 100$ olduğu durumlarda tüm test istatistikleri kullanılabilirler. N ve T 'nin küçük olduğu durumlarda ise parametrik olmayan test istatistikleri daha iyi sonuçlar vermektedir (Altunkaynak, 2007, 26-27).

Çalışmada uzun dönem ilişkinin varlığı Pedroni panel eşbütünleşme testi kullanılarak araştırılmış ve sonuçlar Tablo 3.5'te verilmiştir. Eşbütünleşme test istatistiklerinin önemli bir kısmına ait sonuçlar, $I(0)$, $I(1)$ ve $I(2)$ değişkenleri arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığını göstermektedir. Başka bir deyişle seriler uzun dönemde eşbütünleşiklerdir.

Panel eşbütünleşme analizi sonucunda elde edilen hata terimlerinin $I(0)$ 'da durağan olduğu, böylece değişkenler arasında uzun dönem bir ilişkinin var olduğu belirtilebilmektedir. Kısa dönem de ise değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinde sapmaları gideren bir hata düzeltme mekanizmasının olduğu ifade edilebilmektedir. Bu sonuca göre uzun dönem katsayıları ve hata düzeltme mekanizmasına dayanılarak kısa dönem katsayıları elde edilebilmektedir.

Tablo 3.5. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Pedroni Panel Eşbütünleşme Analiz Sonuçları

Testler	Ağırlıklandırılmamış İstatistikler		Ağırlıklandırılmış İstatistikler	
	İstatistik	Prob	İstatistik	Prob
	Bağımlı Değişken: (lgsyh)			
Panel v-ist.	28,30996	0,0000	24,27634	0,0000
Panel rho-ist.	0,685012	0,7533	0,513931	0,6963
Panel pp-ist.	-1,475582	0,0700	-1,905055	0,0284
Panel adf-ist.	-2,877636	0,0020	-3,721659	0,0001
Grup rho-ist.	3,096150	0,9990		
Grup pp-ist.	-0,137085	0,4455		
Grup adf-ist.	-4,176323	0,0000		

H₀: Tüm eşbütünleşme testleri için “eşbütünleşme yoktur”. Gecikme uzunluğu olarak Akaike Bilgi Kriterine başvurulmuş ve sabitli-trendli şeklinde tahmin edilmiştir.

3.4.1.4. Gelişmiş Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeline Ait Uzun ve Kısa Dönem İlişkilerin Tahmini

Bir panel veri analizinde değişkenler I(1) düzeyinde durağan ve eşbütünleşirse, hata terimi bütün i'ler için I(0)'dır (Blackburne ve Franks, 2007, 202). Bu durumda uzun ve kısa dönem ilişkiler çeşitli yöntemler kullanılarak tahmin edilebilmektedir.

Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkilerinin tahmininde Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler ve Panel Dinamik En Küçük Kareler yöntemi kullanılmaktadır. Çalışmada uzun dönem ilişkisi Panel Dinamik En Küçük Kareler yöntemi ile tahmin edilmiştir. Söz konusu yöntemin tahmincisi farkı alınmış I(1) değişkenlerinin öncül ve gecikmeli değerleri kullanılarak oluşturulan regresyon tahmini ile elde edilebilmektedir (Tatoğlu, 2012b, 242);

$$Y_{it} = \alpha_i + X'_{it}\beta + \sum_{j=q}^q c_{ij}\Delta X_{it+j} \quad (3.16)$$

3.16. no'lu denklemdeki β parametresi uzun dönem parametresini temsil etmektedir.

Gelişmiş ülkeler için Enerji-Büyüme modelinin Panel Dinamik En Küçük Kareler tahmincisi için oluşturulan modeli aşağıdaki eşitlikte verilmektedir;

$$lgsyh_{it} = \alpha_i + ETD'_{it}\beta + \sum_{j=q}^q c_{ij}\Delta ETD_{it+j} + v_{it} \quad (3.17)$$

ETD; enerji tüketimi değişkenlerini ifade etmektedir ve enerji tüketimi ile enerji tüketiminin karesinden oluşmaktadır. Gelişmiş ülkelere ait Enerji-Büyüme modelinin panel dinamik en küçük kareler yöntemi ile tahmininden elde edilen sonuçlar Tablo 3.6.'de görülmektedir.

Tablo 3.6. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Panel Dinamik En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları

	Katsayılar	Standart Hata	t-istatistiği	Prob.
let	3,645629	0,077519	47,02866	0,0000
let²	-0,059985	0,016052	-15,65422	0,0000
R² = 0,794838		R² = 0,754028		

Tablo 3.6.'da ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki uzun dönem ilişkinin tahmini sunulmaktadır. Enerji tüketimi ve enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi yansıtmak amacıyla enerji tüketiminin karesi alınarak oluşturulan enerji tüketiminin karesi değişkeninin her ikisi de %1 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Enerji tüketimi ve enerji tüketiminin karesi değişkenlerinin işaretleri beklenildiği gibi sırasıyla pozitif ve negatiftir. Belirli bir gelişme düzeyine kadar enerji tüketimindeki artış ekonomik büyümede de artışa yol açmakta, sonrasında ise enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında negatif yönlü bir ilişki söz konusu olmaktadır. Örnek grubundaki ülkelerin gelişmiş ülkeler olması itibariyle elde edilen sonuçlar teorik beklenti ile uyumludur.

Ayrıca elde edilen sonuçlara göre ülkelerin enerji tüketimindeki %1'lik bir artış ekonomik büyümede yaklaşık %3,64 oranında bir artışa yol açması beklenmektedir. Ancak, enerji tüketimi 30,387 logaritmik değerine kadar artacak ve bu enerji tüketimi

değerinden sonra ekonomik büyümedeki artışla birlikte enerji tüketimi azalmaktadır¹⁹. Tepe noktasından sonra enerji tüketimindeki %1'lik bir azalışın ekonomik büyüme üzerindeki etkisi %0,05 oranda gerçekleşmektedir.

Tahmin sonuçlarına göre modelin R² değeri yaklaşık %79 ve düzeltilmiş R² ise %75 civarındadır.

Uzun dönem parametrelerinin yanı sıra kısa dönem parametreleri de önemli bilgiler içerebilmektedir. Bu sebeple kısa döneme ait parametrelerin tahmin edilmesi iktisadi yorumların daha etkin ve doğru bir şekilde yapılabilmesini sağlamaktadır. Çalışmada uzun dönem ilişkinin analizinin ardından kısa dönem parametrelerinin tahmini için hata düzeltme modeli kullanılmıştır. Hata düzeltme modeli (Error Correction Model-ECM) ilk kez Sagan tarafından kullanılmış, daha sonra Engle ve Granger tarafından yaygınlaştırılmıştır (Gujarati, 2009, 729). Modelin hata düzeltme olarak adlandırılmasının nedeni uzun dönemli dengeye ulaşmada cari dönem hatasını yansıtmasından kaynaklanmaktadır (Kennedy, 2006, 354).

Hata düzeltme modelinin kurulması için panel ARDL modelinden yararlanılmaktadır (Kabadayı, 2012, 78). Hata düzeltme modeli (3.18.) no'lu denklemde gösterilmektedir;

$$\Delta lgsyhit = \varphi lgsyhit_{t-1} + \beta_i' ETD_{it} + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{ij} \Delta lgyhit_{t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \delta_{ij} \Delta ETD_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (3.18)$$

$$N=1, \dots, 26; t=1990, \dots, 2009$$

$$\varphi_i = -\left(1 - \sum_{j=1}^p \lambda_{ij}\right), \beta_i = \sum_{j=0}^q \delta_{ij}, \lambda_{ij}^* = -\sum_{m=j+1}^p \lambda_{im}, \delta_{ij}^* = -\sum_{m=j+1}^q \delta_{im}$$

φ hata düzeltme katsayısını belirtmektedir. Bu katsayının negatif ve istatistiki olarak anlamlı olması beklenmektedir.

Hata düzeltme modelinin gecikmesi belirlenirken, “sına sına sına” yaklaşımı geçerlidir. (Kennedy, 2006, 363). Çalışmada gecikme uzunluğu belirlenirken, Akaike Bilgi Kriteri baz alınarak yapılan sınamalar sonucunda modelin gecikme uzunluğu

¹⁹ Enerji tüketimi ekonomik büyümeyi parabolik formda etkilediği için (ax^2+bx+c) tepe noktasının bulunmasında $x=-b/2a$ kullanılır

ARDL (1,1,1) olarak belirlenmiştir. Tablo 3.7.'de Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli için Hata Düzeltme Modeli Sonuçları yer almaktadır.

Tablo 3.7. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli için Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	Prob.
$\Delta lgsyh_{t-1}$	0,687966	0,042763	16,08789	0,0000
Δlet	-0,354868	0,152180	-2,331906	0,0199
Δlet_{t-1}	0,272027	0,150382	1,808910	0,0708
Δlet^2	0,059902	0,017257	3,471069	0,0005
Δlet^2_{t-1}	-0,027715	0,017291	-1,602814	0,1093
HDT _{t-1}	-0,178447	0,052075	-3,426724	0,0006
$R^2 = 0,277463$		$\bar{R}^2 = 0,212876$		
AIC= -5,93439		Standart Hata=0,012406		

Tablo 3.7.'deki sonuçlara göre hata düzeltme terimi (HDT) beklenildiği gibi negatif ve istatistiki açıdan anlamlıdır. Bu sonuç değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin mevcut olduğunu ve serilerin kısa dönem sapmalarının bir sonraki dönemde dengeye gelme hızını göstermektedir. Hata düzeltme terimine ait katsayı değerine göre kısa dönemde yaşanacak dengesizliklerin yaklaşık %18'i bir sonraki dönemde düzelecek ve uzun dönem dengesine yakınsayacaktır.

Değişkenler arasındaki kısa dönem ilişkileri incelendiğinde, *let* ve *let*² değişkenlerinin cari değerleri ile *let* ve *lgsyh* değişkenlerinin bir gecikmeli değerlerinin iktisadi büyüme üzerindeki etkisi istatistiki açıdan anlamlı olduğu görülmektedir. Diğer yanan *let*² değişkeninin 1 gecikmeli değeri istatistiki bakımdan anlamsızdır.

Katsayı işaretlerine bakıldığında enerji tüketimi cari dönemde ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilerken, büyüme üzerindeki olumlu etkisi bir dönem sonra görülmektedir. Aynı şekilde belirli bir gelişme düzeyinden sonra enerji tüketimindeki azalışın ekonomik büyümeyi artırması yönündeki etkiyi temsil eden enerji tüketiminin karesi değişkeninin işareti cari dönemde beklenenin aksine pozitifdir.

3.4.1.5. Gelişmekte Olan Ülke için Enerji-Büyüme Modeline Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Gelişmekte olan ülkelere ait enerji ile büyüme ilişkisi modelinde gsyh, et ve et² değişkenlerinin veri setine ait tanımlayıcı istatistikleri Tablo 3.8.'de yer almaktadır.

Tablo 3.8. Gelişmekte Olan Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeli Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler

	gsyh	et	et ²
Gözlem	1376	1376	1376
Ortalama	1,34e+11	68758,62	4,98e+10
Standart Sapma	3,13e+11	212425,4	3,94e+11
Minimum	2,70e+09	619,774	384119,8
Maksimum	4,20e+12	2727728	7,44e+12

Gelişmiş ülkeler modelinde olduğu gibi gelişmekte olan ülkeler modelinde de GSYH (2005 fiyatlarıyla) değişkeninin ve diğer iki değişken de logaritmaları alınarak çalışma analizlerinde kullanılmışlardır. Ayrıca diğer iki değişken de logaritmaları alınarak çalışma analizlerinde kullanılmışlardır. Ancak, tanımlayıcı istatistiklerde hiçbir değişken logaritmik olarak ifade edilmemiştir. Tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, GSYH veri setinin ortalama değerinin 1,34e+11 olduğu görülmektedir. GSYH yüksek değerini 2011 yılında Çin'de ve en düşük değeri 1980 yılında Kongo Cumhuriyeti'nde kaydedilmiştir.

Enerji tüketimi değişkenine bakıldığında ortalama değeri 68758,6 kiloton eşdeğer petroldür. Enerji tüketimi maksimum değerini GSYH'de olduğu gibi 2011 yılında Çin'de görmüştür²⁰. Enerji tüketiminin karesi değişkeninin ortalama değeri 7,44e+12 kiloton eşdeğer petroldür. Maksimum ve minimum değerleri enerji tüketimi değişkeni ile aynı birim ve zamanda görülmektedir.

²⁰BP Statistical Review of World Energy 2014 (Dünya Enerji İstatistikleri Raporu 2014)'ten elde edilen verilere göre Çin dünya toplam birincil enerji tüketiminin yaklaşık %22'lik bir payını tüketmektedir.

3.4.1.6. Gelişmekte Olan Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeline ait Panel Birim Kök Testleri

Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler verildikten sonra serilerin durağan olup olmadığı ve durağansa kaçınıcı dereceden durağan olduğu araştırılmaktadır. Gelişmiş ülkeler modelinde olduğu gibi çalışmada ele alınan serilerin birim kök testlerinin yapılması için öncelikle birinci kuşak birim kök testleri uygulanmıştır. Gelişmiş ülkeler modelinden farklı olarak gelişmekte olan ülkeler ait seriler için Levin, Lin ve Chu panel birim kök testi yerine birinci kuşak testlerinden birinci grubu temsilen Harris-Tzavalis ve Breitung testleri kullanılmıştır. Dengeli panel veriler için uygulanabilen Harris-Tzavalis ve Breitung testleri birimlerin aynı otoregresif parametreye sahip olduğu varsayımını yapmaktadırlar. Ayrıca Breitung testi her bir birimin kendi otoregresif parametresine sahip olmasına da izin vermektedir. Harris-Tzavalis (HT) panel birim kök testinin H_0 hipotezi " $\rho=1$ " (seri birim kök içermektedir) iken, alternatif hipotez H_A ise " $\rho<1$ " şeklindedir. Söz konusu test zaman boyutunun sonlu olduğunu, N 'in ise sonsuza gittiğini varsaymaktadır. Diğer yandan H_0 hipotezi serinin birim kök içerdiği yönündeyken, H_A hipotezi durağanlığı gösteren Breitung testinde T ve N 'in sırasıyla sonsuza gittiğini varsaymaktadır (Tatoğlu, 2012b, 203-207).

Çalışmada gelişmekte olan ülkeler grubunda 43 ülke yer aldığından, $N(43) > T(32)$ olmaktadır. Dolayısıyla birinci grup testlerden Harris-Tzavalis ve Breitung testleri seçilmektedir.

İkinci grubu temsilen ise gelişmiş ülkeler modelinde kullanılan Im, Pesaran ve Shin testi tercih edilmiştir. Bu tercih yapılırken, testlerin panel veri setinin birim ve zaman uzunluğuna bakışları dikkate alınmıştır. Çünkü bu test T ve N sırasıyla sonsuza gittiği durumda asimptotik olarak geçerlidir (Tatoğlu, 2012b: 212-213).

Tablo 3.9.'da $lgsyh$, let ve let^2 değişkenlerine ait serilerin Birinci Kuşak Panel Birim Kök test sonuçları yer almaktadır. Harris-Tzavalis, Breitung ile Im, Pesaran ve Shin birim kök testlerinin her üçüne göre de büyüme, enerji tüketimi ve enerji tüketiminin karesi değişkenleri sabitli ve sabitli-trendli için düzeyde durağan değildir.

Tablo 3.9. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Birinci Kuşak Panel Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	Harris-Tzavalis		Breitung		Im-Pesaran-Shin	
	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend
lg _{syh}	1,0074	0,8795	21,3351	4,3967	12,7296	-0,3411
let	0,9847	0,8110	16,3396	2,2812	7,0751	-0,2417
let ²	0,9899	0,8064	16,5853	2,4888	8,1170	0,0974

Not: Gecikme uzunlukları Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. a, b ve c simgeleri sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Düzeyde durağan olmayan zaman serilerini durağan hale getirmek için farkları alınarak tekrar birim kök testlerine tabi tutulmuşlardır. Tablo 3.10 serilerin farkları alınarak yapılan Birinci Kuşak Panel Veri Birim Kök testlerine ait sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.10. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Birinci Kuşak Panel Birim Kök Test Sonuçları (Δ)

Değişkenler	Harris-Tzavalis		Breitung		Im-Pesaran-Shin	
	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend	Sabit	Sabit ve Trend
Δ lg _{syh}	0,3040 ^a	0,3908 ^a	-9,7056 ^a	-10,4054 ^a	-20,2114 ^a	-18,4357 ^a
Δ let	0,0296 ^a	0,1234 ^a	-15,5069 ^a	-17,0811 ^a	-27,1563 ^a	-26,0564 ^a
Δ let ²	0,0145 ^a	0,1469 ^a	-16,1379 ^a	-17,1474 ^a	-27,0214 ^a	-25,9873 ^a

Not: Gecikme uzunlukları Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. a, b ve c simgeleri sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir

Birinci kuşak birim kök testlerinin fark değişkenlerine ait sonuçlar, her üç test sonucuna göre de lg_{syh}, let ve let² değişkenlerinin farklarının sabitli ve sabitli-trendli için %1, %5 ve %10 önem düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir.

Birinci kuşak panel birim kök testlerinin ardından, ikinci Kuşak Birim Kök Testlerini temsilen Pesaran CADF testi ile birim kök sınaması yapılmıştır. Söz konusu teste ait sonuçlar Tablo 3.11.'de yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre teste tabi tutulan tüm seriler düzeyde durağan değilken, birinci farkları alındığında, tüm değişkenler sabit-trendlide %1 önem düzeyinde olmak üzere durağan hale gelmektedirler.

Tablo 3.11. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Pesaran CADF Panel Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	I(0)		I(1)	
	Sabit	Sabit-Trend	Sabit	Sabit-Trend
lg syh	-1,931	-2,308	-2,511 ^a	-2,573 ^b
let	-1,607	-2,212	-2,373 ^a	-2,579 ^b
let ²	-1,577	-2,174	-2,374 ^a	-2,567 ^b

Not: Gecikme uzunlukları Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. a, b ve c simgeleri sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

3.4.1.7. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli için Eşbütünleşme Analizi ve İlgili Ampirik Bulgular

Birinci farklarında olmak üzere aynı düzeyde durağanlaşan serilerin uzun dönemde birlikte hareket edip etmediklerini test etmek için eşbütünleşme testi yapılmıştır. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi gelişmekte olan ülkeler için de temel hipotez “H₀: Eşbütünleşme yoktur” şeklinde olan Pedroni’nin geliştirdiği panel eşbütünleşme analizine başvurulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.12’de verilmiştir. Eşbütünleşme test istatistiklerinin önemli bir kısmına ait sonuçlar, lg syh, let ve let² değişkenleri arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığını göstermektedir, yani seriler uzun dönemde eşbütünleşiklerdir.

Tablo 3.12. Gelişmiş Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Pedroni Panel Eşbütünleşme Analiz Sonuçları

Testler	Ağırlıklandırılmamış İstatistikler		Ağırlıklandırılmış İstatistikler	
	İstatistik	Prob	İstatistik	Prob
	Bağımlı Değişken: (lg syh)			
Panel v-ist.	9,916350	0,0000	7,105704	0,0000
Panel rho-ist.	1,016260	0,8452	0,647277	0,7413
Panel pp-ist.	-2,328459	0,0099	-2,701014	0,0035
Panel adf-ist.	-3,494263	0,0002	-3,593821	0,0002
Grup rho-ist.	2,501266	0,9938		
Grup pp-ist.	-2,492156	0,0063		
Grup adf-ist.	-4,712748	0,0000		

H₀: Tüm eşbütünleşme testleri için “eşbütünleşme yoktur”. Gecikme uzunluğu olarak Akaike Bilgi Kriterine başvurulmuş ve sabitli-trendli şeklinde tahmin edilmiştir.

Panel eşbütünleşme analizi sonucunda elde edilen hata terimlerinin $I(0)$ 'da durağan olduğu, böylece değişkenler arasında uzun dönem bir ilişkinin var olduğu kararına varılabilmektedir. Kısa dönem de ise değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinde sapmaları gideren bir hata düzeltme mekanizmasının olduğu ileri sürülmektedir. Yani uzun dönem katsayıları ve hata düzeltme mekanizmasına dayanılarak kısa dönem katsayıları elde edilebilmektedir.

3.4.1.8. Gelişmekte Olan Ülkeler için Enerji-Büyüme Modeline Ait Uzun ve Kısa Dönem İlişkilerin Tahmini

Çalışmada gelişmekte olan ülkeler için Enerji-Büyüme modelinde değişkenlerin $I(1)$ düzeyinde durağan ve eşbütünleşik olduğu belirlendikten sonra uzun ve kısa dönem ilişkiler tahmin edilmiştir. Gelişmiş ülke modelinde olduğu gibi bu modelde de uzun dönem ilişkisi Panel Dinamik En Küçük Kareler yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Gelişmekte olan ülkelere ait Enerji-Büyüme modelinin panel dinamik en küçük kareler yöntemi ile uzun dönem ilişkinin tahmininden elde edilen sonuçlar Tablo 3.13.'te görülmektedir.

