

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İKTİSAT ANABİLİM DALI

DOKTORA PROGRAMI

**ENERJİ TÜKETİMİ ÇEŞİTLERİ İLE ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİNİN AMPİRİK
OLARAK ANALİZİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

DOKTORA TEZİ

Uğur Korkut PATA

EYLÜL - 2019

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İKTİSAT ANABİLİM DALI

DOKTORA PROGRAMI

**ENERJİ TÜKETİMİ ÇEŞİTLERİ İLE ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİNİN AMPİRİK
OLARAK ANALİZİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**

DOKTORA TEZİ

Uğur Korkut PATA



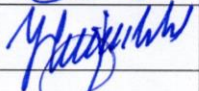
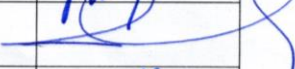

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kenan ÇELİK

EYLÜL - 2019

TRABZON

ONAY

Uğur Korkut PATA tarafından hazırlanan “Enerji Tüketimi Çeşitleri ile Çevresel Kuznets Eğrisinin Ampirik Olarak Analizi: Türkiye Örneği” adlı bu çalışma 15/10/2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği / oyçokluğu ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından İktisat Anabilim dalında **doktora tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesi		Karar		İmza
Unvanı- Adı ve Soyadı	Görevi	Kabul	Ret	
Prof. Dr. Kenan ÇELİK	Başkan	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Hilmi ZENGİN	Üye	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Yakup KÜÇÜKKALE	Üye	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Ahmet AY	Üye	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Alaattin KIZILTAN	Üye	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım.

Prof. Dr. Yusuf SÜRMEŒ
Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca KTÜ – Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yararlanılan kaynakların tümüne eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

Uğur Korkut PATA
20.09.2019

ÖNSÖZ

20.yy'dan itibaren hem ekonomik hem de sosyokültürel açıdan sürdürülebilir çevre kalitesi önemli bir unsur haline gelmiştir. Dünyadaki ülkeler, ekonomik büyüme ile birlikte gerçekleşen çevresel tahribatın önlenmesi için çeşitli önlemler almaya başlamışlardır. Ekonomik büyüme ve çevresel tahribat arasındaki ilişkiler ampirik olarak çevresel Kuznets eğrisi hipotezi ile birçok çalışmada incelenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen ampirik bulgulara göre karbondioksit salımının azaltılması yoluyla küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi problemler hakkında önlemler alınmaya çalışılmıştır.

Türkiye'de kişi başına düşen gelir düzeyinin hesaplaması 2016 yılında değişmiştir. Bu nedenle eski ve yeni veri seti ile gerçekleştirilen analizlerin sonuçları farklılık arz edebilmektedir. Bu çalışmada Türkiye ekonomisinde çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin geçerliliği 1971-2013 ve 1971-2014, olmak üzere iki ayrı dönem ve iki ayrı veri seti kullanılarak ARDL, sınır testi yaklaşımı ile incelenmiştir. Ayrıca gerçekleştirilen çalışmada, çevre kirliliğinin en önemli nedenlerinden biri olarak görülen enerji tüketimi ayrıştırılarak, enerji tüketim çeşitlerine göre çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin farklılaşp farklılaşmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Kıymetli tez danışmanım Prof. Dr. Kenan ÇELİK'e zorlu bir süreçte bana hem hayata dair hem de akademik olarak öğrettiklerinden, gösterdiği destekten ötürü şükranlarımı sunarım. Biz rahmetli Prof. Dr. Harun TERZİ hocamla yarım kalan bir süreci, Prof. Dr. Kenan ÇELİK hocamla birlikte tamamladık. Her iki danışmanıma da ömrüm boyunca bana bu zorlu yolda kattıklarından ve her konuda sağladıkları destekten ötürü minnettar kalacağımı ifade etmek isterim.

Tez konumla ilgili değerli katkılarından, yanlarına her gittiğimde bana kıymetli vakitlerini ayırıp yol göstermelerinden ve değerli tecrübelerini benimle paylaşımlarından ötürü Prof. Dr. Adem KALÇA ve Prof. Dr. Seyfettin ARTAN'a teşekkür ederim. Ayrıca bu zorlu süreçte birlikte mücadele verdiğimiz hem iyi günde hem de kötü günde bir arada olduğumuz kıymetli abim Öğrt. Süleyman YURTKURAN'a müteşekkirim.

Son olarak, bana bir akademisyen adayının nerede durması ve nerede devam etmesi gerektiğini öğreten, bu zorlu süreçte desteklerini esirgemeyen saygıdeğer büyüklerim Prof. Dr. Cengiz PATA ve Prof. Dr. Yavuz Selim PATA'ya şükranlarımı sunarım.

Eylül, 2019

Uğur Korkut PATA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	IV
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
TABLolar LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XII
GRAFİKLER LİSTESİ.....	XIII
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XIV