Tablo 3.13. Gelişmekte Olan Ülkelere ait Enerji-Büyüme Modeli Panel Dinamik En Küçük Kareler Tahmin Sonuçları

	Katsayılar	Standart Hata	t-istatistiği	Prob.
let	4,097354	0,036880	111,0981	0,0000
let²	-0,386552	0,009106	-42,45171	0,0000
R² = 0,346711		$\bar{R}^2 = 0,243993$		

Elde edilen sonuçlara göre gelişmekte olan ülkelerde de gelişmiş ülkelerde olduğu gibi enerji tüketimi ve enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki parabolik ilişkiyi yansıtmak amacıyla enerji tüketiminin karesi alınarak oluşturulan enerji tüketiminin karesi değişkeninin her ikisi de %1 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır. Katsayı işaretlerine bakıldığında et ve et^2 değişkenlerinin işaretleri beklenenle örtüşmektedir. Belirli bir gelişme düzeyine kadar enerji tüketimindeki artış ekonomik büyümede de artışa yol açarken, ekonomik büyümenin ileri aşamalarında enerji tüketimi

ile ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişki negatif yönlü bir ilişkiye dönüşmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerin enerji tüketimindeki %1'lik bir artış ekonomik büyümenin yaklaşık %4,1 oranında bir artışa yol açması beklenmektedir. Elde edilen bu oranın gelişmiş ülke modelindeki orandan daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Ancak, enerji tüketimi 5,23 logaritmik değerine kadar artacak ve enerji tüketimi değerinden sonra ekonomik büyümedeki artışla birlikte enerji tüketimi azalmaktadır. Tepe noktasından sonra enerji tüketimindeki %1'lik bir azalışın ekonomik büyüme üzerindeki etkisi %0,3 oranda gerçekleşmektedir. Ayrıca modelin R^2 değeri yaklaşık %35 olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada uzun dönem ilişkinin analizinin ardından daha ayrıntılı ve etkin değerlendirmeler yapabilmek amacıyla Hata düzeltme modeli (Error Correction Model-ECM) kullanılarak kısa döneme ait parametrelerin tahmin edilmiştir. Gecikme uzunluklarının belirlenmesinde Akaike Bilgi Kriteri dikkate alınmış ve gelişmiş ülkelere ait modeldeki gibi gecikme uzunluğu ARDL (1,1,1) şeklinde belirlenmiştir. Tablo 3.14.'te Gelişmekte Olan Ükelere ait Enerji-Büyüme Modeli için Hata Düzeltme Modeli Sonuçları yer almaktadır.

Tablo 3.14. Gelişmekte Olan Ükelere ait Enerji-Büyüme Modeli için Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	Prob.
$\Delta \text{lg syh}_{t-1}$	0,552737	0,052880	10,45264	0,0000
Δlet	0,015907	0,113938	0,139615	0,8890
Δlet_{t-1}	-0,301958	0,112873	-2,675188	0,0076
Δlet^2	0,038518	0,014046	2,742308	0,0062
$\Delta \text{let}^2_{t-1}$	0,034425	0,014392	2,392044	0,0169
HDT_{t-1}	-0,209005	0,058216	-3,590164	0,0003
$R^2 = 0,213456$		$\bar{R}^2 = 0,210287$		
$\text{AIC} = -5,38344$		Standart Hata =0,018407		

Tablo 3.14.'teki sonuçlara göre hata düzeltme terimi (HDT) beklenildiği gibi negatif ve istatistiki açıdan %1 önen düzeyinde anlamlıdır. Hata düzeltme terimi kısa dönemde yaşanan sapmaların bir sonraki dönemde dengeye gelme hızını ifade etmektedir. Dolayısıyla gelişmekte olan ülkelerde kısa dönemde yaşanacak sapmaların

yaklaşık %21'i bir sonraki dönemde düzelecektir. Gelişmiş ülkeler için elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, gelişmekte olan ülkelere yaşanan dengesizliklerin ardından uzun dönemde dengeye yakınsama hızının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Kısa dönem ilişkilerine bakıldığında, ekonomik büyüme değişkeninin kendisinin bir gecikmeli değeri istatistiki bakımdan anlamlı ve katsayı işareti beklenildiği gibi pozitifdir. *let* değişkeninin ise bir gecikmeli değeri istatistiki açıdan anlamlı iken, cari değeri anlamsızdır. Diğer yandan değişkenin cari değerinin katsayı işareti beklenildiği gibi pozitif, ancak bir gecikmeli değerinin katsayı işareti beklenin aksine negatiftir. Son olarak *let*² değişkeninin cari değeri ile bir gecikmeli değerlerinin her ikisi de iktisadi büyüme üzerinde istatistiki açıdan anlamlı bir etkiye sahiptir. Ayrıca bu değişkenin cari ve gecikmeli değerlerinin katsayı işaretlerinin kısa dönemde pozitif olduğu görülmektedir. Elde edilen bulgunun gelişmekte olan ülkelerin henüz tam olarak sanayi toplumundan hizmetler ve bilgi toplumuna doğru kayma sürecini yaşamamalarından ve teknolojik ilerleme düzeyinin yüksek olmamasından kaynaklandığı ileri sürülebilir.

3.4.2. Panel-Regresyon Modeli

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörlerin ele alındığı ikinci modelde orta ve yüksek gelir grubundaki ülkeler arasından uygun veri setine sahip olan seçilmiş sırasıyla 25 ve 28 olmak üzere toplam 53 ülke veri setine dahil edilmiştir. Gelişmekte olan ülke grubu içinde Arnavutluk, Arjantin, Azerbaycan, Beyaz Rusya, Bosna Hersek, Brezilya, Bulgaristan, Çin, Kolombiya, Ekvador, Guatemala, Macaristan, Malezya, Meksika, Moldova, Fas, Filipinler, Romanya, Güney Afrika, Tayland, Türkiye, Özbekistan, Türkiye, Vietnam ve Zambiya yer almaktadır. Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Şili, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, Japonya, Kore Cumhuriyeti, Litvanya, Lüksemburg, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Peru, Polonya, Rusya, İspanya, İsveç, İsviçre, İngiltere, Uruguay ve ABD ise gelişmiş ülke grubunu oluşturmaktadırlar.

Söz konusu ülke grupları için iki farklı model ve tüm ülkeleri içeren bir model olmak üzere toplam üç modelin tahmin edildiği bu modelin zaman periyodu 2000-2011 olarak ele alınmıştır. Zaman periyodunun belirleyen etken veri setine dahil edilen

ülkelerin kesintisiz verilerine bu tarihten itibaren ulaşılabilmektedir. Birim boyutu zaman boyutundan büyük olduğundan modelin veri setinin kısa ve geniş veri setine uygun olduğu söylenebilir.

Modelin bağımlı değişkeni olarak belirlenen toplam enerji tüketiminin GSYH'ye oranı, kiloton petrol eşdeğeri cinsinden ifade edilen toplam birincil enerji tüketiminin 2005 fiyatlarına göre elde edilen GSYH'ye oranı ile elde edilmiştir. Bu değişkenin tercih edilmesindeki amaç GSYH'deki artış hızının enerji tüketimindeki artış hızını aştığını yansıtmaktır. Zira enerji tüketimindeki artışın tek başına değerlendirilmesi yerine, üretimdeki artış düzeyi ile karşılaştırılması önem arz etmektedir. Veriler Dünya Bankası'nın "World Development Indicators (Dünya Kalkınma Göstergeleri)" tan temin edilmiştir.

Çalışmada teknolojik değişimi temsilen Popp (2000, 2001)'e dayanarak toplam patent verileri kullanılmaktadır. Bu veriler Dünya Bankası'nın 6 Mayıs 2014 tarihinde güncellenen WDI (World Development Indicators)'tan ve WIPO (World Intellectual Property Organization)'dan alınmıştır. Patent verileri Patent İşbirliği Anlaşması (PCT) çerçevesinde bir ülkede yapılmış olan toplam patent başvurularını içermektedir.

Yapısal değişimi temsilen, ülkelerin gelişmişlik düzeyi arttıkça ekonomide hizmetler sektöründe yaşanan genişlemeye dayanarak, GSYH'de hizmetler sektörü katma değerinin yüzdesi kullanılmıştır. Söz konusu veriler Dünya Bankası'nın "World Development Indicators" tan temin edilmiştir. Hizmetler sektörü katma değer verileri Uluslararası Standart Sanayi Sınıflamasına (ISIC), revizyon 3'e göre elde edilmekte ve toptan ve perakende ticaret, ulaştırma, eğitim, sağlık ve gayrimenkul hizmetleri gibi, mali, mesleki ve kişisel hizmetleri kapsamaktadır.

Diğer bir faktör olan girdi bileşenindeki değişimi temsilen gayri safi sabit sermaye oluşumunun GSYH içindeki payı ve toplam işgücünün toplam nüfusa oranı değişkenleri kullanılmaktadır. Bu veriler de yine Dünya Bankası'nın "World Development Indicators" tan elde edilmiştir. Tesis, makine ve teçhizat alımları; okullar, ofisler, hastaneler, ticari ve endüstriyel binalar, yollar ve demiryollarının yanı sıra değerli net satın almalar da sermaye oluşumu olarak kabul edilmektedir. Toplam işgücü ise Uluslararası Çalışma Örgütü tanımına göre belirli bir dönemde mal ve hizmet üretimi için işgücü arz eden, ekonomik olarak aktif 15 yaş üstü nüfusu kapsamaktadır.

Son olarak enerji tüketiminin kalitesindeki değişimi temsilen toplam birincil enerji tüketimi için de fosil yakıt tüketimi ile alternatif ve nükleer enerji tüketiminin payı dikkate alınmaktadır. Kömür, petrol ve doğal gazdan oluşan fosil yakıt tüketimindeki azalış ve alternatif ve nükleer enerji tüketimindeki artış daha kaliteli enerji kaynaklarına doğru kaymayı yansıtmaktadır. Alternatif enerji kaynakları kullanımı sırasında karbondioksit üretmeyen enerji kaynaklarıdır ve hidroelektrik, nükleer, jeotermal ve güneş enerjisini içermektedir. Belirtilen veriler Dünya Bankası'nın "World Development Indicators" tan ve BP (British Petroleum) Dünya Enerji İstatistikleri Raporu'ndan derlenmiştir. Elektrik fosil yakıtlardan daha kaliteli bir yakıt türüdür, ancak ikincil bir enerji kaynağıdır ve çalışmada birincil enerji tüketimi dikkate alınmasından ötürü analiz dışı bırakılmıştır.

Çalışmanın hipotezleri doğrultusunda ve Dünya Bankası'nın gelir grubu sınıflandırmasına göre belirlenen az gelişmiş ülkeler analiz dışı bırakılarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında seçilenler için analiz gerçekleştirilmektedir. Patent sayısı, hizmetler sektörünün GSYH içindeki payı, sabit sermayenin GSYH içindeki payı, toplam işgücünün nüfus içindeki payı, fosil yakıtların toplam enerji tüketimi içindeki payı ve alternatif ve nükleer enerjinin toplam enerji tüketimi içindeki payından oluşan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere göre farklılık gösterebileceğinden çalışmada söz konusu ülke grupları için değişkenleri ve zaman boyutları aynı, ancak birim boyutları farklı olmak üzere üç ayrı model oluşturulmuştur. Modellerden biri gelişmiş ülkeleri, bir diğeri gelişmekte olan ülkeleri kapsarken, üçüncü model her iki ülke grubunu da içeren genel bir modeldir. Her üç modelde aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\left(\frac{\text{Enerji Tüketimi}_{it}}{\text{GSYH}_{it}}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Patent}_{it} + \alpha_2 \text{Hizmet}_{it} + \alpha_3 \text{Sermaye}_{it} + \alpha_4 \text{isgucu}_{it} + \alpha_5 \text{fosil}_{it} + \alpha_6 \text{alt}_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3.19)$$

Modelde α_0 ; sabiti, μ_i ; ülkeleri ifade eden birim etkisini, γ_t ; zaman etkisini ve ε_{it} ; hata terimini göstermektedir. Modelin metodolojisinde doğrusal statik panel veri yöntemi izlenmiştir.

Tablo 3.15. Panel-Regresyon Modelinin Bağımlı ve Bağımsız Değişkenlerine ait Genel Bilgiler

Değişkenler	Kısaltmalar	Hipotez
Bağımlı Değişken		
Enerji Tüketimi/GSYH	engsyh	
Bağımsız Değişkenler		
Patent Verileri	patent	Negatif
Hizmetler Sektörünün GSYH İçindeki Katma Değer Payı	hizmet	Negatif
Sabit Sermaye Oluşumunun GSYH İçindeki Payı	sermaye	Pozitif
Toplam İşgücünün Nüfus İçindeki Payı	isgucu	Negatif
Fosil Yakıt Tüketimi/Toplam Enerji Tüketimi	fosil	Pozitif
Alternatif ve Nükleer Enerji Tüketimi/Toplam Enerji Tüketimi	alt	Negatif

Tablo 3.15'te panel-regresyon modelindeki değişkenler için kullanılan kısaltmalar ve teorik anlamda beklenen işaretleri verilmektedir.

Modelde öncelikle veri setine ait tanımlayıcı istatistikler verilmesinin ardından modelin seçim süreci ve tahmin sonuçları sunulmaktadır. Ele alınan seriler zaman boyutunda önemli bir değişim göstermediklerinden birim kök testlerine tabi tutulmamışlardır.

3.4.2.1. Genel Modelin Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler

Modelde yer alan patent, hizmet, sermaye, fosil, isgucu, alt ve engsyh değişkenlerinin veri setine ait ortalama, standart sapma maksimum ve minimum değerlerinden oluşan tanımlayıcı istatistikler Tablo 3.16'da aktarılmaktadır.

Tablo 3.16. Genel Modelin Veri Setine Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Gözlem	Ort.	Std. Sap.	Min.	Mak.
Bağımlı Değişken					
engsyh	636	0,0000003	0,0000005	0,00000	0,0000046
Bağımsız Değişkenler					
patent	636	0,0004019	0,0008325	0,00000085	0,0120132
hizmet	636	61,9159	10,55488	23,785	86,7744
sermaye	636	22,23623	5,244692	10,633	57,7091
fosil	636	76,28528	17,98641	6,6967	99,0059
isgucu	636	0,47300	0,059460	0,3271	0,5912
alt	636	12,23939	11,84368	0,0093	50,7339

Modeldeki değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, bağımlı değişken enerji tüketimi/GSYH oranı ortalamasının 0,000003 olduğu görülmektedir. En yüksek değer 2000 yılında Özbekistan'da görülmüştür. Patent değişkeninin tanımlayıcı istatistiklerine göre örneklem içindeki ülkelerde bir milyon kişi başına düşen ortalama patent sayısı 0,0004'dür. Ülkeler arasında en yüksek kişi başına patent sayısına 0,0120 değeri ile Lüksemburg 2011 yılında sahip olmuştur. Diğer yandan gelişmekte olan ülkelerde hizmetler sektörünün GSYH içindeki yüzde payı ortalama olarak %61,91'dir. En yüksek hizmet sektörü ağırlığına 2011 yılında yine Lüksemburg'da ulaşılmışken, en düşük oran %23 ile Azerbaycan'a aittir.

Sabit sermaye oluşumunun GSYH'ye oranına bakıldığında ortalama değer 22,23 olduğu görülmektedir. Bu değişken 2005 yılında Arnavutluk'ta maksimuma değerini almıştır. Minimum değer ise 2006 yılında Azerbaycan'da görülmektedir.

Toplam nüfus içindeki işgücünün payı ortalama 0,47'dir ve maksimum değeri 2011 yılında Vietnam'da görülmektedir. Son olarak fosil yakıtların toplam enerji tüketimi içindeki payı ortalama olarak %99'dır. Bu oranın maksimum değeri Özbekistan'da 2002 yılında kaydedilmektedir. Diğer yandan alternatif ve nükleer enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payına bakıldığında, ortalama değeri yaklaşık %12 olarak görülmektedir ve maksimum değeri 2001 yılında İsveç'te gözlemlenmektedir.

Tablo 3.17. Genel Modelin Değişkenlerinin Korelasyon Matrisi

Değişkenler	lnengsyh	Inpatent	Inhizmet	Insermaye	lnısgucu	Infosil	lnalt
lnengsyh	1,0000						
Inpatent	-0,4457	1,0000					
Inhizmet	-0,6775	0,4148	1,0000				
Insermaye	0,2659	-0,0685	-0,4063	1,0000			
lnısgucu	-0,2842	0,4231	0,0523	0,1526	1,0000		
Infosil	-0,0344	0,2974	0,0440	0,1816	-0,0188	1,0000	
lnalt	-0,3404	0,1460	0,2997	-0,2445	0,1562	-0,3842	1,0000

Çalışmada değişkenlerin logaritması alınarak regresyon analizine tabi tutulmaktadır. Ayrıca modelin veri setinin genel özelliklerini belirlemek amacıyla

bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon matrisi ele alınmaktadır. Değişkenlerin korelasyon matrisi Tablo 3.17.'de gösterilmektedir

İki değişken arasındaki ilişkinin derecesini ve gücünü ifade eden korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişen değerler almaktadır²¹. İki değişken arasında etkileşimin olmadığı durumlarda korelasyon katsayısı 0 değerini alırken, tam ve kuvvetli bir etkileşim olduğunda +1, ters yönlü ve tam bir etkileşim olduğunda ise -1 değerini almaktadır.

Tablo 3.17.'ye göre bağımlı değişken ile patent, hizmet değişkenleri arasındaki ilişki dikkate değer bir korelasyon ilişkisi; işgücü, sermaye ve alternatif enerji değişkenleri ile zayıf bir korelasyon ilişkisi ve son olarak fosil değişkeni ile çok zayıf bir korelasyon ilişkisi bulunmaktadır. Değişkenler işaretleri açısından değerlendirildiğinde fosil değişkeni hariç tüm bağımsız değişkenlerin işareti teori ile örtüşmektedir.

3.4.2.2. Genel Modele Ait Ampirik Bulgular

Modele ait tanımlayıcı istatistik bilgilerin sunulmasının ardından uygun modelin belirlenmesi aşamasına gelinmektedir. Bu aşamada birim ve zaman etkileri tespit edilerek öncelikle klasik modelin uygun olup olmadığı incelenmektedir. Birim ve zaman etkilerinin varlığına sabit etkiler modeli için F testi ve tesadüfi etkiler modeli için LR testi sonuçlarına bakılarak karar verilmektedir.

Öncelikli olarak birim ve zaman etkilerinin söz konusu olmadığı Klasik modelin geçerliliğini test etmek için H_0 hipotezi; $H_0: \beta_i = \beta$ şeklinde olan F testi yapılmaktadır. H_0 hipotezini test ederken $[(N-1), N(T-1)-K]$ serbestlik dereceli F dağılımından

²¹ Korelasyon katsayısının ilişki gücü konusunda yorumlama yapılırken, genelde aşağıdaki sınıflandırma kullanılmaktadır (Kayahan, 2008: 78); Korelasyon katsayısının ilişki gücü konusunda yorumlama yapılırken, genelde aşağıdaki sınıflandırma kullanılmaktadır (Kayahan, 2008: 78);

- 0,0–0,2 çok zayıf korelasyon
- 0,2-0,4 zayıf, düşük korelasyon
- 0,4-0,7 ılımlı ya da dikkate değer korelasyon
- 0,7-0,9 güçlü, yüksek korelasyon
- 0,9-1,0 çok güçlü korelasyon

yararlanılmaktadır. H_0 hipotezinin reddedilmesi parametrelerin birimlere göre değiştiğini, yani klasik modelin uygun olmadığı sonucunu ifade etmektedir.

F testi [(N-1)=52, N(T-1)-K=577] serbestlik dereceli F dağılım tablosu ile karşılaştırılarak test edilmektedir.

$$F(52, 577) = 255,66 \quad prob > F = 0,0000 \quad (3.20)$$

Elde edilen sonuçlara göre birim etkilerin sifıra eşit olduğu H_0 hipotezi reddedilmekte, yani birim etkilerin var olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla klasik modelin uygun olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Daha sonra klasik modeli tesadüfi etkiler modeline karşı test etmek için uygulanan LR (Olabilirlik Oran) testinin H_0 hipotezi “klasik model doğrudur” şeklinde kurulmakta ve LR test istatistiği χ^2 dağılımına uymaktadır.

Birim ve zaman etkilerinin varlığını sınamak için kullanılan olabilirlik oranı (LR) testinde birim ve zaman etkilerinin standart hatalarının herhangi birinin sifıra eşit olduğu, bir başka ifade ile iki yönlü modelin uygun olmadığı temel hipotezi ($H_0: \sigma_\mu = \sigma_\lambda = 0$) sınanmaktadır. H_0 hipotezinin reddi için birim ya da zaman etkilerinin birisinin sifırdan farklı olması yeterlidir. Birim ve zaman etkilerinden birinin ya da her ikisinin varlığı tespit edildikten sonraki aşamada birim ve zaman etkilerinin varlığı tek tek sınanmalıdır.

$$\chi^2(02) = 1836,64 \quad prob > \chi^2 = 0,0000 \quad (3.21)$$

Birim ve zaman etkilerinin varlığının testinden elde edilen test istatistiği 2 serbestlik dereceli χ^2 tablosu ile karşılaştırılarak test edilmektedir. Sonuçlara göre birim ve zaman etkilerinin standart hatalarının en az birisinin sifıra eşit olduğunu söyleyen H_0 hipotezi reddedilmekte ve dolayısıyla iki yönlü modelin geçerli olduğu anlaşılmaktadır.

Daha sonraki aşamada birim etkilerin tespiti için yapılan LR_μ testinin sonucu aşağıdaki gibidir;

$$\chi^2(01) = 1642,68 \quad prob > \chi^2 = 0,000 \quad (3.22)$$

Test istatistiğinin 1 serbestlik dereceli χ^2 tablosu ile karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlara göre birim etkilerin standart hatalarının sifıra eşit olduğunu söyleyen H_0 hipotezi reddedilmekte ve dolayısıyla birim etkilerin var olduğu görülmektedir.

Birim etkinin varlığının belirlenmesinden sonra, zaman etkilerinin tespiti için yapılan LR_λ testinde zaman etkilerinin standart hatalarının sıfıra eşit olduğu, diğer bir deyişle klasik modelin uygun olduğu temel hipotezi ($H_0: \sigma\chi=0$) sınanmaktadır.

$$\chi^2 (01) = 0,0000 \quad prob > \chi^2 = 1.000 \quad (3.23)$$

Elde edilen test istatistiğinin 1 serbestlik dereceli χ^2 tablosu ile karşılaştırılması sonucunda zaman etkilerinin var olmadığı anlaşılmaktadır.

Dolayısıyla hem sabit etkiler hem de tesadüfi etkiler modelleri için birim etkilerin var olduğu, buna karşılık zaman etkilerinin olmadığı anlaşılmaktadır. Birim etkisinin sabit mi, yoksa tesadüfi olduğunun kararı için Hausman testine başvurulmaktadır. Diğer bir ifadeyle tesadüfi etkiler modelinin uygulanabilirliği için özel koşulların sağlanması gerekmektedir ve bunlar arasında en temel koşul bileşik hata ile bağımsız değişkenler arasında korelasyon olmamasıdır. Bahsedilen koşulun sınanması için de genellikle Hausman testi kullanılmaktadır.

Hausman test sonucu aşağıda gösterilmektedir;

$$\chi^2 = 36,65 \quad prob > \chi^2 = 0,0000 \quad (3.24)$$

Sonuçlara göre H_0 reddedildiğinden, tesadüfi etkiler tahmincisinin tutarsız olduğuna ve sabit etkiler tahmincisinin geçerli olduğuna karar verilmektedir.

Tablo 3.18. Sabit Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	St. Hata	t istatistiği	Prob.
Inpatent	0,076104	0,069498	1,10	0,274
Inhizmet	-0,267274	0,105175	-2,54	0,011
Insermaye	-0,037091	0,036220	-1,02	0,306
Inisgucu	-1,141463	0,158940	-7,18	0,000
Infosil	0,126626	0,123774	1,02	0,307
Inalt	-0,046070	0,204826	-2,25	0,025
c	-6,619977	0,303221	-21,83	0,000
	Katsayı		Prob.	
F(52,577)	255,66		0,0000	
R²		0,2217		
p		0,975		

Model sabit etkiler varsayımıyla tahmin edilmektedir. Grup içi tahmin yöntemi ile model tahmininden elde edilen sonuçlar Tablo 3.18.'de yer almaktadır.

Sabit etkiler modelinin grup içi tahmin yöntemi ile tahmininden elde edilen sonuçlara bakıldığında F değerine göre model bir bütün olarak anlamlıdır. Ayrıca toplam varyans içindeki birim etkinin varyansının payını ifade eden ρ katsayısının değerinin %97 olması birim etkinin öneminin (ülkeler arasındaki heterojenliğin) yüksek olduğunu ifade etmektedir. Değişkenlerin anlamlılığı değerlendirildiğinde, hizmetler sektörünün payı, işgücü ve alternatif enerji tüketimi değişkenleri %1 önem düzeyinde anlamlı iken; patent, sabit sermaye oluşumu ve fosil yakıt tüketimi değişkenleri anlamsız görünmektedir. Katsayıların işaretleri açısından ele alındığında ise hizmet, işgücü, fosil yakıt tüketimi ve alternatif enerji tüketimi değişkenlerinin işaretleri beklenen ile aynı iken, patent ve sermaye değişkenlerinin işareti beklentinin tersi yöndedir. Ancak, tahmin edilen modelin ayrıntılı yorumu yapılmadan önce, panel veri analizlerinin temel varsayımlarından sapmaların olup olmadığı kontrol edilmesi gerekmektedir. İlk olarak birimler arası korelasyonun varlığını sınamak için sabit etkiler modeli için yapılan Pesaran, Friedman ve Frees testleri uygulanmıştır.

Tablo 3.19. Birimler arası Korelasyon Varsayımının Sınaması: Pesaran, Friedman ve Frees Test Sonuçları

Testler	Değer	Prob
Pesaran	25,884	0,0000
Friedman	127,833	0,0000
Frees	13,994	Kritik değerler
		0,01 0,05 0,10
		0,4252 0,2838 0,2136

Tablo 3.19.'daki Pesaran ve Friedman testi sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilerek birimler arası korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Frees testi sonuçlarına göre %90, %95 ve %99 güven düzeylerinin hepsinde Frees test istatistiği (13,994), Q dağılımından elde edilen kritik değerlerden (0,2136, 0,2838 ve 0,4252) büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmekte ve dolayısıyla birimler arasında korelasyon olduğu görülmektedir.

Modelde birimler arası korelasyonun varlığının tespitinin ardından Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın "Durbin Watson Testi" ve Baltagi-Wu'nun "Yerel En İyi Değişmez Testi" kullanılarak otokorelasyonun varlığı sınanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.20.'de yer almaktadır.

Durbin-Watson ve Baltagi-Wu testleri için literatürde bir kritik değer mevcut olmamasına karşın, değer 2'den küçük olduğundan sabit etkiler modeli için otokorelasyonun var olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Çalışmadaki modelde de otokorelasyonun ciddi olduğu yorumu yapılmaktadır.

Tablo 3.20. Otokorelasyon Varsayımının Sınanması: Durbin-Watson Testi ve Yerel En İyi Değişmez Testi Sonuçları

Durbin-Watson	0,201751
Baltagi-Wu LBI	0,503253

Son olarak değişen varyansın (heteroskedasite) testi amacıyla sabit etkiler modeli için kullanılan Değiştirilmiş Wald testi kullanılmıştır.

Tablo 3.21. Değişen Varyans Varsayımının Sınanması: Değiştirilmiş Wald Testi Sonuçları

Serbestlik derecesi	χ^2	Prob.
53	38129,11	0,0000

Tablo 3.21.'e göre “varyanslar birimlere göre homojendir ($\sigma_i^2 = \sigma^2$)” şeklinde kurulan H_0 hipotezi reddedilmekte, birimlere göre değişen varyans olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Modelde birimler arası korelasyon, otokorelasyon ya da değişen varyans varsayımlarından sapmaların en az birisinin var olduğu durumda ya parametre tahminlerine dokunmadan standart sapmalar düzeltilmeli ya da varsayımdan sapmaya uygun düzeltme yöntemleriyle model yeniden tahmin edilmelidir. Çalışmadaki ele alınan tüm ülkeleri içeren genel modelde birimler arası korelasyon, otokorelasyon ve değişen varyans sorunlarının olduğu tespit edildiğinden, dirençli tahminciler ile model yeniden tahmin edilmiştir.

Değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyondan her üçünün de var olduğu durumlarda Parks-Kmenta, Beck-Katz ve Driscoll-Kraay tahminleri dirençli tahminciler vermektedir. Bu yöntemlerden Parks-Kmenta metodu orta ve büyük ölçekli

mikro panellere uygun bir yöntem değildir. Çünkü söz konusu tahminci yatay kesit boyutu N, zaman boyutu T'den büyük olduğunda; tekil bir $N \times N$ boyutlu yatay kesit kovaryans matrisini tahmin edemeyebileceğinden esnek olmamaktadır. Diğer yandan Beck-Katz'ın PCSE tahmincisi de T/N oranı küçükse, tahminler sapmalı olabilmektedir. Driscoll ve Kraay'ın yaklaşımı, özellikle mikro ekonomik panellerde karşılaşılan yatay kesit boyutun büyüklüğü durumunda zayıf olan, sadece büyük T tutarlı kovaryans matris tahmincileri üretene olduğu durumda Parks-Kmenta ya da PCSE (Panel Düzeltilmiş Standart Hatalar) yaklaşımlarına alternatif olarak geliştirilmiştir. Driscoll ve Kraay tahmincisi büyük T ve N durumunda bile heteroskedasite varlığında tutarlı, uzamsal ve dönemsal korelasyonun genel formlarında dirençli standart hatalar üretmektedir (Tatoğlu, 2012a, 260).

Çalışmada bu doğrultuda Driscoll-Kraay Tahmincisi ele alınmıştır. Tahmin sonuçları Tablo 3.22'de yer almaktadır.

Tablo 3.22. Sabit Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları (Driscoll-Kraay Tahmincisi)

	Katsayı	Standart Hata	t	Prob
Inpatent	-0,004449	0,005877	-0,76	0,452
Inhizmet	-1,195605	0,865668	-1,38	0,097
Insermaye	0,141599	0,096124	1,47	0,147
Inisgucu	-2,208916	0,377584	-5,85	0,000
Infosil	0,428418	0,738933	0,58	0,565
Inalt	1,028967	0,057674	17,84	0,000
c	-6,576192	1,758097	-3,74	0,000
	Katsayı		Prob.	
F (6, 52)	2431,97		0,0000	
R ²		0,3296		

Değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon olduğu durumda gerçekleştirilen Driscoll-Kraay tahmincisinin sonuçlarına bakıldığında F testi anlamlıdır ve R² değeri yaklaşık %33'tür.

Teknolojik değişimin enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi üzerindeki etkisini ele almak için modele dâhil edilen patent değişkeni istatistiki olarak anlamsız ancak, katsayı işareti beklenildiği gibi negatiftir. Teknolojik gelişme enerjinin daha etkin kullanımını sağlayarak aynı miktardaki üretim için daha az enerji tüketimine yol açmaktadır. Diğer yandan daha gelişmiş üretim tekniklerinin kullanılmasından ötürü

meydana gelen etkinlik gelişmeleri ülkelerin daha yüksek düzeyde çıktı üretmelerine yol açacaktır. Dolayısıyla teknolojik gelişmenin enerji tüketimi/GSYH oranında azalışa yol açması beklenmektedir. Ele alınan model gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri içermesi patent değişkeninin istatistiki açıdan anlamsız olmasını açıklayabilir. Çünkü gelişmekte olan ülkelerde teknolojik gelişme düzeyi yüksek değildir.

Yapısal değişimi temsilen modele dahil edilen hizmet değişkeni toplam GSYH içinde hizmetler sektörünün katma değer payını yansıtmaktadır. Modelde bu değişken %10 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır ve işareti teorik beklenti ile örtüşmektedir. Katsayı değeri -1,195'tir. Tarım, sanayi ve hizmetler sektöründen oluşan ekonomilerin gelişme düzeyleriyle paralel olarak öncelikle sanayi sektörünün payı artmakta, devamında hizmetler sektörüne doğru bir kayma yaşamaktadır. Sanayi sektörü tarım ve hizmetler ile karşılaştırıldığında, genel anlamda daha yüksek düzeyde enerji tüketimi ile dikkat çekmektedir. Dolayısıyla hizmetler sektörünün ekonomi içindeki payının artması enerji tüketiminde de azalışa yol açacaktır. Enerji tüketimindeki azalış ve GSYH düzeyindeki yükseliş enerji yoğunluğunda azalışı beraberinde getirecektir.

Sabit sermaye oluşumu ve işgücü değişkenleri modele girdi bileşenindeki değişimi temsilen dâhil edilmiştir. Ancak, sermaye değişkeni istatistiki olarak anlamsızdır. Literatürde sermaye ile enerji girdileri arasındaki ilişki konusunda tam bir netlik olmamasına karşın, genel kanı kısa dönemde tamamlayıcı, uzun dönemde ise ikame girdi oldukları yönündedir. Sermaye değişkeninin anlamsız çıkmasında bu belirsizliğin etkisi olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan katsayı işareti enerji ile sermayenin tamamlayıcı girdi oldukları yönündeki beklenti ile uyumludur. Diğer girdi bileşeni değişkeni olan işgücü %1 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlı ve işareti beklenen ile uyumludur. Teoride farklı sonuçlar olmasına karşın enerji ile işgücü ikame girdi olarak kabul edilmektedirler. Bu nedenle işgücü miktarındaki artış enerji tüketiminde azalışa yol açmaktadır.

Son olarak enerji kalitesindeki değişimi temsilen ele alınan toplam enerji tüketimi içinde fosil yakıt tüketimi ile alternatif ve nükleer enerji tüketimi değişkenlerinden fosil değişkeni anlamsızken, alternatif enerji değişkeni istatistiki bakımdan %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Diğer yandan alternatif enerji tüketimi değişkeninin katsayısı teori ile uyumsuzken, fosil yakıt tüketimi değişkeni teorideki gibi pozitifdir. Bu

durumun nedeni genel modelin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri içermesi olabilir. Zira gelişmekte olan ülkelerde sanayileşme sürecini henüz tamamlamadıklarından fosil tüketiminde azalış eğilimi daha azdır.

3.4.2.3. Gelişmekte Olan Ülkelere Ait Modelin Ampirik Bulguları

Gelişmekte olan ülkelere ait modelde öncelikle veri setine ait tanımlayıcı istatistikler verilmekte, daha sonra ise modelin seçim süreci ve tahmin sonuçları sunulmaktadır. Seriler zaman boyutunda önemli bir değişim göstermediklerinden birim kök testlerine tabi tutulmamışlardır.

i. Gelişmekte Olan Ülkeler Modelinin Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler

Modelde yer alan patent, hizmet, sermaye, fosil, işgücü, alt ve engsyh değişkenlerinin veri setine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 3.23'te aktarılmaktadır. Panel veriler için tamamlayıcı istatistikler her bir değişken için ortalama, standart sapma maksimum ve minimum değerlerin elde edilmesiyle oluşturulmaktadır.

Tablo 3.23. Gelişmekte Olan Ülkeler Modeli Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Gözlem	Ort.	Std. Sap.	Min.	Mak.
Bağımlı Değişken					
engsyh	300	0,0000005	0,0000006	0,0000001	0,0000046
Bağımsız Değişkenler					
patent	300	0,000106	0,000330	0,00000085	0,005392
hizmet	300	54,68695	9,460524	23,7859	76,8418
sermaye	300	23,33589	6,509232	11,9606	57,7091
fosil	300	76,99954	20,32442	6,6967	99,0059
isgucu	300	0,443377	0,06590	0,3271	0,5912
alt	300	8,001466	7,33409	0,0093	31,9801

Gelişmekte olan ülkelere ait modeldeki değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, bağımlı değişken enerji tüketimi/GSYH oranı ortalamasının %0,000005 olduğu görülmektedir. Bu değişkene ait maksimum oran 2000 yılında Özbekistan'da, minimum oran ise 2000 yılında Beyaz Rusya'da görülmüştür.

Patent değişkeninin tanımlayıcı istatistiklerine göre gelişmekte olan ülkelerde bir milyon kişi başına düşen ortalama patent sayısı 0,000106'dır. Gelişmekte olan ülkeler arasındaki en yüksek kişi başına patent sayısına 0,0053 değeri ile Bulgaristan 2011

yılında sahip olmuştur. Diğer yandan gelişmekte olan ülkelerde hizmetler sektörünün GSYH içindeki yüzde payı ortalama olarak %54,6'dır. En yüksek hizmet sektörü ağırlığına 2009 yılında Moldova'da ulaşılmışken, en düşük oran %23 ile Azerbaycan'a aittir.

Gelişmekte olan ülkelerde sabit sermaye oluşumunun GSYH'ye oran ortalama olarak %23,33 iken, toplam nüfus içindeki işgücünün payı ortalama 0,443'tür. En yüksek sabit sermaye oranı 2004 yılında Azerbaycan'da görülürken, en yüksek işgücünü oranı sahip ülke 2002 yılında Arjantin olmuştur.

Son olarak fosil yakıtların toplam enerji tüketimi içindeki payı gelişmekte olan ülkelerde ortalama olarak yaklaşık %77'dir. Bu oranın maksimum değeri Özbekistan'da 2002 yılında kaydedilmektedir. Alternatif ve nükleer enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payına bakıldığında ise ortalama değeri yaklaşık %8 olarak görülmektedir ve maksimum değeri 2010 yılında Arnavutluk'ta gözlemlenmektedir.

Çalışmada daha sonraki aşamadaki değişkenlerin logaritması alınarak regresyon analizine tabi tutulmaktadır. Ayrıca bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon matrisi de ele alınarak modelin veri setinin genel özellikleri belirtilmektedir. Değişkenlerin korelasyon matrisi Tablo 3.24.'de gösterilmektedir.

Tablo 3.24. Gelişmekte Olan Ülkeler Modeli Değişkenlerinin Korelasyon Matrisi

Değişkenler	lnengsyh	Inpatent	Inhizmet	Insermaye	lnısgucu	Infosil	lnalt
lnengsyh	1,0000						
Inpatent	-0,1447	1,0000					
Inhizmet	-0,4667	0,1689	1,0000				
Insermaye	0,2288	0,0703	-0,4336	1,0000			
lnısgucu	0,1232	0,1194	-0,4768	0,3858	1,0000		
Infosil	-0,0791	0,5904	0,0286	0,1668	-0,0147	1,0000	
lnalt	-0,4172	-0,1831	0,3645	-0,3027	-0,0666	-0,3006	1,0000

Tablo 3.24'e göre genel anlamda bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında korelasyon ilişkisi mevcuttur. Ancak, söz konusu ilişki bağımlı değişken ile hizmet ve alternatif enerji tüketimi arasında dikkate değer bir korelasyon ilişkisi iken; sermaye ile zayıf, patent ve fosil ile çok zayıf bir korelasyon ilişkisi mahiyetindedir.

Bağımlı değişken üzerinde bağımsız değişkenlerin beklenen işareti fosil ve işgücü değişkenleri hariç teori ile örtüşmektedir.

ii. Gelişmekte Olan Ülkeler Modeline Ait Ampirik Bulgular

Gelişmekte olan ülkeler modeline ait tanımlayıcı istatistiki bilgiler sunulduktan sonra uygun modelin belirlenmesi aşamasına gelinmektedir. Modelin belirlenmesi için birim ve zaman etkileri tespit edilerek öncelikle klasik modelin uygun olup olmadığına bakılmaktadır. Birim ve zaman etkilerinin varlığına sabit etkiler modeli için F testi ve tesadüfi etkiler modeli için LR testi sonuçlarına bakılarak karar verilmektedir.

Öncelikli olarak birim ve zaman etkilerinin söz konusu olmadığı Klasik modelin geçerliliğini test etmek için F testi yapılmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler için yapılan F testi [(N-1)=24, N(T-1)-K=269] serbestlik dereceli F dağılım tablosu ile karşılaştırılarak test edilmiştir.

$$F(24, 269) = 193,95 \quad prob > F = 0,0000 \quad (3.25)$$

Elde edilen sonuçlara göre birim etkilerin sıfıra eşit olduğu $H_0: \beta_1 = \beta$ şeklindeki hipotez reddedilmekte, yani birim etkilerin var olduğu anlaşılmaktadır.

Klasik modelin uygun olmadığı yönündeki sonucun ardından, klasik modeli tesadüfi etkiler modeline karşı test etmek için kullanılan LR (Olabilirlik Oran) testi kullanılmıştır. Birim ve zaman etkilerinin varlığını sınamak için kullanılan olabilirlik oranı (LR) testinde iki yönlü modelin uygun olmadığı temel hipotezi ($H_0: \sigma_\mu = \sigma_\lambda = 0$) sınanmaktadır.

$$\chi^2(02) = 789,13 \quad prob > \chi^2 = 0,0000 \quad (3.26)$$

Birim ve zaman etkilerinin varlığının testinden elde edilen test istatistiği 2 serbestlik dereceli χ^2 tablosu ile karşılaştırıldığında, birim ve zaman etkilerinin standart hatalarının en az birisinin sıfıra eşit olduğu yönündeki H_0 hipotezinin reddedildiği görülmektedir. Dolayısıyla birim ve/veya zaman etkilerinin var olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Birim ve zaman etkilerinin tek tek sınanması için öncelikle birim etkilerin tespiti için yapılan LR_μ testinin sonucu aşağıdaki gibidir;

$$\chi^2(01) = 707,42 \quad prob > \chi^2 = 0,000 \quad (3.27)$$

Test istatistiğinin 1 serbestlik dereceli χ^2 tablosu ile karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlara göre H_0 hipotezi reddedilmekte ve birim etkilerin var olduğu klasik modelin uygun olmadığı anlaşılmaktadır.

İkinci olarak zaman etkilerinin tespiti için yapılan LR_λ testinde zaman etkilerinin standart hatalarının sıfıra eşit olduğu temel hipotezi ($H_0: \sigma\chi=0$) sınanmaktadır.

$$\chi^2 (01) = 0,0000 \quad prob > \chi^2 = 1.000 \quad (3.28)$$

Elde edilen test istatistiğinin 1 serbestlik dereceli χ^2 tablosu ile karşılaştırılması sonucunda zaman etkilerinin var olmadığı görülmektedir.

Yapılan testler sonucunda hem sabit etkiler hem de tesadüfi etkiler modelleri için birim etkilerin var olduğu, buna karşılık zaman etkilerinin olmadığı anlaşılmaktadır. Birim etkisinin sabit mi, yoksa tesadüfi olduğunun kararı için Hausman testine başvurulmaktadır. Hausman test sonucu aşağıda gösterilmektedir;

$$\chi^2 = 7,25 \quad prob > \chi^2 = 0,2985 \quad (3.29)$$

Sonuçlara göre H_0 reddedilememiş, tesadüfi etkiler tahmincisinin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Böylece modelin tahmini için tesadüfi etkiler modelinin uygun olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi ile model tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.25'te yer almaktadır.

Tablo 3.25. Gelişmekte Olan Ülkeler Tesadüfi Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	z	Prob.
Inpatient	0,007887	0,012457	0,63	0,527
Inhizmet	-0,017913	0,153580	-0,12	0,907
Insermaye	-0,078722	0,054552	-1,44	0,149
Inisgucu	-0,589246	0,249835	-2,36	0,018
Infosil	-0,107211	0,157852	-0,68	0,497
Inalt	-0,285452	0,431778	-6,22	0,000
c	-6,04871	0,381861	-15,84	0,000
	Katsayı		Prob.	
Wald χ^2 (6)	49,66		0,0000	
R²		0,1644		
p		0,9542		

Tablo 3.25. incelendiğinde, tesadüfi etkiler modelinde F testi yerine kullanılan 6 serbestlik dereceli Wald testinin istatistiki açıdan anlamlı olmasından dolayı modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu sonucuna varılmaktadır. İşgücü ve alternatif enerji değişkenleri anlamlıyken, patent, hizmet, sermaye ve fosil değişkenleri istatistiki açıdan anlamsızdır. Bağımsız değişkenlerin katsayılarının işaretlerine bakıldığında ise hizmet, işgücü ve alternatif enerji değişkenlerinin işaretleri beklenenle aynı ancak patent, sermaye ve fosil enerji değişkenlerinin işaretleri teori ile uyumsuzdur. Ayrıca birim etkinin toplam varyans içindeki payını gösteren ρ değeri yaklaşık olarak 0,95’dir, bu da birim etkinin önemli olduğunu göstermektedir.

Modelin ayrıntılı yorumu yapılmadan önce, panel veri analizlerinin temel varsayımlarından sapmaların olup olmadığı araştırılmalıdır. Çalışmada ilk olarak tahmin modelinde birimler arası korelasyonun varlığının sınamak için tesadüfi etkiler modeli için geçerli olan Pesaran, Friedman ve Frees testleri uygulanmış ve testlerin sonuçları Tablo 3.26’da verilmiştir.

Tablo 3.26. Birimler arası Korelasyon Varsayımının Sınaması: Pesaran, Friedman ve Frees Test Sonuçları

Testler	Değer	Prob
Pesaran	8,259	0,0000
Friedman	43,480	0,0088
		Kritik değerler
Frees	6,451	0,01 0,05 0,10
		0,4252 0,2838 0,2136

Pesaran ve Friedman test sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilerek birimler arası korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Frees testinde ise %90, %95 ve %99 güven düzeylerinin hepsinde Frees test istatistiği (6,451) kritik değerlerden (0,2136, 0,2838 ve 0,4252) büyük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmekte ve birimler arasında korelasyon olduğuna karar verilmektedir.

İkinci bir temel varsayımlardan sapma testi olan otokorelasyonun varlığının sınanması için Bhargava, Franzini ve Narendranathan’ın “Durbin Watson Testi” ve Baltagi-Wu’nun “Yerel En İyi Değişmez Testi” kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.27’de yer almaktadır.

Tablo 3.27. Otokorelasyon Varsayımının Sınanması: Durbin-Watson Testi ve Yerel En İyi Değişmez Testi Sonuçları

Durbin-Watson	0,216343
Baltagi-Wu LBI	0,499170

Durbin-Watson ve Baltagi-Wu testine göre elde edilen değerler 2'den küçük olduğundan tesadüfi etkiler modeli için otokorelasyon vardır.

Birimler arası korelasyon ve otokorelasyonun testinden sonra birimlere göre değişen varyans varsayımının testi amacıyla Levene, Brown ve Forsythe'nin testi kullanılmış ve sonuçlar Tablo 3.28'de verilmiştir.

Tablo 3.28'deki sonuçlara göre Levene, Brown ve Forsythe test istatistikleri (W_0 , W_{50} ve W_{10}), (24,275) serbestlik dereceli Snedecor F tablosu ile karşılaştırılarak birimlerin varyanslarının eşit olup olmadığı test edilmektedir. Sonuçlara göre W_0 , W_{50} ve W_{10} test istatistiklerine göre birimlerin varyanslarının eşit olduğu yönündeki H_0 hipotezi reddedilmekte ve birimlere göre değişen varyansın olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 3.28. Değişen Varyans Varsayımlarının Sınanması: Levene, Brown ve Forsythe Testi Sonuçları

	Değer	df.	Prob.
W_0	28,1607	(24,275)	0,0000
W_{50}	20,7830	(24,275)	0,0000
W_{10}	27,2206	(24,275)	0,0000

Tesadüfi etkiler varsayımı altında tahmin edilen modelin varsayımdan sapmaları test edildiğinde modelde değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon vardır. Bu durumda, hata terimlerinin varyans-kovaryans matrisi birim matris olma özelliğini kaybetmektedir ve varsayımdan sapmaya uygun bir düzeltme yönteminin seçilmesi gerekmektedir.

Değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyonun robust tahmincilerle düzeltildiği dirençli tahmincilerle elde edilen tahmin sonuçları Tablo 3.29.'da yer almaktadır.

Tablo 3.29. Gelişmekte Olan Ülkeler Tesadüfi Etkiler Modeli Robust Tahmincilerle Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	z	Prob
lnpatent	-0,019167	0,022131	-0,87	0,386
lnhizmet	-1,514697	1,358594	-1,11	0,265
lnsermaye	0,226535	0,282298	0,80	0,422
lnisgucu	-3,603609	1,249384	-2,88	0,004
lnfosil	-0,152449	0,172125	-0,89	0,376
lnalt	1,030936	0,137815	7,48	0,000
c	-5,844474	1,511531	-3,87	0,000
	Katsayı		Prob.	
Wald χ^2 (6)	108,69		0,0000	
R ²		0,6265		

Teknolojik değişimi temsil eden patent değişkeninin katsayısı beklenildiği gibi negatifken, istatistiki açıdan anlamsızdır. Bu durum gelişmekte olan ülkelerde teknolojik gelişme düzeyinin yetersiz kalmasından kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca teknolojik değişimin enerji tüketimi üzerindeki yansıma etkisi çalışmada dikkate alınmamaktadır.

Yapısal değişimin enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi üzerindeki etkisini ele alan hizmetler sektörü değişkeni istatistiki olarak anlamsız ancak, işareti teorik beklenti ile örtüşmektedir. Yani hizmetler sektöründeki genişleme enerji tüketiminde azalışa yol açmaktadır. Katsayının anlamsız olmasının nedeni ise gelişmekte olan ülkelerde hizmet sektörünün payının daha düşük olmasıdır.

Sabit sermaye oluşumu ve işgücü değişkenlerine bakıldığında katsayısı işaretleri teori ile uyumludur ancak, sermaye değişkeni istatistiki olarak anlamsızdır. Mevcut durum sermaye ile enerji girdisi arasındaki belirsiz ilişkiden kaynaklanabilir. İşgücünün anlamlı bir değişken olması ise gelişmekte olan ülkelerde enerji ile işgücünün ikame girdiler olduğu önermesini doğrulamaktadır.

Toplam enerji tüketimi içinde fosil yakıt tüketimi ile alternatif ve nükleer enerji tüketimi değişkenlerine bakıldığında alternatif enerji değişkeni %1 önem düzeyinde

istatistiki olarak anlamlıyken, fosil enerji değişkeni anlamsızdır. Diğer yandan her iki değişkeninin katsayı işareti de teori ile uyumsuzdur. Bunun nedeni gelişmekte olan ülkelerin gelişme düzeylerini henüz tamamlamamaları nedeniyle, fosil yakıt tüketiminin halen yüksek olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca alternatif enerji kullanım düzeyi gelişmekte olan ülkelerde düşük düzeydedir. Çünkü alternatif enerji kaynakları yüksek maliyetli yatırımlar gerektirmektedir, ayrıca kurumsal kısıtlar ve risk taşımaktadır.

3.4.2.4. Gelişmiş Ülkelere Ait Modelin Ampirik Bulguları

Gelişmiş ülkelere ait model için öncelikle veri setine ait tanımlayıcı istatistikler verilmektedir. Gelişmekte olan ülkeler modelinde olduğu gibi seriler zaman boyutunda önemli bir değişim göstermediklerinden birim kök testlerine tabi tutulmamışlardır.

i. Gelişmiş Ülkeler Modelinin Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler

Modelde yer alan Patent, hizmet, sermaye, fosil, isgucu, alt ve engsyh değişkenlerinin veri setine ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 3.30.'da verilmektedir.

Tablo 3.30. Gelişmiş Ülkeler Modeli Veri Setine ait Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Gözlem	Ort.	Std. Sap.	Min.	Mak.
Bağımlı Değişken					
engsyh	336	0,0000002	0,0000002	0,000000	0,0000011
Bağımsız Değişkenler					
patent	336	0,000666	0,0010332	0,000003	0,012013
hizmet	336	68,43787	6,46758	51,7079	86,7744
sermaye	336	21,25439	3,503293	10,633	30,6901
fosil	300	75,64755	15,60983	31,984	95,8571
isgucu	300	0,499461	0,036568	0,3928	0,5795
alt	300	16,02325	13,69079	0,1776	50,7339

Gelişmiş ülkelere ait modeldeki değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, bağımlı değişken enerji tüketimi/GSYH oranı ortalamasının 0,000002 olduğu görülmektedir. Patent değişkeninin tanımlayıcı istatistiklerine göre gelişmekte olan ülkelerde bir milyon kişi başına düşen ortalama patent sayısı 0,00066'dır. Gelişmiş ülkeler arasındaki en yüksek kişi başına patent sayısı Lüksemburg'da 2011 yılında görülmektedir.

Diğer yandan gelişmiş ülkelerde hizmetler sektörünün GSYH içindeki payı %68,44'tür ve en yüksek hizmet sektörü ağırlığına yine 2011 yılında Lüksemburg'da ulaşılmıştır. Hizmetler sektörünün ekonomi içindeki payı gelişmiş ülkelerde gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksektir.

Sabit sermaye oluşumunun GSYH'ye oranı ortalama olarak %21,254 iken, toplam nüfus içindeki işgücünün payı yaklaşık 0,5'tir. Veri setinde en yüksek sabit sermaye oranı 2011 yılında Fas'ta görülürken, en yüksek işgücünü oranı sahip ülke yine 2011 yılında İsviçre olmuştur.

Son olarak fosil yakıtların toplam enerji tüketimi içindeki payı gelişmiş ülkelerde ortalama olarak %75,64'tür ve bu oran gelişmekte olan ülkelerdeki orandan daha düşüktür. Fosil yakıt tüketiminin maksimum değeri %95,8'lik oranla Polonya'da 2003 yılında kaydedilmektedir. Alternatif ve nükleer enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payına bakıldığında ise ortalama değeri yaklaşık %16,02 olarak görülmektedir ve maksimum değeri 2001 yılında İsveç'te gözlemlenmektedir. Ülkelerin gelişme düzeyleri arttıkça, çevreye olan duyarlılıkları artmakta ve alternatif ile nükleer enerji tüketimine yönelme söz konusu olmaktadır.

Veri setinin tanımlayıcı istatistiklerinin incelenmesinin ardından bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon matrisi ele alınmaktadır. Tablo 3.31'de gelişmiş ülkeler için değişkenlere ait korelasyon matrisi verilmektedir.

Tablo 3.31. Gelişmiş Ülkeler Modeli Değişkenlerinin Korelasyon Matrisi

Değişkenler	lnengsyh	lnpatent	lnhizmet	lnsermaye	lnısgucu	lnfosil	lnalt
lnengsyh	1,0000						
lnpatent	-0,1452	1,0000					
lnhizmet	-0,5241	-0,0056	1,0000				
lnsermaye	0,1611	0,0040	-0,2685	1,0000			
lnısgucu	-0,1938	0,3725	0,0278	-0,0043	1,0000		
lnfosil	0,1441	-0,0026	0,0094	0,2650	-0,1457	1,0000	
lnalt	0,0008	0,1718	-0,1708	-0,0678	0,2557	-0,6758	1,0000

Tablo 3.31'e göre bağımlı değişken ile hizmet değişkeni arasında güçlü bir korelasyon ilişkisi varken; patent, sermaye, işgücü, fosil enerji ve alternatif enerji değişkenleri arasında önemli bir ilişki görülmemektedir. Değişkenlerin işaretleri teori

ile karşılaştırıldığında, alternatif enerji değişkeni hariç tüm değişkenlerin işareti beklenen ile uyusmaktadır.

ii. Gelişmiş Ülkeler Modeline Ait Ampirik Bulgular

Zaman boyutunun büyük olmaması nedeniyle birim kök testlerine ihtiyaç duyulmayan modelin belirlenmesi için birim ve zaman etkilerinin tespit edilerek öncelikle klasik modelin uygun olup olmadığına bakılmalıdır. Birim ve zaman etkilerinin varlığına sabit etkiler modeli için F testi ve tesadüfi etkiler modeli için LR testi kullanılmıştır.

Birim ve zaman etkilerinin mevcut olmadığı Klasik modelin geçerliliğini test etmek için yapılan F testinin H_0 hipotezi; $H_0: \beta_i = \beta$ şeklindedir. F testi [(N-1)=27, N(T-1)-K=302] serbestlik dereceli F dağılım tablosu ile karşılaştırılarak test edildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmektedir;

$$F(27, 302) = 559,27 \quad prob > F = 0,0000 \quad (3.30)$$

Yukarıdaki sonuçlara göre birim etkilerin sifıra eşit olduğu H_0 hipotezi reddedilmekte, yani birim etkilerin var olduğu, bu nedenle klasik modelin uygun olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Klasik modelin geçerliliğinin testinin ardından klasik modeli tesadüfi etkiler modeline karşı test etmek için LR (Olabilirlik Oran) testi uygulanmaktadır. Birim ve zaman etkilerinin varlığını sınamak için kullanılan olabilirlik oranı (LR) testinde iki yönlü modelin uygun olmadığı temel hipotezi ($H_0: \sigma_\mu = \sigma_\lambda = 0$) sınanmaktadır.

$$\chi^2(02) = 1216,98 \quad prob > \chi^2 = 0,0000 \quad (3.31)$$

Elde edilen test istatistiği 2 serbestlik dereceli χ^2 tablosu ile karşılaştırılarak test edilmektedir. Sonuçlara göre birim ve zaman etkilerinin standart hatalarının en az birisinin sifıra eşit olduğunu söyleyen H_0 hipotezi reddedilmektedir.

Daha sonraki aşamada birim ve zaman etkileri ayrı ayrı test edilmektedir. Öncelikli olarak birim etkilerin tespiti için yapılan LR_μ testinin sonucu aşağıdaki gibidir;

$$\chi^2(01) = 1109,32 \quad prob > \chi^2 = 0,000 \quad (3.32)$$

Test istatistiğinin 1 serbestlik dereceli χ^2 tablosu ile karşılaştırılmasından elde edilen sonuçlara göre birim etkilerin standart hatalarının sıfıra eşit olduğunu söyleyen H_0 hipotezi reddedilmekte ve dolayısıyla birim etkilerin var olduğu klasik modelin uygun olmadığı görülmektedir.

Zaman etkilerinin tespiti için yapılan LR_λ testinde zaman etkilerinin standart hatalarının sıfıra eşit olduğu temel hipotezi ($H_0: \sigma\chi=0$) sınanmaktadır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

$$\chi^2 (01) = 0,0000 \quad prob > \chi^2 = 1.000 \quad (3.33)$$

Elde edilen test istatistiğinin 1 serbestlik dereceli χ^2 tablosu ile karşılaştırılması sonucunda zaman etkilerinin var olmadığı tespit edilmektedir.

Sonuç itibariyle hem sabit etkiler hem de tesadüfi etkiler modelleri için birim etkilerin var olduğu, buna karşılık zaman etkilerinin olmadığı görülmektedir. Daha sonraki aşamada ise birim etkisinin sabit mi yoksa tesadüfi olduğunun kararı için Hausman testine başvurulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

$$\chi^2 = 5,34 \quad prob > \chi^2 = 0,5005 \quad (3.34)$$

Sonuçlara göre H_0 reddedilememiş, tesadüfi etkiler tahmincisinin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Böylece modelin tahmini için tesadüfi etkiler modelinin uygun olduğu görülmüştür. Tablo 3.32'de modelin tesadüfi etkiler varsayımıyla genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi ile tahmininden elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

Tablo 3.32. Gelişmiş Ülkeler Tesadüfi Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t istatistiği	Prob.
Inpatent	0,0157653	0,054637	2,89	0,004
Inhizmet	-0,851747	0,146714	-5,81	0,000
Insermaye	0,0322452	0,040226	0,80	0,423
Inisgucu	-1,424304	0,159987	-8,90	0,000
Infosil	0,2852092	0,127636	2,23	0,025
Inalt	0,0379293	0,015659	2,42	0,015
c	-6,233082	0,420109	-14,84	0,000
Wald χ^2 (6)		Katsayı	Prob.	
		192,70	0,0000	
R²		0,3818		
ρ		0,983		

Gelişmiş ülkeler için tahmin edilen tesadüfi etkiler modeline göre patent değişkeninin enerji tüketimi/GSYH oranı üzerindeki etkisi %1 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı, ancak katsayısı teoriden beklenen tersi yöndedir. Hizmet ve işgücü değişkenlerine bakıldığında hem istatistiki açıdan önemli hem de katsayı işaretleri teori ile uyumludur. Sermaye değişkeninin ise işareti beklenilenle örtüşmesine karşın istatistiki olarak anlamsız bir değişkendir. Enerji kalitesini temsilen modele dahil edilen fosil enerji değişkeni %5 önem düzeyinde anlamlı ve işareti beklenildiği gibi pozitifdir. Diğer bir enerji kalitesi değişkeni olan alternatif enerji değişkeni istatistiki açıdan %5 önem düzeyinde anlamlı ancak katsayı işareti beklenenin aksi yöndedir.

Ancak modelin ayrıntılı yorumu yapılmadan önce, panel veri analizlerinin temel varsayımlarından sapmaların olup olmadığını kontrol etmek gereklidir. Bu doğrultuda birimler arası korelasyonun varlığının sınamak için Pesaran, Friedman ve Frees testleri uygulanmıştır.

Tablo 3.33. Birimler arası Korelasyon Varsayımının Sınaması: Pesaran, Friedman ve Frees Test Sonuçları

Testler	Değer	Prob
Pesaran	15,110	0,0000
Friedman	81,379	0,0000
		Kritik değerler
Frees	4,396	0,01 0,05 0,10
		0,4252 0,2838 0,2136

Pesaran ve Friedman test sonuçlarına göre birimler arası korelasyon olduğu görülmektedir.

Frees testi sonuçlarına göre %90, %95 ve %99 güven düzeylerinin hepsinde Frees test istatistiği (4,396) kritik değerlerden (0,2136; 0,2838 ve 0,4252) büyük olduğundan H_0 hipotezi reddedilerek birimler arasında korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Birimler arası korelasyonun testinden sonra otokorelasyonun testi için Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın "Durbin Watson Testi" ve Baltagi-Wu'nun "Yerel En İyi Değişmez Testi" yapılmıştır. Testlere ait sonuçlar Tablo 3.34.'te verilmektedir.

Tablo 3.34. Otokorelasyon Varsayımının Sınanması: Durbin-Watson Testi ve Yerel En İyi Değişmez Testi Sonuçları

Durbin-Watson	0,517243
Baltagi-Wu LBI	0,762854

Durbin-Watson ve Baltagi-Wu test değerleri 2'den küçük olduğu için tesadüfi etkiler modeli için otokorelasyonun var olduğu görülmektedir. Son olarak değişen varyansın (heteroskedasite) testi amacıyla tesadüfi etkiler modelinde Levene, Brown ve Forsythe'nin testi uygulanmıştır.

Test sonuçlarına göre, Levene, Brown ve Forsythe test istatistikleri (W_0 , W_{50} ve W_{10}), (27,308) serbestlik dereceli Snedecor F tablosu ile karşılaştırılmaları sonucunda birimler arasında değişen varyans olduğu H_0 hipotezi reddedilememekte, dolayısıyla değişen varyansın olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 3.35. Değişen Varyans Varsayımlarının Sınanması: Levene, Brown ve Forsythe Testi Sonuçları

	Değer	df.	Prob.
W_0	9,88266	(27,308)	0,0000
W_{50}	7,46122	(27,308)	0,0000
W_{10}	9,65476	(27,308)	0,0000

Değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyondan ötürü robust tahminciler kullanılarak dirençli tahminciler elde edilebilmektedir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.36.'da sunulmaktadır.

Değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyonun robust tahmincilerle düzeltildiği dirençli tahmincilerle elde edilen tahmin sonuçlarına göre R^2 ise yaklaşık %40'tır ve Wald testine bakıldığında model bir bütün olarak anlamlıdır.

Tablo 3.36. Gelişmiş Ülkeler Tesadüfi Etkiler Modelinin Robust Tahmincilerle Tahmin Sonuçları

	Katsayı	Standart Hata	z	Prob
lnpatent	0,000446	0,002878	0,16	0,877
lnhizmet	-0,191658	0,081054	-2,36	0,018
lnsermaye	0,038069	0,019577	1,94	0,052
lnisgucu	-1,716499	0,121684	-14,11	0,000
lnfosil	-0,039317	0,071023	-0,55	0,095
lnalt	0,962438	0,009619	100,05	0,000
c	-6,981455	0,246280	-28,35	0,000
	Katsayı		Prob.	
Wald χ^2 (6)	22004,65		0,0000	
R ²		0,3969		

Gelişmiş ülke modelinde patent değişkeni istatistiki açıdan anlamsız ve katsayısı işaretleri teori ile uyumsuzdur. Katsayı işaretinin pozitif olarak elde edilmesinin nedeni gelişmiş ülkelerde teknoloji düzeyi yüksek olmasına karşın teknolojik gelişmenin yol açtığı yansıma etkisinin de gelişmekte olan ülkelere göre yüksek olma eğiliminden kaynaklanabilir. Yani teknolojik değişimin yol açtığı yansıma etkisinin, enerji tasarrufu etkisinden daha büyük olma ihtimali üzerinde durulmaktadır.

Hizmetler sektörü değişkeni istatistiki olarak anlamlıdır ve işaretleri teori ile uyumludur. Gelişmekte olan ülke sonuçları ile karşılaştırıldığında, söz konusu değişken gelişmiş ülke modelinde anlamlı iken, gelişmekte olan ülke modelinde ise anlamsız bir faktördür. Dolayısıyla yapısal değişimin gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi ile büyüme ilişkisi üzerinde daha önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Sabit sermaye oluşumu ve işgücü değişkenlerinin anlamlılığı ve katsayı işaretleri değerlendirildiğinde, her iki değişkeninde istatistiki bakımdan anlamlı ve katsayı işaretlerinin teori ile uyumlu olduğu görülmektedir. Dolayısıyla sermaye oluşumu gelişmekte olan ülkelere enerji tüketimi/GSYH oranı üzerinde etkiye sahip değilken, gelişmiş ülkelere anlamlı bir faktördür. İşgücü girdisi istatistiki bakımdan %1 önem düzeyinde anlamlı ve katsayı işaretleri beklenildiği gibi negatiftir. Gelişmiş ülkelerin üretim yapılarındaki esneklik, ayrıca girdiler arasındaki ikame açısından teknik ve kurumsal kısıtlamaların daha az olması bu anlamlı ilişkiyi açıklayabilmektedir.

Toplam enerji tüketimi içinde fosil yakıt tüketimi ile alternatif ve nükleer enerji tüketimi değişkenlerine bakıldığında fosil değişkeni %10, alternatif enerji değişkeni ise

%1 önem düzeyinde anlamlıdır. Ancak fosil yakıt tüketiminin katsayı işareti beklenilenin aksine negatiftir. Bu sonucun nedeni gelişmiş ülkelerde enerji yoğunluğunun azalmasına karşın halen fosil yakıtlara olan yüksek bağımlılık düzeylerinden kaynaklanabilir. Alternatif enerji kaynakları değişkenin de katsayı işareti beklenilenden farklıdır. Bu durum alternatif enerji kaynakları potansiyeli açıklanabilir. Zira alternatif enerji kaynaklarının üretimi için bazı coğrafi ve iklim koşullarının mevcut olması gerekmektedir. Ayrıca nükleer enerji yenilenebilir enerjiye oranla etkinliği daha yüksek bir enerji kaynağı olmasına karşın güvenlik ve çevresel açıdan riskler taşımaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji, bir üretim girdisi olarak ekonomide tüm sektörlerle olan yakın ilişkisi ve yapısal bağlılığı nedeniyle, ülkelerin ekonomik gelişme dönemlerinde büyük önem taşımaktadır. Enerji etkinliği, üretilen çıktı düzeyinden daha hızlı büyümedikçe, durağan durum ekonomik büyüme olgusu enerji tüketiminin de büyümesini gerektirmektedir.

Enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi tükenebilir bir kaynak olması bağlamında büyüme teorisinde popüler bir konudur. Yeni büyüme teorisinde sözü geçen ilişki farklı bir boyut kazanmış, özellikle teknolojik değişim ve yapısal değişim formunda ele alınmaya başlamıştır. Diğer bir ifadeyle enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin niteliği ve yönü zamanla değişmiş; nedensellik ilişkisinin ötesine giderek çok yönlü bir ilişki niteliği kazanmıştır. Bu nedenle de enerji-büyüme ilişkisinin etkileyen faktörlerin ele alınması önem arz etmektedir.

İstikrarlı ve yüksek oranda büyüyen bir ekonominin sağlıklı bir ekonomi olarak değerlendirildiği göz önüne alındığında, enerji bir yandan büyümeye yol açarken diğer yandan enerji kaynaklardaki azalma ve kirlilik büyümeyi sınırlandırmaktadır. Bu görüşe göre bahsi geçen faktörlerin etkisi ancak yeni teknolojinin gelişimi ve yayılması ile elimine edilebilmektedir.

Diğer yandan yapısal ekonomik değişim, ekonomik büyümenin yapıtaşlarından biri olarak görülmektedir. Endüstrileşme sürecinde, ülkelerin tarım sektörü payları sürekli azalarak hizmetlerin payı giderek artmakta ve hizmetler sektöründeki genişlemenin devamında geri çekilmelerin söz konusu olduğu imalat sektöründe tersine bir dönüş yaşanmaktadır. Gelişmiş ekonomilerin üretim yapılarının enerji yoğun endüstrilerden daha az enerji yoğun olan hizmetler sektörüne doğru kayması ise zamanla ekonomik gelişme için enerji tüketiminin nispi öneminin değişmesine yol açmaktadır. Enerji ile çıktı arasındaki ayrışma, teknolojik değişim, yapısal değişim, enerji- girdi bileşeninde kaymalar ve/veya girdiler arasındaki ikame aracılığıyla gerçekleşmektedir.

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin önemi kapsamında çalışmada enerji ile ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişki ele alınarak bu ilişkinin varlığı ve yönü araştırıldıktan sonra, bu ilişkiyi etkileyen faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Uygulama kısmında ilişkinin varlığının araştırıldığı birinci modelde panel-

zaman serileri analizi kullanılmıştır. Modele büyüme bağımlı değişken olarak dâhil edilirken, enerji tüketimi ve enerji tüketiminin karesi bağımsız değişkenlerdir. Enerji tüketiminin karesinin alınarak oluşturulan bağımsız değişken doğrusal olmayan ilişkiyi yansıtması amacıyla modelde yer almaktadır. Ampirik analizde 1980-2011 dönemine ait GSYH (2005 fiyatlarıyla) ve kiloton eşdeğer petrol cinsinden birincil enerji tüketimi verileri kullanılmıştır. Serilerin 2011 yılında sonlandırılmasının nedeni ele alınan ülkelerin büyük çoğunluğunda enerji tüketim verilerinin en güncel biçiminin bu şekilde belirlenebilmesidir.

Çalışmanın en önemli katkısı ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin panel veri yaklaşımı kullanılarak tahmin edilmesidir. Panel veri kullanımı genellikle daha yüksek güvenilirliğe sahip parametre tahminleri vermesi, hem birimler hem de zaman içerisinde meydana gelen farklılıklar birlikte incelenebilmesi ve kısa zaman serisi ve/veya yetersiz kesit gözleminin var olduğu durumlarda da ekonometrik analiz yapılmasına imkân tanınması gibi üstünlüklere sahiptir. Çalışmada kullanılan veri seti dengeli panel şartlarını uygun olduğundan analizde dengeli panel kullanılmaktadır.

Ayrıca panel veri kullanılması nedeniyle farklı ülkelere ayrı birimler şeklinde değil de bir bütün şeklinde tek bir birim olarak davranılması sorunun üstesinden gelmek amacıyla, birinci ve ikinci modelin her ikisinde de gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için model ayrı ayrı tahmin edilmiştir. Çünkü her bir ülkedeki ekonomik gelişme derecesi farklı olduğundan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisi de farklı olabilmektedir.

Çalışmada analizlerin Dünya Bankası'nın 2014 yılına ait "ekonomilerin gelir düzeyine göre sınıflandırmaları" esas alınarak temsili ülkeler seçilmiştir. Birinci modelde 30 gelişmekte olan ve 43 gelişmiş ülkeye ait veriler kullanılmıştır. Çalışmanın kapsamını sınırlandırmak amacıyla hipotezler doğrultusunda az gelişmiş ülkeler analiz dışında bırakılmıştır.

Enerji-büyüme modelinde yer alan serilerin durağanlıklarının araştırılması amacıyla öncelikle panel veri birim kök testleri uygulanmıştır. Gelişmiş ülkelere ait modelde Birinci Kuşak Panel Birim Kök testlerini temsilen Levin-Lin-Chu ve Im-Pesaran-Shin testi ve İkinci Kuşak Panel Birim Kök Testleri temsilen yatay kesit

bağımlılığını dikkate alan Pesaran CADF testi kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre tüm seriler düzeyde durağan değilken, birinci farkları durağan $I(1)$ olmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelere ait seriler için birinci kuşak testlerinden birinci grubu temsilen Harris-Tzavalis ve Breitung testleri kullanılmıştır. İkinci grubu temsilen ise gelişmiş ülkeler modelinde kullanılan Im, Pesaran ve Shin testi tercih edilmiştir. Bu tercih yapılırken, testlerin panel veri setinin birim ve zaman uzunluğuna bakışları dikkate alınmıştır. Birinci kuşak panel birim kök test sonuçlarına göre değişkenler düzeyde durağan değildir, ancak farkları alındığında durağan hale gelmektedirler. İkinci Kuşak Birim Kök Testi olarak tercih edilen Pesaran CADF testine göre de aynı sonuç elde edilmiştir.

Durağanlık testinin ardından seriler, uzun dönem bilgi kaybını önleyen Panel Eşbütünleşme analizine tabi tutulmuşlardır. Çalışmada Pedroni tarafından geliştirilen panel eşbütünleşme analizi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler ait modellerde değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu, diğer bir deyişle uzun dönem ilişkisinin mevcut olduğu görülmüştür. Dolayısıyla uzun dönem katsayıları ve hata düzeltme mekanizmasına dayanılarak kısa dönem katsayıları elde edilebilmektedir.

Panel veri analizinde değişkenler $I(1)$ düzeyinde durağan ve eşbütünleşikse, hata terimi bütün birimler için $I(0)$ (Blackburne ve Franks, 2007, 202) olduğundan uzun ve kısa dönem ilişkiler çeşitli yöntemler kullanılarak tahmin edilebilmektedir. Çalışmada uzun dönem ilişkisi Panel Dinamik En Küçük Kareler yöntemi ile tahmin edilmiştir.

Gelişmiş ülkeler için elde edilen tahmin sonuçlarına göre enerji tüketimi ve enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi yansıtmak amacıyla enerji tüketiminin karesi alınarak oluşturulan enerji tüketiminin karesi değişkeninin her ikisi de %1 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır ve katsayı işaretleri beklenildiği gibi sırasıyla pozitif ve negatiftir. Belirli bir gelişme düzeyine kadar enerji tüketimindeki artış ekonomik büyümede de artışa yol açmakta, sonrasında ise enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında negatif yönlü bir ilişki ortaya çıkmaktadır. Enerji tüketimindeki %1'lik bir artış ekonomik büyümede yaklaşık %3,64 oranında bir artışa yol açması beklenmektedir. Ancak, enerji tüketimi 30,387 logaritmik değerine kadar artmakta ve bu enerji tüketimi değerinden sonra ekonomik büyümedeki artışla

birlikte enerji tüketimi azalmaktadır. Modelin R^2 değeri yaklaşık %79 ve düzeltilmiş R^2 ise %75 civarındadır.

Gelişmekte olan ülkelerde de gelişmiş ülkelerde olduğu gibi enerji tüketimi ve enerji tüketiminin karesi değişkeninin her ikisi de %1 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlı ve katsayı işaretleri beklenilenle örtüşmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin enerji tüketimindeki %1'lik bir artış ekonomik büyümenin yaklaşık % 4,1 oranında bir artışa yol açması beklenmektedir. Elde edilen bu oranın gelişmiş ülke modelindeki orandan daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Zira gelişmekte olan ülkeler henüz sanayileşme sürecini tamamlamadıklarından enerji tüketiminin gelişmiş ülkelere göre daha hızlı artması beklenmektedir. Ancak, enerji tüketimi 5,23 logaritmik değerine kadar artacak ve bu değerden sonra ekonomik büyümedeki artışla birlikte enerji tüketimi de azalmaktadır. Ayrıca modelin R^2 değeri yaklaşık %35 olarak tespit edilmiştir.

Uzun dönem parametrelerinin yanı sıra kısa dönem parametreleri de önemli bilgiler içerebilmesinden dolayı çalışmada uzun dönem ilişkinin analizinin ardından kısa dönem parametrelerinin tahmini için hata düzeltme modeli kullanılmıştır. Modelin hata düzeltme olarak adlandırılmasının nedeni uzun dönemli dengeye ulaşmada cari dönem hatasını yansıtmasından kaynaklanmaktadır (Kennedy, 2006, 354). Hata düzeltme modelinden elde edilen hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiki olarak anlamlı olması beklenmektedir.

Gelişmiş ülke modelinde Akaike Bilgi Kriteri baz alınarak gecikme uzunluğu ARDL (1,1,1) olarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre hata düzeltme terimi (HDT) beklenildiği gibi negatif ve istatistiki açıdan anlamlıdır. Bu sonuç değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin mevcut olduğunu ve serilerin kısa dönem sapmalarının bir sonraki dönemde dengeye gelme hızını göstermektedir. Hata düzeltme terimine ait katsayı değerine göre kısa dönemde yaşanacak dengesizliklerin yaklaşık %18'i bir sonraki dönemde düzelecek ve uzun dönem dengesine yakınsayacaktır.

Değişkenler arasındaki kısa dönem ilişkiye bakıldığında, enerji tüketimi ve enerji tüketiminin karesi değişkenlerinin cari değerleri ile enerji tüketimi ve büyüme değişkenlerinin bir gecikmeli değerlerinin istatistiki açıdan anlamlı olduğu görülmektedir. Enerji tüketimi cari dönemde ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilerken, büyüme üzerindeki olumlu etkisi bir dönem sonra görülmektedir. Aynı

şekilde enerji tüketiminin karesi değişkeninin işareti de cari dönemde beklenilen aksine pozitifdir. Dolayısıyla enerji tüketimindeki değişimlerin büyüme üzerindeki etkilerinin bir dönem gecikmeli olarak ortaya çıkması beklenmektedir.

Gelişmekte olan ülkelere ait model için gecikme uzunluğu yine ARDL (1,1,1) şeklinde belirlenmiştir. Hata düzeltme modeli sonuçlarına göre hata düzeltme terimi (HDT) beklenildiği gibi negatif ve istatistiki açıdan anlamlıdır. Gelişmekte olan ülkelerde kısa dönemde yaşanacak sapmaların yaklaşık %21'i bir sonraki dönemde düzelecektir. Gelişmiş ülkeler için elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, gelişmekte olan ülkelerde yaşanan dengesizliklerin ardından uzun dönemde dengeye yakınsama hızının daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Ekonomik büyüme değişkeninin kendisinin bir gecikmeli değeri istatistiki bakımdan anlamlı ve katsayı işareti beklenildiği gibi pozitifdir. Enerji tüketimi değişkeninin ise sadece bir gecikmeli değeri anlamlıdır ancak katsayı işareti beklenen aksine negatiftir. Enerji tüketiminin karesi değişkeninin cari değeri ile bir gecikmeli değerlerinin her ikisi de iktisadi büyüme üzerinde istatistiki açıdan anlamlı bir etkiye sahiptir. Ancak bu değişkenin hem cari hem de bir dönem gecikmeli değerlerinin katsayı işaretleri kısa dönemde pozitifdir. Elde edilen bulgunun gelişmekte olan ülkelerin henüz tam olarak sanayi toplumundan hizmetler ve bilgi toplumuna doğru kayma sürecini yaşamamalarından ve teknolojik ilerleme düzeyinin yüksek olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla kısa dönemde gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümeyle birlikte enerji tüketiminde azalış sürecine geçmelerinin henüz beklenmediği ileri sürülebilir.

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin varlığı ve yönü araştırıldıktan sonra, bu ilişkiyi etkileyen faktörler panel-regresyon analizi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu modelde orta ve yüksek gelir grubundaki ülkeler arasından seçilmiş sırasıyla 25 ve 28 olmak üzere toplam 53 ülke veri setine dahil edilmiştir. Çalışmanın hipotezleri doğrultusunda az gelişmiş ülkeler analiz dışı bırakılmıştır. Söz konusu ülke grupları için iki farklı model ve tüm ülkeleri içeren bir model olmak üzere toplam üç modelin tahmin edildiği bu modelde zaman periyodu 2000-2011 dönemini kapsamaktadır. Zaman periyodunun belirleyen etken veri setine dahil edilen ülkelerin kesintisiz verilerine bu tarihten itibaren ulaşılabilmektedir.

Modelin bağımlı değişkeni toplam enerji tüketiminin GSYH'ye oranıdır. Enerji yoğunluğu olarak adlandırılan bu değişkenin tercih edilmesinin nedeni enerji tüketimindeki artışın tek başına değerlendirilmesi yerine, üretimdeki artış düzeyi ile karşılaştırılmasının önem arz etmesidir.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen ilk faktör teknolojik değişimdir. Popp (2000, 2001)'e dayanarak toplam patent verileri teknolojik değişimi temsilen kullanılmıştır. Teknolojik gelişmeyle birlikte enerji yoğunluğunun azalması beklenmektedir. Diğer bir faktör olan yapısal değişimi temsilen, ülkelerin gelişmişlik düzeyi arttıkça ekonomide hizmetler sektöründe yaşanan genişlemeye dayanarak, GSYH'de hizmetler sektörü katma değerinin yüzdesi kullanılmıştır. Hizmetler sektörünün payındaki artışın enerji tüketiminde azalışa yol açması beklenmektedir.

Üçüncü faktör olan girdi bileşenindeki değişimi temsilen gayri safi sabit sermaye oluşumunun GSYH içindeki payı ve toplam işgücünün toplam nüfusa oranı değişkenleri kullanılmıştır. Enerji yoğunluğu ile sabit sermaye oluşumu arasındaki ilişkinin pozitif olması beklenirken, işgücündeki artışın enerji tüketimini azaltacağı düşünülmektedir. Son olarak enerji tüketiminin kalitesindeki değişimi temsilen toplam birincil enerji tüketimi içinde fosil yakıt tüketimi ile alternatif ve nükleer enerji tüketiminin payı modele dâhil edilmiştir. Teorik açıdan değerlendirildiğinde fosil yakıt tüketim payındaki azalışın ve alternatif enerji tüketim payındaki artışın enerji tüketiminde azalışa yol açması beklenmektedir.

Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörlerin ele alındığı ikinci modelde durağan panel veri süreci takip edilmiştir. Öncelikle birim ve zaman etkileri tespit edilerek ardından Hausman testi sonuçlarına göre model tercihi yapılmıştır.

Tüm ülkeleri kapsayan genel alt-modelinde hem sabit etkiler hem de tesadüfi etkiler modelleri için birim etkilerin var olduğu, buna karşılık zaman etkilerinin olmadığı görülmüştür. Daha sonra Hausman testi sonucuna göre sabit etkiler tahmincisinin geçerli olduğuna karar verilmiştir. Tahmin metodu olarak grup içi tahmin yöntemi kullanılmıştır. Ardından panel veri analizlerinin temel varsayımlarından sapmaların olup olmadığının araştırılması amacıyla Pesaran testi; Friedman testi; Frees

testi; Durbin Watson Testi; Baltagi-Wu'nun "Yerel En İyi Değişmez Testi" ve Değiştirilmiş Wald testleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre modelde değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon olduğu görülmüştür.

Modelde birimler arası korelasyon, otokorelasyon ya da değişen varyans varsayımlarından sapmaların en az birisinin var olduğu durumda varsayımdan sapmaya uygun düzeltme yöntemleriyle model yeniden tahmin edilmelidir. Bu doğrultuda Driscoll-Kraay Tahmincisi ile model tekrar tahmin edilmiştir. F testine göre model bir bütün olarak anlamlıdır ve R^2 değeri yaklaşık %33'tür.

Tahmin sonuçlarına göre patent değişkeni istatistiki olarak anlamsız ancak, katsayı işareti beklenildiği gibi negatiftir. Teknolojik gelişme enerjinin daha etkin kullanımını sağlayarak aynı miktardaki üretim için daha az enerji tüketimine yol açmaktadır. Diğer yandan daha gelişmiş üretim tekniklerinin kullanılmasından ötürü meydana gelen etkinlik gelişmeleri ülkelerin daha yüksek düzeyde çıktı üretmelerine yol açacaktır. Dolayısıyla teknolojik gelişmenin enerji tüketimi/GSYH oranında azalışa yol açması beklenmektedir. Patent değişkeninin anlamsızlığı modelin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri içermesi ile açıklanabilir. Çünkü gelişmekte olan ülkelerde teknolojik gelişme enerji tüketiminde azalışa yol açacak düzeyde yüksek değildir.

Genel modelde yapısal değişimi temsilen modele dâhil edilen hizmet %10 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlıdır ve işareti teorik beklenti ile örtüşmektedir. Tarım, sanayi ve hizmetler sektöründen oluşan ekonomilerin gelişme düzeyleriyle paralel olarak öncelikle sanayi sektörünün payı artmakta, devamında hizmetler sektörüne doğru bir kayma yaşamaktadır. Sanayi sektörü tarım ve hizmetler ile karşılaştırıldığında, genel anlamda daha yüksek düzeyde enerji tüketimi ile dikkat çekmektedir. Dolayısıyla hizmetler sektörünün ekonomi içindeki payının artması enerji tüketiminde de azalışa yol açacaktır.

Sabit sermaye oluşumu ve işgücü değişkenleri modele girdi bileşenindeki değişimi temsilen dâhil edilmiştir. Ancak, sermaye değişkeni istatistiki olarak anlamsızdır. Literatürde sermaye ile enerji girdileri arasındaki ilişki konusunda tam bir netlik olmamasına karşın, genel kanı kısa dönemde tamamlayıcı, uzun dönemde ise ikame girdi oldukları yönündedir. Sermaye değişkeninin anlamsız çıkmasında bu belirsizliğin etkisi olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan katsayı işareti enerji ile

sermayenin tamamlayıcı girdi oldukları yönündeki beklenti ile uyumludur. İşgücü değişkeni ise %1 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlı ve işareti beklenen ile uyumludur. Teoride farklı sonuçlar olmasına karşın enerji ile işgücü ikame girdi olarak kabul edilmektedirler. Bu nedenle işgücü miktarındaki artış enerji tüketiminde azalışa yol açmaktadır.

Enerji kalitesindeki değişimi temsilen ele alınan toplam enerji tüketimi içinde fosil yakıt tüketimi ile alternatif ve nükleer enerji tüketimi değişkenlerinden fosil değişkeni anlamsızken, alternatif enerji değişkeni istatistiki bakımdan %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Ayrıca alternatif enerji tüketimi değişkeninin katsayısı teori ile uyumsuzken, fosil yakıt tüketimi değişkeni teorideki gibi pozitifdir. Bu durumun nedeni genel modelin gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri içermesi olabilir. Zira gelişmekte olan ülkeler sanayileşme sürecini henüz tamamlamadıklarından fosil yakıt tüketiminde azalış eğilimi mevcut olmayabilir. Alternatif enerji kaynaklarının gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerin toplam enerji tüketimleri içindeki payı giderek artmaktadır, ancak bu artışın enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında ayırmaya yol açacak düzeyde olup olmadığı konusu belirsizdir.

Gelişmekte olan ülkelere ait modelde yine öncelikle modelin belirlenmesi için birim ve zaman etkileri tespit edilmiştir. Yapılan testler sonucunda modelde birim etkilerin var olduğu, buna karşılık zaman etkilerinin olmadığı anlaşılmıştır. Daha sonra yapılan Hausman testine göre modelin tahmini için tesadüfi etkiler modelinin uygun olduğu görülmüştür. Ardından panel veri analizlerinin temel varsayımlarından sapmaların olup olmadığı araştırılmıştır. Bu doğrultuda tesadüfi etkiler modelinde heteroskedasite, otokorelasyon ve birimler arası korelasyonun varlığının sınanmasında kullanılan Pesaran testi; Friedman testi; Frees testi; Durbin Watson Testi; Baltagi-Wu'nun "Yerel En İyi Değişmez Testi"; Levene-Brown-Forsythe testleri uygulanmıştır.

Sonuçlara göre modelde değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyon olduğu görülmüştür. Model robust tahmincilerle düzeltilerek dirençli tahmincilerle yeniden tahmin edilmiştir.

Gelişmekte olan ülkeler ait modelde patent değişkeninin katsayısı beklenildiği gibi negatifken, istatistiki açıdan anlamsızdır. Bu durum gelişmekte olan ülkelere

teknolojik gelişme düzeyinin yetersiz kalmasıyla açıklanabilir. Ayrıca teknolojik değişimin enerji tüketimi üzerindeki yansıma etkisi çalışmada dikkate alınmamaktadır.

Diğer yandan hizmetler sektörü değişkeni istatistiki olarak anlamsız ancak, işareti teorik beklenti ile örtüşmektedir. Yani hizmetler sektöründeki genişleme enerji tüketiminde azalışa yol açmaktadır. Katsayının anlamsız olmasının nedeni ise gelişmekte olan ülkelerde hizmet sektörünün payının giderek artmasına karşın halen düşük olmasıdır. Ayrıca genişleyen hizmetler sektörünün niteliği de önemlidir. Taşımacılık gibi hizmet sektörleri enerjiye yoğun olarak ihtiyaç duymaktadır.

Sabit sermaye oluşumu ve işgücü değişkenlerine bakıldığında katsayısı işaretleri teori ile uyumludur ancak, sermaye değişkeni istatistiki olarak anlamsızdır. Bu durum sermaye ile enerji girdisi arasındaki belirsiz ilişkiden kaynaklanabilir. Ayrıca işgücünün anlamlı bir değişken olması ise gelişmekte olan ülkelerde enerji ile işgücünün ikame girdiler olduğu önermesini doğrulamaktadır. Genel anlamda enerji girdisi ikamesi olmayan bir girdi olarak değerlendirilse de, teknik ve kurumsal kısıtlamalar altında işgücü ile ikamesi mümkündür.

Diğer bir bağımsız değişken olan alternatif enerji değişkeni %1 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlıyken, fosil enerji değişkeni anlamsızdır. Diğer yandan her iki değişkeninin katsayı işareti de teori ile uyumsuzdur. Bunun nedeni gelişmekte olan ülkelerin gelişme düzeylerini henüz tamamlamamaları nedeniyle, fosil yakıt tüketiminin halen yüksek olmasından kaynaklanabilir. Gelişmekte olan ülkeler öncelikle ekonomik gelişme aşamalarını tamamlamayı hedeflemektedirler. Dolayısıyla enerji kaynaklarının kalitesinin dikkate alınarak birbiri yerine ikame edilmesi bu ülkelerde zaman almaktadır. Ayrıca alternatif enerji kullanım düzeyi gelişmekte olan ülkelerde halen düşük düzeydedir. Çünkü alternatif enerji kaynakları yüksek maliyetli yatırımlar gerektirmektedir, ayrıca kurumsal kısıtlar ve risk taşımaktadır.

Son olarak gelişmiş ülkelere ait modelde hem sabit etkiler hem de tesadüfi etkiler modelleri için birim etkilerin var olduğu, buna karşılık zaman etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir. Daha sonra Hausman testi sonucuna modelin tahmini için tesadüfi etkiler modelinin uygun olduğu görülmüştür.

Gelişmiş ülkelere ait modelin ayrıntılı yorumu yapılmadan önce, panel veri analizlerinin temel varsayımlarından sapmaların olup olmadığı uygun testler ile

sınanmıştır. Değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası korelasyonun varlığının tespit edildiği model robust tahmincilerle yeniden tahmin edilmiştir.

Gelişmiş ülke modelinde patent değişkeni istatistiki açıdan anlamsız ve katsayısı işareti teori ile uyumsuzdur. Katsayı işaretinin pozitif olarak elde edilmesinin nedeni gelişmiş ülkelerde teknoloji düzeyi yüksek olmasına karşın teknolojik gelişmenin yol açtığı yansıma etkisinin de gelişmekte olan ülkelere göre yüksek olma eğiliminden kaynaklanabilir.

Hizmetler sektörü değişkeni istatistiki olarak anlamlıdır ve işareti teori ile uyumludur. Gelişmekte olan ülke sonuçları ile karşılaştırıldığında, bu değişken gelişmiş ülke modelinde anlamlı iken, gelişmekte olan ülke modelinde ise anlamsız bir faktördür. Dolayısıyla yapısal değişimin gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi ile büyüme ilişkisi üzerinde daha önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Çünkü gelişmiş ülkelerde hizmetler sektörünün payı gelişmekte olan ülkelere nazaran yüksektir.

Sabit sermaye oluşumu ve işgücü değişkenlerinin anlamlılığı ve katsayı işaretleri değerlendirildiğinde, her iki değişkeninde istatistiki bakımdan anlamlı ve katsayı işaretlerinin teori ile uyumlu olduğu görülmektedir. Dolayısıyla sermaye oluşumu gelişmekte olan ülkelere enerji tüketimi/GSYH oranı üzerinde etkiye sahip değilken, gelişmiş ülkelere anlamlı bir faktördür. İşgücü girdisi istatistiki bakımdan %1 önem düzeyinde anlamlı ve katsayı işareti beklenildiği gibi negatiftir. Gelişmiş ülkelerin üretim yapılarındaki esneklik, ayrıca girdiler arasındaki ikame açısından teknik ve kurumsal kısıtlamaların daha az olması bu anlamlı ilişkiyi açıklayabilmektedir.

Toplam enerji tüketimi içinde fosil yakıt tüketimi ile alternatif ve nükleer enerji tüketimi değişkenlerine bakıldığında fosil değişkeni %10, alternatif enerji değişkeni ise %1 önem düzeyinde anlamlıdır. Ancak fosil ve alternatif enerji kaynakları değişkenlerinin katsayı işaretleri beklenilenden farklıdır. Bu durum alternatif enerji kaynakları potansiyeli ile açıklanabilir. Zira alternatif enerji kaynaklarının üretimi için bazı coğrafi ve iklim koşullarının mevcut olması gerekmektedir. Ayrıca nükleer enerji yenilenebilir enerjiye oranla etkinliği daha yüksek bir enerji kaynağı olmasına karşın güvenlik ve çevresel açıdan riskler taşımaktadır.

Çalışmada sunulan modeller elbette enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi tam yönüyle tanımlamaya muktedir değildir. Enerji ekonomide bir

yandan üretimde girdi olarak kullanılırken, diğer yandan bir mal ya da hizmet olarak tüketilmektedir. Bunun yanısıra enerjinin yüksek düzeyde üretim maliyetleri bulunmaktadır. Üretim için kullanılan enerji miktarı azaltılmasına karşın, girdi niteliğindeki enerjinin kullanılabilir forma dönüştürülmesi aşamasındaki enerji maliyetleri dikkate alınmadan sağlıklı yorumlar yapılması güçtür. Dolayısıyla analizlerde genellikle bu maliyetler sabit kabul edilmektedir. Tüm kısıtlamalara karşın çalışmada enerji tüketimi ile büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişki yansıtılmakta ve bu uzun dönem ilişki çok değişkenli bir model çerçevesinde analiz edilmektedir. Diğer bir ifadeyle enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen fiyat dışındaki dört temel faktöre bir model içerisinde yer verilmesi itibarıyla çalışma önem taşımaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre enerji tüketimi doğrusal olmayan enerji-büyüme modelinde belirli noktaya kadar pozitif büyüme etkisine yol açarken; gelecekte kaynak kıtlığı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki pozitif yönlü olmayacaktır. Diğer bir ifadeyle gelecekte en azından belirli bir süre kaynak kıtlığının ekonomik büyüme önünde bir engel olmayacağı ileri sürülmektedir. Teknolojik değişim, yapısal eğişim (Schäfer, 2005), girdiler arası ikame ve girdiler arası ikame faktörleri enerjinin büyüme önünde bir engel olmasını önlemektedir. Ancak faktörlerin etkilerinin ülkelerin gelişme düzeylerine göre farklılık arz ettiği bir gerçektir.

Yapısal değişim, girdi bileşenindeki değişim ve kullanılan enerji bileşenindeki değişim faktörleri gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi belirleyen unsurlarken; gelişmekte olan ülkelerde ele alınan ilişkiyi belirleyen unsurların girdi bileşeninde işgücü açısından değişim ve gelişmiş ülkelere daha az düzeyde olmak üzere enerji bileşenindeki değişim olduğu söylenebilir. Teknolojik değişim literatürde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen önemli bir faktör (Popp, 2000; Popp, 2001) olarak ele alınmasına karşın çalışmada gelişmiş ve gelişmekte olan ülke modellerinde anlamsız bir değişken olarak tespit edilmiştir. Bunun nedenin ele alınan patent verilerinin ulaşılabilirlik nedeniyle çalışmada toplam patent verileri olarak alınması olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla teknolojik değişim için enerji artırıcı, işgücü artırıcı ya da nötr teknolojik değişim ayrımı yapılamamaktadır. Zira enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyecek olan patentler enerji tasarrufu sağlayan patentlerdir.

Bu doğrultuda enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında ters U biçimli bir ilişki vardır. Diğer bir deyişle parabolik biçim enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi farklı ekonomik büyüme düzeyinde olan ülkeler için lineer bir fonksiyondan daha iyi açıklamaktadır.

Çalışmanın ampirik sonuçlarından çıkarılan politika uygulamalarına göre, politika yapıcılar daha önce enerji tüketimini destekleme ya da artırma yönünde çaba sarf ederken, enerji- büyüme ilişkisinin kazandığı nitelik itibariyle enerji yoğunluğunun azaltılması yönündeki hedefler ön plana çıkmaktadır. Zira enerji tüketiminde artış olmadan da ekonomik büyümenin sağlanabileceği görülmüştür. Devam eden kalkınma ve endüstrileşme süreci sonunda iktisadi büyüme ve enerji tüketimindeki artış çevre üzerinde büyük bir baskı yaratmaktadır. Dolayısıyla hükümetlerin enerji politikaları, daha fazla enerji etkin bir endüstrileşme sürecini yakalamaları, ekonomide yaşanan yapısal değişimi enerji tüketimi düzeyinde de yansıtmaları ve kullanılan enerji kaynakları arasındaki ikame olanaklarını artırmaları yönünde olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdallat, Y., Al-Ghandoor, A., Al-Hinti, I. (2011). "Reasons Behind Energy Changes of The Jordanian Industrial Sector". *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 5(3), June 2011, ISSN 1995-6665, 241-245.
- Aghion, P. and Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory*. Cambridge: The MIT Press.
- Aksu, C. (2011). *Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre*. Güney Ege Kalkınma Ajansı.
- Alam, M. S. (2006) "Economic Growth with Energy". *Munich Personal RePEc Archive Paper 1260*, Germany: University Library of Munich.
- Alus, K. (2006). *Effect of International Credits on Income Distribution of Developing Countries: Panel Data Analysis*. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Department of Economics Bilkent University.
- Alpar, İ. (1993). "Ekonomi ve Çevre Politikalarının Entegrasyonu", *Ekonomik Yaklaşım*, 4(9), 103-108.
- Alternative Transportation in Parks and Public Lands J.N. "Ding" Darling National Wildlife Refuge, City of Sanibel Existing Conditions Report, 1.09.2009., http://www.dingdarlingtransportation.com/downloads/small/atppl%20existing%20conditions_ch3.pdf, 11. 04.2014.
- Amirat, A., Bouri, A. (2008). "Energy and Economic Growth: The Algerian Case". Retrieved March 11, 2011, <http://www.ps2d.net/media/Amina%20Amirat.pdf>.
- André, F. and Smulders, S. (2004). "Energy Use, Endogenous Technical Change and Economic Growth", Preliminary Version, <http://www.feemweb.it/ess/ess04/contents/smulders3.pdf>, 15.07.2011.
- Arbex, M. and Perobelli F. S. (2010). "Solow Meets Leontief: Economic Growth and Energy Consumption", *Energy Economics*, 32, 43-53.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., Jansson, B. O., Levin, S., Mäler, K. G., Perrings, C., Pimentel, D. (1995). "Economic Growth, Carrying Capacity and The Environment". *Ecological Economics*, 15, 91-95.

- Aslan, A., Öztürk, İ., Kalyoncu, H. (2010). “Energy Consumption and Economic Growth Relationship: Evidence from Panel Data for Low and Middle Income Countries”. *Energy Policy*, Volume 38, 4422-4428.
- Asteriou, D. and Hall, S. G. (2007). *Applied Econometrics*, New York: Palgrave Macmillan.
- Atamtürk, B. (2007). “Büyüme Teorileri ve IMF Politikaları”. *Marmara Üniversitesi İ. İ. B. F. Dergisi*, XXII(1), 89-103.
- Atkeson, A. and Kehoe, P. J. (1999). “Models of Energy Use: Putty- Putty Versus Putty-Clay”. *The American Economic Review*, 89(4), 1028-1043.
- Ayres, R. U. and Kneese, A. V. (1969). “Production, Consumption, and Externalities”. *The American Economic Review*, 59(3), 282-297
- Ayres, R. U. (1988). “Optimal Investment Policies with Exhaustible Resources: An Information-based Model”. *Journal of Environmental Economics and Management*, 15, 439-461.
- Ayres, R. U. and van den Bergh, J. C. J. M. (2005). “A Theory of Economic Growth with Material/Energy Resources and Dematerialization: Interaction of Three Growth Mechanisms”. *Ecological Economics*, 55, 96-118.
- Azar, C. and Dowlatabadi, H. (1999). “A Review of Technical Change in Assessment of Climate Policy”. *Annual Reviews Energy Environment*, 24, 513–44.
- Baltagi, H. B. (2001). *Econometrics Analysis of Panel Data*, Wiley, Chichester.
- Barbier, E. B. and Pearce, D. W. (2000). *Blueprint for a Sustainable Economy*, London: Earthscan.
- Barbier, E. B. (2002). “The Role of Natural Resources in Economic Development”. *Centre of International Economic Studies*, Discussion Paper No. 0227, Adelaide University, Australia, 1-45.
- Barbier E. B. (2005). *Natural Resources and Economic Development*. Newyork: Cambridge University Press.
- Barro, R. and Sala-i-Martin, X. (1995). *Economic Growth*. Newyork: McGraw-Hill.

- Barro, R. (1996). *Three Models of Health and Economic Growth*, Cambridge, MA: Harvard University.
- Bartelmus P. (2001). "Accounting for Sustainability Greening The National Accounts", *Dimensions of Sustainable Development*, EOLSS (Encyclopedia of Life Support Systems, Sample Chapter, Vol II.
- Başar, S. ve Temurlenk, S. (2007). Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 1-12.
- Başol, K. (1993). *Ege Bölgesinin Doğal Ortam Koşulları ve Doğal Kaynakları*, Ege Sanayicileri ve İşadamları Derneği, İzmir: ESİAD Yayın No: 93/ESA-2.
- Başol, K., Durman, M. ve Çelik Y. M. (2005). "Kalkınma Sürecinin Lokomotifi; Doğal Kaynaklar". *Muğla Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Bahar-Sayı 14, 61-71.
- Bayraç, H. N. (2003). "Yeni Ekonomi'nin Toplumsal, Ekonomik ve Teknolojik Boyutları". *Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(1), 41-62.
- Becker, G. S., Murphy, K. M., Tamura R. (1990). "Human Capital, Fertility and Economic Growth". *Journal of Political Economy*, 98(5), 13-37.
- Becker, G. S., Glaser, E. L., Murphy, K. M. (1999). "Population and Economic Growth". *American Economic Review*, 89(2), May, 145-149.
- Berkhout, P. H. G., Muskens, J. C. and Velthuisen, J. W. (2000). "Defining the Rebound Effect". *Energy Policy*, Volume 28, 425-432.
- Berastein, M. A., Fonkych, K., Loeb, S., Loughran, D. S.(2003). *State Level Changes in Energy Intensity and Their National Implacations*. RAND Corporatin, Sciences and Technology Policy Institute, Monograph Reports.
- Berber, M. (2011). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma*. (4. Baskı). Trabzon: Derya Kitabevi Yayınları.
- Berndt, E. R. and Wood, D. O. (1975). "Technology, Prices and The Derived Demand for Energy". *Review of Economics and Statistics*, 57, 376-384.

- Berndt, E. R. (1978). "Aggregate Energy, Efficiency and Productivity Measurement". *Annual Review of Energy*, 3, 225-273.
- Berndt, E. R., Kolstad, C. D., Lee, J. (1993). "Measuring The Energy Efficiency and Productivity Impacts of Embodied Technical Change". *The Energy Journal*, 14, 33-55.
- Bohi, D. (1989). *Energy Price Shocks and Macroeconomic Performance*. Washington, DC.: Resources for Future.
- Borghesi, S. (1999). *The Environmental Kuznets Curve: a Survey of the Literature*, FEEM Working Paper No. 85-99, European University Institute.
- Boyd, G. A. and Roop, J. M. (2004). "A Note on the Fisher Ideal Index Decomposition for Structural Change in Energy Intensity." *Energy Journal*, 25(1), 87-101.
- Boyd, G. A., McDonald, J. F., Ross, M. and Hanson, D. (1987). "Separating the Changing Composition of U.S. Manufacturing Production from Energy Efficiency Improvements: A Divisia Index Approach." *The Energy Journal*, 8(2), 77-96.
- Brown, M. T. and Ulgiati, S. (2001). "Emergy Measures of Carrying Capacity to Evaluate Economic Investments". *A Journal of Interdisciplinary Studies*, Volume 22, Number 5, May 2001, 470-499.
- BP Statistical Review of World Energy 2013, http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf, 14.03.2013.
- Bureau of Energy Efficiency, Basics of Energy And Its Various Forms, 36-53, http://beeindia.in/energy_managers_auditors/documents/guide_books/1Ch2.pdf, 22. 02. 2014.
- Cerit, B., Onural, A. Ş. ve Doğdu, N. (2004). "Rüzgâr Enerjisi ve Orta Akdeniz Bölgesinde Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Üzerine Bir Araştırma", *Teknoloji*, 7(4), 591-597.
- Che, N. and Pham, P. (2012). *Economic Analysis of End-use Energy Intensity in Australia*. Canberra: Bureau of Resources and Energy Economics.

- Chevalier, J. M. (2009). "Winning the Battle?" In: Chevalier, J. M. (Ed), *The New Energy Crisis: Climate, Economics and Geopolitics*. New York: Palgrave Macmillan, 256-281.
- Cleveland, C. J., Costanza R., Hall, C.A.S., Kaufmann R. (1984). "Energy and the U.S. Economy: A Biophysical Perspective". *Science*, New Series, 225(4665), 890-897.
- Cleveland, C. J. (1987). "Biophysical Economics: Historical Perspective and Current Research Trends". *Ecological Modelling*, 38, 47-73.
- Cleveland, C. J. and Ruth, M. (1997). "When, where, and By How Much Do Biophysical Limits Constrain the Economic Process? A survey of Nicholas Georgescu-Roegen's Contribution to Ecological Economics". *Ecological Economics*, 22, 203-223.
- Cleveland, C. and Ruth, M. (1999). "Indicators of Dematerialization and the Materials Intensity of Use, *Journal of Industrial Ecology*, 2(3), 15-50.
- Cleveland, C. J., Kaufmann R. and Stern, D. I. (2000). "Aggregation and the Role of Energy in the Economy". *Ecological Economics*, 32, 301-317.
- Cleveland, C. J. (2003). "Biophysical Constraints to Economic Growth". *Encyclopedia of Life Support Systems*, (EOLSS Publishers Co., Oxford, UK). <http://www.eolss.com/>
- Climent, F. and Pardo A. (2007). "Decoupling Factors on the Energy-Output Linkage: The Spanish Case". *Energy Policy*, 35, 522-528.
- Comin, D. (2006). "Total Factor Productivity". *New York University and NBER*, August 2006, www.people.hbs.edu/dcomin/def.pdf, 11.05.2014.
- Costantini, 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.
- Costanza, R. (1980). "Embodied Energy and Economic Valuation". *Science*, 210, 1219-1224.

- Costanza R. and Daly, H. E. (1992). "Natural Capital and Sustainable Development". *Conservation Biology*, 6(1), 37-46.
- Costanza, R., Perrings C., Cleveland C. J. (1997). *The Development of Ecological Economics*, International Library of Critical Writings in Economics, Edward Elgar Publication, US: Boston University.
- Costanza, R. (2000). "Commentary Forum: The Ecological Footprint, The Dynamics of the Ecological Footprint Concept". *Ecological Economics*, 341-345.
- Cropper, M. L. and Oates, W. E. (1992). "Environmental Economics: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 30(2), 675-740.
- Čiegis, R. and Čiegis, R. (2008). "Laws of Thermodynamics and Sustainability of the Economy". *Economics of Engineering Decisions* ISSN 1392-2785, No 2 (57), 15-22.
- Çakmak, E. ve Gümüş, S. (2005). "Türkiye'de Beşeri Sermaye ve Ekonomik Büyüme: Ekonometrik bir Analiz (1960 - 2002)". *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 60-1, 59-72.
- Çermikli, H. (2005). "Enerji Tüketimi, Enerji Yoğunluğu ve İktisadi Büyüme". *Ekonomik Yaklaşım*, 16(56), 57-77.
- Çetin, M. (2005). "Doğal Sermaye (Kritik Doğal Sermaye) ve Sürdürülebilir Kalkınma". *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, 10(1), 313-328.
- Çiftçi, M. (2008). "Kalkınma Göstergesi Olarak Ortalama Yaşam Beklentisine Göre Türkiye' nin AB İçindeki Konumu: Kritikler ve Çok Değişkenli İstatistik Uygulamaları". *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, Sayı: 7, 51-87.
- Dağdemir, Ö. (2003). *Çevre Sorunlarına Ekonomik Yaklaşımlar ve Optimal Politika Arayışları*, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Dhawan, R., Jeske, K., Silos, P. (2008). "Productivity, Energy Prices, and the Great Moderation: A New Link", *Working Paper Series, Federal Reserve Bank of Atlanta*, No: 2008-11, Econstore.

- Daly, H. E. (1997). "Reply to Solow/Stiglitz". *Ecological Economics*, Volume: 22, 271-273.
- Dasgupta, P. S. and Heal, G. E. (1979). *The Economics of Exhaustible Resources*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Deliktaş, E. (2001). "Malthusgil Yaklaşımdan Modern Ekonomik Büyüme". *Ege Akademik Bakış*, 1(1), 92-114.
- Demirel, Y. (2012). *Energy: Production, Conversion, Storage, Conservation and Coupling*, Springer: Green Energy and Technology.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. R., Silverberg, G. (1998). *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers.
- Dur, F. (2005). *The Usage of Stochastic and Multicriteria Decision-Aid Methods Evaluating Geothermal Energy Exploitation Projects*. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: The Graduate School of Engineering and Science of Izmir Institute of Technology.
- Ekins, P. Simon, S., Deutsch, L., Folke, C., De Groot, R. (2003). "A Framework For the Practical Application of The Concepts of Critical Natural Capital and Strong Sustainability". *Ecological Economics*, 44(2-3), 165–185.
- El Serafy, S. (1991). "The environment as capital (168-175)". Costanza, R. (Ed.) *Ecological Economics*. New York: Columbia University Press.
- Elhorst J. P. (2003). "Specification and Estimation of Spatial Panel Data Models". *International Regional Science Review*, 26(3), 244-268.
- Elhorts, J. P. (2013). *Spatial Econometrics from Cross-Sectional Data to Spatial Panels*. New York: Springer Briefs in Regional Science.
- Energy Conversion & Energy Efficiency, Chapter 4, Erişim Tarihi: 21.02.2014. <http://www.ems.psu.edu/~radovic/Chapter4.pdf>,
- EPO (2014). European Patent Office, <http://www.epo.org/service-support/useful-links/databases.html>, 20.02.2014.

- Erbay, E. R. ve Özden M. “İktisadi Kalkınma Kuramlarına Eleştirel Yaklaşım”. *Namık Kemal University Institute of Social Sciences, Sosyal Bilimler Metinleri*, No:03, 1-27.
- Erdal, G., Erdal, H., Esengün, K. (2008). “The Causality Between Energy Consumption and Economic Growth in Turkey”. *Energy Policy*, 36, 3638-3642.
- Erbaykal, E. (2008). “Disaggregate Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from Turkey”. *International Research Journal of Finance and Economics*, ISSN 1450-2887, Issue 20, 172-179.
- Farla, J. C. M. and Blok, K. (2000). “Energy Efficiency and Structural Change in The Netherlands, 1980-1995; Influence of Energy Efficiency, Dematerialization and Economic Structure on National Energy Consumption”. *Journal of Industrial Ecology*, 4(1), 93-117.
- Fluck, R. (1980). “Agricultural Energetics”, *AVI Publishing Company, USA: Inc.*, Westport, Connecticut.
- Galli, R. (1998). “The Relationship Between Energy Intensity and Income Levels: Forecasting Long Term Energy Demand in Asian Emerging Countries”. *The Energy Journal*, 19(4), 85-105.
- Galor, O., Weil, D. N. (2000). “Population, Technology and Growth: From Malthusian Stagnation to the Demographic Transition and Beyond”. *The American Economic Review*, 90(4), 806-828.
- Gardner, D. T. and Elkhafif, M. A. T. (1998). “Understanding Industrial Energy Use: Structural and Energy Intensity Changes in Ontario Industry”. *Energy Economics*, 20, 29-41.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and Economic Process*. Mass: Harvard University Press, Cambridge.
- Georgescu-Roegen, N. (1975). “Energy and Economic Myths”. *Southern Economic Journal*, 41(3), 347-381.
- Gever, J., Kaufmann, R. K., Skole, D., Vörösmarty, C. (1986). *Beyond Oil: The Threat to Food and Fuel in the Coming Decades*, Cambridge, MA: Ballinger.

- Gleich, A. v., Ayres, R. U., Gößling-Reisemann, S. (2006). *Sustainable Metals Management: Securing Our Future- Steps Towards a Closed Loop Economy*. Berlin: Eco-Efficiency in Industry and Science.
- Gorman, A. J. (2001). *A Dynamic General Equilibrium Model Of Energy Consumption And CO₂ Emissions In Transitional Economies With Application to The Russian Federation*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). UMI, Indiana University, School of Public and Environmental Affairs.
- Gradus, R. and Smulders, S. (1993). "The Trade-off Between Environmental Care and Long-term Growth Pollution in Three Prototype Growth Models". *Journal of Economics*, 58, 25-51.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric Analysis*, Prentice Hall, Fifth Edition, New York.
- Greening, L. A., Davis, W. B., Schipper, L., Khrushch, M. (1997). "Comparison of Six Decomposition Methods: Application to Aggregate Energy Intensity For Manufacturing in 10 OECD Countries". *Energy Economics*, 19, 375-390.
- Griffin, J. M. and Gregory, P. R. (1976). "An Intercountry Translog Model of Energy Substitution Responses". *American Economic Review*, 66, 545-857.
- Grosse, F. (2011). "Quasi-Circular Growth: a Pragmatic Approach to Sustainability for Non- Renewable Material Resources", *S.A.P.I.EN.S.*, 4, 4.2, <http://sapiens.revues.org/1242>18.05.2013.
- Grossman, G. M. and Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. MA, Cambridge: MIT Press.
- Grossman, G. M. and Krueger, A. B. (1991). *Environmental Impact of a North American Free Trade Agreement*. Cambridge, MA: Working Paper 3914. National Bureau of Economic Research.
- Grübler, A. Nakicenovic, N. and Victor, D. G. (1999). "Dynamics of Energy Technologies and Global Change". *Energy Policy*, 27, 247-280.
- Gujarati, D.N. (1999). *Temel Ekonometri*. (Çeviren: Ü. Şenesen ve G.G. Şenesen). İstanbul: Literatür Yayınları.

- Guttormsen, A.G. (2004). "Causality Between Energy Consumption and Economic Growth". *Discussion Paper #D-24-2004*, Agricultural University of Norway.
- Günsoy, G., Dağdemir, Ö., Günsoy, B., Aktaş, M. T. ve Dağdemir, E. (2013). *Doğal Kaynaklar ve Çevre Ekonomisi*. Eskişehir: TC. Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi, Yayın No:2933.
- Hall, C. A. S., Cleveland, C. J., Kaufmann R. K. (1986). *Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process*. New York: Wiley Interscience.
- Han, E. ve Kaya, A. A. (2012). *Kalkınma Ekonomisi, Teori ve Politika*. (7. Baskı). Ankara: Nobel.
- Han, X. and Lakshmanan, T. K. (1994). "Structural Changes and Energy Consumption in the Japanese Economy 1975-85: An Input-Output Analysis". *The Energy Journal: Energy Economics Educational Foundation*, 15(3), 165-188.
- Hannesson, R. (2002), "The Economics of Marine Reserves". *Natural Resource Modeling*, 15(3).
- Hansen, G. D. and Prescott, E. C. (2002). "Malthus to Solow". *The American Economic Review*, 92(4), 1205-1217.
- Harris, J and Codur, A. M. (2004). *Macroeconomics and the Environment*, Global Development and Environment Institute, Tufts University, <http://ase.tufts.edu/gdae>, 10. 05. 2011.
- Healy, H., Martinez-Alier, J., Temper, L., Walter, M., Gerber, J. F. (2012). *Ecological Economics from the Ground Up*. USA-Canada: Routledge.
- Heilbroner, R. L. ve Galbraith, J. K. (1990). *The Economic Problem*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Herman, R., Ardekani, S. A., Ausubel, J. H. (1989). "Dematerialization. In: Ausubel, J. H., Sladovich, H. E. (Eds), *Technology and Environment*, National Academy, Washington, DC.
- Hill, R. C., Griffiths, W. E. and Lim, G. C. (2008). *Principles of Econometrics*. (Third Edition). USA: Wiley.

- Hofman, B. and Labar, K. (2006). "Structural Change and Energy Use: Evidence from China's Provinces". *China Working Paper Series*, No:6, Washington, DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2007/04/8941685/structural-change-energy-use-evidence-chinas-provinces>.
- Hogan, W. W., Jorgenson, D. W. (1991). "Productivity Trends and the Cost of Reducing Carbon Dioxide Emissions". *Energy Journal*, 12(1), 67-85.
- Howarth, R. B., Schipper, L., Duerr, P. A., Strom, S. (1991). "Manufacturing Energy Use in Eight OECD Countries: Decomposing the Impacts of Changes in Output, Industry Structure and Energy Intensity". *Energy Economics*, 13(2), 135-142.
- Hsiao, C. (2003). *Analysis of Panel Data*. (Second Edition). Cambridge University Press, United Kingdom.
- Huang, B. N., Hwang, M. J., Yang, C. W. (2008). "Causal Relationship Between Energy Consumption and GDP Growth Revisited: A Dynamic Panel Data Approach". *Ecological Economics*, 67, 41-54.
- Hulscher, W.S. (1991). *Energy for Sustainable Rural Development Projects - Vol.1, Training Materials for Agricultural Planning 23/1*, <http://www.fao.org/docrep/u2246e/u2246e02.htm#chapter1basicenergyconcepts>, 23.04.2014.
- Huntington, H. G. (2009). "Structural Change and U. S. Energy Use: Recent Patterns". *Energy Modeling Forum*. Stanford: Stanford University, CA 94305-4026.
- IBRD (1992). *World Development Report 1992: Development and the Environment*. Newyork: Oxford University Press.
- IEA (2004). *International Energy Agency, World Energy Outlook*, <http://www.iea.org/media/weowebiste/2008-1994/WEO2004.pdf>, 05.08.2013.
- Imran K., Siddiqui, M. M. (2010). "Energy Consumption and Economic Growth: A Case Study of Three SAARC Countries", *European Journal of Social Sciences*, Volume 16, Number:2, 206-213.
- Intership Series (2007). *Volume-1: Sustainable Development: An Introduction*, Centre for Environment Education.

- İncekara, A., Tatoğlu, Y. F. (2008). *Türkiye Ekonomisinde Son Yıllarda Yaşanan Yüksek Oranlı Büyüme Rakamlarının İç Piyasa Üzerindeki Etkileri*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası, Türkiye Ekonomisi Yayınları, Yayın No: 2008-56.
- Jacob, M., Haller, M. and Marschinski, R. (2010). “Will *History* Repeat Itself? Economic Convergence And Convergence of Energy Use Patterns”, EAERE/AERE Conference, Montreal, Canada.
- Jenne, C. A., and Cattell R. K. (1983) “Structural Change and Energy Efficiency in Industry”. *Energy Economics*, 5(2), 114–123.
- Jobert, T. and Karanfil, F. (2007). “Sectoral Energy Consumption by Source and Economic Growth in Turkey”. *Energy Policy*, 35, 5447-5456.
- Jones, C. I. (2001). *İktisadi Büyümeye Giriş*. (Çeviren: Sanlı Ateş ve İsmail Tuncer). İstanbul: Literatür Yayınları.
- Jorgenson, D. W. and Fraumeni, B. M. (1981). “Relative Prices on Technical Change”. In: Field, B. C. and Berndt, E. R. (Eds.), *Modelling and Measuring Natural Resource Substitution*, MA, Cambridge: MIT Press, 17-47.
- Jorgenson, D.W., Slesnick, D., Wilcoxon, P.J. (1992). "Carbon Taxes and Economic Welfare". *Harvard Institute of Economic Research Working Papers 1589*, Harvard - Institute of Economic Research.
- Jorgenson, D. W. (1994). “The Role of Energy in Productivity Growth”. *The American Economic Review*, 74(2), Papers and Proceedings of the Ninety-Sixth Annual Meeting of the American Economic Association (May, 1984), 26-30.
- Kar, M., Taban, S. (2003). “Kamu Harcama Çeşitlerinin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkileri”, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 58(3), 146-169.
- Kar, M. ve Kımık, E. (2008). “Türkiye’de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Analizi”. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 333-353.
- Karadeli, S. (2001). *Rüzgar Enerjisi*, Ankara: Temiz Enerji Vakfı Yayınları, No 5, TÜBİTAK Matbaası,.

- Karagöl, E., Erbaykal, E., Ertuğrul, H. M. (2007). “Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı”. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8(1), 72-80.
- Kartal, Z. (Aralık 2007). “Gelişme ve Ekolojik Modeller”. *Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 31(2), 115-124.
- Kaufmann, R. K. (1994). “The Relation Between Marginal Product and Price in US Energy Markets: Implications for Climate Change Policy”. *Energy Economics*, 16(2), 145-158.
- Kaufmann, R. K. (2004). “The Mechanisms for Autonomous Energy Efficiency Increases: A Cointegration Analysis of The US Energy/GDP Ratio”. *Energy Journal*, 25(1), 63-86.
- Kaynak, M. (2011). *Kalkınma İktisadı*. (4. Baskı). Ankara.Gazi Kitabevi.
- Kazgan, G. (1993). *İktisadi Düşünce veya Politik İktisadın Evrimi*. İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Keleş, R. ve Hamamcı, C. (1993). *Çevre Bilim*. İstanbul: İmge Kitabevi.
- Kennedy, P. (2006). *A Guide to Econometrics*. Wiley-Blackwell Publishers., 5th Edition.
- Khademvatani, A. and Gordon, D. V. (2007). “Energy Shadow Value As a Marginal Economic Measure of Energy Efficiency: An Intuitive and Theoretical Perspective”, *Economics*, <http://economics.ca/2007/papers/0785.pdf>.
- Khazzoom J. D. (1980). “Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards For Household Appliances”, *Energy*, 1(4), 21–40.
- Kibritçiöğlü, A. (1998). “İktisadi Büyümenin Belirleyicileri ve Yeni Büyüme Modellerinde Beşeri Sermayenin Yeri”. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 53(14), 207-230.
- Kim, I. M. and Loungani, P. (1992). “The Role of Energy in Real Business Cycle Models”. *Journal of Monetary Economics*, 29, 173-189.
- Koç, E., Şenel, M. C. (2013). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme”. *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.

- Koetse, M. J., Henri L. F. G., Raymond J.G.M. F. (2008). “Capital-Energy Substitution and Shifts in Factor Demand: A Meta-analysis”. *Energy Economics*, 30, 2236–2251.
- Kooroshy, J., Korteweg, R. and de Ridder M. (2010) “Rare Earth Elements and Strategic Mineral Policy”. *World Foresight Forum*, Creating Tomorrow, 11-15April 2011, TNO and HCSS, <http://www.hcss.nl/reports/rare-earth-elements-and-strategic-mineral-policy/5/>.
- Kozak, M. ve Kozak, Ş. (2012). “Enerji Depolama Yöntemleri”. *SDU International Technologic Science*, 4(2), 17-29.
- Kök, R. ve Şimşek, N. (2009). Panel Veri Analizi, <http://www.deu.edu.tr/userweb/recep.kok/dosyalar/panel2.pdf>, 01.07.2014.
- Kökpınar, A. (2011). *Nükleer Enerji Nedir?*, Türkiye Elektrik İletim A. Ş., E- Bülten Akköprü İşletme ve Bakım Müdürlüğü, <http://www.teias.gov.tr/ebulten/makaleler/2011/NUKLEER%20ENERJİ%20NEDİR/NUKLEER%20ENERJİ%20NEDİR.htm>, 12.01.2014.
- Kreith, F. And Krumdieck, S. (2013). *Principles of Sustainable Energy Systems*, Second Edition, CRC Press, Taylor&Francis Group.
- Kurz, H. D. and Salvadori, N. (2001). “The Aggregate Neoclassical Theory of Distribution and the Concept of a Given Value of Capital: A Reply”. *Structural Change and Economic Dynamics*, 12(4), 479–485.
- Kümmel, R., Henn, J., Lindenberger, D. (2002). “ Capital, Labor, Energy and Creativity: Modeling Innovation Diffusion”. *Structural Change and Economics Dynamics*, 13, 415-433.
- Leach, G., Jarass, L., Obermair, G. M., Hoffmann, L. (1986). *Energy and Growth, a Comparison of 13 Industrial and Developing Countries*. Butterworths, United States.
- Lee, C. C. (2005). “Energy Consumption and GDP in Developing Countries: A Cointegrated Panel Analysis”. *Energy Economics*, 27(2005), 415-427.

- 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.
- Levin, R. C., Klevorick, A. K., Nelson, R. R., Winter, S. G. (1987). "Appropriating The Returns from Industrial Research and Development". *Brookings Papers on Economic Activity*, 3, 783-820.
- Li, M. (2011). *Peak Energy and the Limits to Global Economic Growth*, Independent Research Report, July 2011, University of Utah, USA, UT 84112.
- Lund, H. (2010). *Renewable Energy Systems: The Choice and Modelling of %100 Renewable Solutions*, Burlington, USA: Academic Press.
- Madlener R. and Alcott, B. (2006). "Energy Rebound and Economic Growth". *5th International Biennial Workshop Advances in Energy Studies "Perspectives into Energy Future"*, 12-16 September 2006, Porto Venere, Italy.
- Madlener, R. and Alcott, B. (2009). "Energy Rebound and Economic Growth: A Review of the Main Issues and Research Needs". *Energy*, 34, 370-376.
- Mahadevan, R., Asafu-Adjaye, J. (2007). "Energy Consumption, Economic Growth and Prices: A Reassessment Using Panel VECM For Developed and Developing Countries". *Energy Policy*, 35(2007), 2481-2490.
- Mankiw, N. G. (2012). *Principles of Economics*. (Seventh Edition). Canada: Cengage Learning.
- Martinez-Alier, J. (1987). *Ecological Economics: Energy, Environment and Society*. Cambridge, MA: Blackwell.
- Masih, A.M.M. and Masih, R. (1998). "A Multivariate Cointegrated Modelling Approach in Testing Temporal Causality Between Energy Consumption, Real Income and Prices With an Application to Two Asian LDCs". *Applied Economics*, 30, 1287-1298.
- McKinney, M. L., Schoch, R. M., Yonavjak, L. (2007). *Environmental Science: Systems and Solutions*. (Fourth Edition). Jones and Bartlett Publishers, United States of Amerika.

- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens III, W. W. (1978). *Ekonomik Büyümenin Sınırları* (Çev: Tosun K., Sezer, D., Oba, B., Uzun, E., Özbaşar, S., Somay, T. Ve Aykar, F.) İstanbul: Arpaz Matbaacılık.
- Metcalf, G. E. (2008). "An Empirical Analysis of Energy Intensity and Its Determinants at the State Level". *The Energy Journal*, 29(3), 1-26.
- Miketa, A. (2001). "Analysis of Energy Intensity Developments in Manufacturing Sectors in Industrialized and Developing Countries", *Energy Policy*, Vol:29, 769-775.
- Morriss, A. P. (2010). The Green-Economy Mirage, *Economic Notions*, Inspire Educate Connect, http://www.fee.org/the_freeman/detail/the-green-economy-mirage, 20.07.2011.
- Mountain, D. C., Stipdonk, B. P., Warren, C. J. (1989). "Technological Innovation and Changing Energy Mix-A Parametric and Flexible Approach to Modelling Ontario Manufacturing". *The Energy Journal*, 10, 139-158.
- Mulder P. and de Groot H. L. F. (2004). "Decoupling Economic Growth and Energy Use". *Tinbergen Institute Discussion Paper*, International Institute for Applied Systems Analysis, TI 2004-005/3.
- Munasinghe, M. (2007). "Sustainable development triangle". 2007, http://www.eoearth.org/article/Sustainable_development_triangle, 22.08.2011.
- Nel, W. P. and van Zyl, G. (2010). "Defining Limits: Energy Constrained Economic Growth". *Applied Energy*, 87, 168-177.
- Nelson, R. R. and Winter, S. G. (1982). "An Evolutionary Theory of Economic Change". *Harvard University Press*, Cambridge.
- Noor S. and Siddiqi, M. W. (2010). "Energy Consumption and Economic Growth in South Asian Countries: A Co-integrated Panel Analysis". *International Journal of Human and Social Sciences*, 5(14).
- Norgate, T. E., Jahanshahi, S., Rankin, W. J. (2007). "Assessing the Environmental Impact of Metal Production Processes". *Journal of Cleaner Production*, 15 838-848.

- Ockwell, D. G. (2008). "Energy and Economic Growth: Grounding Our Understanding in Physical Reality". *Energy Policy*, 36, 4600-4604.
- O'Connor, D. E. (2004). *The Basics of Economics*. ABD: Library of Congress Cataloging-in- Publication Data.
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development). (2003). *Environmental Indicators-Development, Measurement and Reuse*, Reference Paper, <http://www.oecd.org/env/>, 04.07. 2012.
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development). (2003). The Sources of Economic Growth in OECD Countries, <http://browse.oecdbookshop.org/oecd/pdfs/free/1103011e.pdf>, 22.05.2014.
- Oh, W. and Lee, K. (2004). "Energy Consumption and Economic Growth in Korea: Testing the Causality Relation". *Journal of Policy Modeling*, 26, 973-981.
- Özata, E. (Nisan 2010). "Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkilerin Ekonometrik İncelenmesi". *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı 26, 101-113.
- Özdemir, O. (2002). "Durgun Durum Büyümeden İçsel Büyüme". *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 3(1), 1-16.
- Özel, H. A. (Bahar 2012). "Ekonomik Büyümenin Teorik Temelleri". *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(1), 63-72.
- Özsabuncuoğlu, İ. (1999). *The Economics of Natural Resources*. Gaziantep: University of Gaziantep Press.
- Özsağır, A. (2008). "Dünden Bugüne Büyümenin Dinamiği". *KMU İİBF Dergisi*, Yıl:10 Sayı:14 Haziran/2008.
- Öztürk, İ., 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.
- Panayotou, T. (1993). "Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development". *Working Paper*

- WPI38, Geneva: Technology and Employment Programme, International Labour Office.
- Papyrakis, E. and Gerlagh, R. (2007). "Resource Abundance and Economic Growth in the United States". *European Economic Review*, 51, 1011–1039.
- Payne, J. E. (2009). "On the Dynamics of Energy Consumption and Employment in Illinois". *Journal of Regional Analysis & Policy*, JRAP 39(2), 126-130.
- Pazarlıoğlu, V. ve Gürler, Ö. K. (2007). "Telekomünikasyon Yatırımları ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Yaklaşımı". *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 44(508), 35-43.
- Peach, N. D. (2011). *Three Essays On Energy And Economic Growth*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Fort Collins, Colorado: Colorado State University, Department of Economics.
- Pearce D. W. and Warford J. J. (1993). *World Without End: Economics, Environment and Sustainable Development*, Oxford University Press, World Bank.
- Pearce, D.W. and Barbier, E.B. (2000). *Blueprint for a Sustainable Economy*. London: Earthscan.
- Pestel, E. (1989). *Beyond the Limits to Growth: A Report to the Club of Rome*. Newyork: Universe Books.
- Peterson, S. R. (1994). *Energy Prices and Discount Factors for Lge-Cycle Cost Analysis*. Annual Supplement to NIST Handbook 135 and NBS Special Publication 709, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 85-3273-9.
- Pokrovski, V. N. (2003). "Energy in the Theory of Production". *Energy*, 28,769-788.
- Popp, D. C. (2001). "The Effect of New Technology on Energy Consumption". *Resource and Energy Economics*. 23, 215-259.
- Popp, D. C. (2002). "Induced Innovation and Energy Prices". *American Economic Review*, 92, 160-180.
- Postel, S. (1994). *Carrying Capacity: Earth's Bottom Line*. Newyork: Challenge, Marc-April/1994.

- Postel, S., Daily, G. C. and Erlich, P. R. (1996). "Human Appropriation of Renewable Fresh Water". *Science*, 271, 785-788.
- Romer, P. M. (1994). "The Origins of Endogenous Growth". *Journal of Economic Perspective*, 8(1), 3-22.
- Sachs J. D. and Warner, A. M. (1997). "Natural Resource Abundance And Economic Growth". Center for International Development and Harvard Institute for International Development, *NBER Working Paper*, No. 5398, Cambridge MA.
- Salvadori, N. (2003). *The Theory of Economic Growth: A 'Classical' Perspective*. ABD: Edward Elgar.
- Schäfer, A. and Victor, D. G. (2000). "The Future Mobility of The World Population". *Transportation Research*, 34(3), 171-205.
- Schäfer, A. (2005). "Structural Change in Energy Use". *Energy Policy*, 33, 429-437.
- Schettkat, R. and Yocarini L. (2006). "The Shift to Services Employment: A Review of the Literature". *Structural Change and Economic Dynamics*. 17, 127-147.
- Schurr, S. and Netschert, B. (1960). *Energy and the American Economy, 1850-1975*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Schurr, S. H. (1982). "Energy Efficiency and Productive Efficiency: Some Thoughts Based on American Experience." *Energy Journal*, 3(3), 3-14.
- Shaw, G. K. (1992). "Policy Implications of Endogenous Growth Theory". *The Economic Journal*, 102(412), 611-621.
- Smith, A. Z., Taylor, K. D. (2008). *Renewable and Alternative Energy Resources: A Reference Handbook*, California, ABD: ABC-CLIO, Contemporary World Issues Series.
- Smulders, S. (1998). "Technological Change, Economic Growth and Sustainability". Volume: 15, 39-65. Theory and Implementation of Economic Models for Sustainable Development, *Economy & Environment*.
- Smulders, S. and de Nooij M. (2003). "The Impact of Energy Conservation on Technology and Economic Growth". *Resource and Energy Economics*, 25, 59-79.

- Solow R. M. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-94.
- Solow R. M. (1974). "AssociationThe Economics of Resources or the Resources of Economics". *The American Economic Review*. 64(2), 1-14. Papers and Proceedings of the Eighty-sixth Annual Meeting of the American Economic Association May, 1974.
- Solow, R. M. (1997). Reply: Georgescu-Roegen Versus Solow:Stiglitz". *Ecological Economics*, 22, 259–270.
- Sorrell S. (2007). "The Rebound Effect: An Assessment of the Evidence for Economy-Wide Energy Savings from Improved Energy Efficiency". *UK Energy Research Centre*, (November).
- Sorrell, S. and Dimitropoulos, J. (2008). "The Rebound Effect: Microeconomic Definitions, Limitations and Extensions". *Ecological Economics*, Volume 65. 636-649.
- Sorrell, S. (2010). "Energy, Economic Growth and Environmental Sustainability: Five Propositions". *Sustainability*, ISSN 2071-1050, 2, 1784-1809.
- Soytaş, U., Sarı, R., Özdemir, Ö. (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 Proceeding*, Global Business and Technology Association, 838-844.
- Sözen, İ., Uslu, K., Öngel, V. (2011). Ortadoğu ve Kuzey Afrika Ülkelerinin Rantiyeci Ekonomi Yapıları, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Yıl:10 Sayı:19 Bahar 2011, 89-107.
- Stern, D. I. (1993). "Energy Use and Economic Growth in the USA, A Multivariate Approach". *Energy Economics*, 15, 137-150.
- Stern D. I. (1997a). "The Capital Theory Approach to Sustainability: A Critical Appraisal". *Journal of Economic Issues*, XXXI(1), 145-173.

- 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*, 2 (00147), 35- 51.
- Stern, D. I. and Cleveland, C. J. (2004). "Energy and Economic Growth". *Rensselaer Working Paper in Economics*, Number 0410.
- Stern, D. I. (2010). "The Role of Energy in Economic Growth". *CCPE Working Paper 3.10*, Centre for Climate Economics&Policy, Crawford School of Economics and Government, Canberra: The Australian National University, 35-51.
- Stern, D. I. and Kander, A. (2011). "The Role of Energy in The Industrial Revolution and Modern Economic Growth". *Centre for Applied Macroeconomic Analysis, CAMA Working Paper Series*, The Australian National University, January/2011.
- Sterner, T. (1990). "Energy Efficiency and Capital Embodied Technical Change: The Case of Mexican Cement Manufacturing". *The Energy Journal*, 11, 155-167.
- Stiglitz, J. E. (1974). "Growth with Exhaustible Natural Resources: The Competitive Economy". *Review of Economic Studies*, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, 139-152.
- Stiglitz, J. E (1979). "Equilibrium in Product Markets with Imperfect Information". *American Economic Review*, 69(2), 339-345.
- Strauss, M. (2012). Looking Back on the Limits of Growth, <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/looking-back-on-the-limits-of-growth-125269840/?no-ist=>, 02.04. 2013.
- Sun, J. W. (1998). "Changes in Energy Consumption and Energy Intensity: A Complete Decomposition Model". *Energy Economics*, 20, 85-100.
- Sustainable Measures, Sustainability Indicators 101, <http://www.sustainablemeasures.com/node/33>, 14.04.2014.

- Tatoğlu, F. Y. (2005). “İMKB’de Firma Büyüklüğü Anomalisinin Panel Veri Modelleri İle Analizi”. İstanbul Üniversitesi, *Maliye Araştırma Merkezi Konferansları*, İstanbul 2005, 49, 163-184.
- Tatoğlu, F. Y. (2012). *İleri Panel Veri Analizi*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Tatoğlu, F. Y. (2012). *Panel Veri Ekonometrisi*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Tatoğlu, F. Y. (2013). *Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı 2. Baskı*, İstanbul: Beta
- The Economy and the Environment, Chapter 1, Changing Perspectives on the Environment,
http://www.ase.tufts.edu/gdae/publications/textbooks/JHtext_ch01.pdf, 15.04.2014.
- The Energy Efficiency Strategy: The Energy Efficiency Opportunity in the UK, Department of Energy&Climate Change,
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65602/6927-energy-efficiency-strategy--the-energy-efficiency.pdf, 01.05.2014.
- Todaro M. P. ve Smith S. C. (2012). *Economic Development*. (11th Edition). Boston: Pearson.
- Tunç, G.İ. (2004). “Türkiye Ekonomisinde Yapısal Değişim: Bir Girdi-Çıktı Analizi”. *ERC Working Paper in Economic*, 04/07, August.
- Turan, T. (2008), *İktisadi Büyüme Teorisine Giriş*. İstanbul: Yalın Yayıncılık.
- Turner, R. K. (1997). “Georgescu-Roegen Versus Solow:Stiglitz: A Pluralistic and Interdisciplinary Perspective”. *Ecological Economics*, 22, 299-302.
- Turner, G. (2008). *A Comparison of the Limits of Growth with Thirty Years of Reality*. Socio-Economics and the Environment in the Discussion, CSIRO Working Paper Series 2008-09, Australia.
- UKERC: UK Energy Research Centre (2006). *Report of The Clean Coal And Carbon Capture And Storage Workshop*, London: Meeting Report, 2-3 February 2006, file:///C:/Users/PC-21/Downloads/Clean%20Coal%20Meeting%20Report.pdf, 21.01.2014.

- Unander, F., Karbuz, S., Schipper L., Khrushch, M., Ting, M. (1999). "Manufacturing Energy Use in OECD Countries: Decomposition of Long-Term Trends". *Energy Policy*, 27(1999), 769-778.
- UNCTAD, Statistical Database. (2014). United Nations Conference on Trade and Development, http://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sRF_ActivePath=p,4&sRF_Expanded=,p,4. (02.05.2014).
- United Nations Development Program, Human Development Report (2003). *Millennium Development Goals: A Compact Among Nations to End Human Poverty*, New York: Oxford University Press.
- Vlahinić-Dizdarević, N. ve Žiković, S. (2010). "The Role of Energy in Economic Growth: The Case of Croatia". *The Proceedings of Rijeka Faculty of Economics – Journal of Economics and Business(1331-8004)*, 28(1), 35-60.
- Victor, A. (1991). *Alternative Economic Indicators*. London: Routledge Revivals.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., Melillo, J. M. (1997). "Human Domination of Earth's Ecosystems". *Science*, 277(5325), 494-499.
- Warr, B. S. and Ayres, R. U. (2010). "Evidence of Causality Between The Quantity and Quality of Energy Consumption and Economic Growth". *Energy*, 35, 1688-1693.
- Weil, D. N. (2012). *Economic Growth: International Edition*. (Third Edition). Pearson Education.
- WIPO (World Intellectual Property Organization) (2014). International Patent System, <http://ipstats.wipo.int/ipstatv2/IpsStatsResultvalue>, 20.02.2014
- Willard, B. (2010). Sustainability Models, Sustainability Advantage, B Corporation Report, <http://sustainabilityadvantage.com/2010/07/20/3-sustainability-models/>, 20.05. 2014.
- Williams, R. H., Larson, E. D., Ross, M. H. (1987). "Materials, Affluence and Industrial Energy Use". *Annual Review of Energy and the Environment*, 12, 99-144.
- Wilson, E. O. (1994). "Biodiversity: Challenge, Science, Opportunity". *American Zoologist*, 34(1), 5-11.

- Withangen, C. (1991). *Topics in Resource Economics*. In: van der Ploeg, F.(Ed.), London: Advanced Lectures in Quantitative Economics, Academic Press.
- Wooldridge, J.M. (2003). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge: The MIT Press.
- World Commission on Environment and Development (1987), *Our Common Future*, New York: Oxford University Press.
- World Bank. (2014). World DataBank, World Development Indicators, <http://databank.worldbank.org/data/views/variableSelection/selectvariables.aspx?source=world-development-indicators>, 17. 02. 2014.
- World Bank. (2014). MicroData Library, <http://microdata.worldbank.org/index.php/home>, 01. 05. 2014.
- Worth, K. D. (2010). *A Survival Guide for Investors and Savers After Peak Oil: Peak Oil and the Second Great Depression (2010-2030)*. ABD: Outskirts Press.
- Wringley, N. (2000). "Four Myths in Search of Foundation: The Restructuring of US Food Retailing and Its Implications For Commercial Cultures". *Commercial Cultures: Economies, Practices, Spaces*, 221-244.
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 5346 Nolu Kanun, 18.5.2005 Tarih-25819 Sayılı Resmi Gazete, Tertip:5, Cilt:44, Madde 3, http://www.enerji.gov.tr/mevzuat/5346/5346_Sayili_Yenilenebilir_Enerji_Kaynaklarının_Elektrik_Enerjisi_Uretimi_Amacli_Kullanimina_Iliskin_Kanun.pdf.
- Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi, Milli Eğitim Bakanlığı, 2012, Ankara, http://vizyon21yy.com/documan/Genel_Konular/Enerji/Yenilenebilir_Enerji_Kaynaklari_ve_Onemi.pdf, 10.01.2014.
- Yülek, M. A. (1997). "İçsel Büyüme Teorileri, Gelişmekte Olan Ülkeler ve Kamu Politikaları Üzerine". *Hazine Dergisi*, Nisan 1997, Sayı 6, 1-15.
- Yüksek, S., Elevli, B. ve Demirci, A. (2001). "Hammadde, Kaynak, Cevher ve Rezerv gibi Bazı Terimlerin Tanımlarına Bir Yaklaşım: Hasaңcelebi Demir Yatağı Örneği". *Jeoloji Mühendisliği*, 25(2), Araştırma Notu, 47-54.

Yüksek M. (2010). *Sürdürülebilir Kalkınma ve Türkiye’de Çevre Politikaları*. (Yüksek Lisans Tezi). Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı.

Zon A. v. ve Yetkiner İ. H. (2003). “An Endogenous Growth Model with Embodied Energy-Saving Technical Change”. *Resource and Energy Economics*, 25, 81–103.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Tuba ŞAHİNOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi	Erzurum/17.08.1981
Eğitim Durumu	
Lisans Eğitimi	Atatürk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü (2000-2004), Erzurum, Türkiye
Yüksek Lisans Eğitimi	Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, İktisat Politikası Bilim Dalı (2004-2008), Erzurum, Türkiye
Bildiği Yabancı Dil	İngilizce
İş Deneyimi	
Araştırma Görevlisi	Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü (2005-), Erzurum, Türkiye
İletişim	
e-mail	tsahinoglu@atauni.edu.tr sahinoglut@hotmail.com
Tarih	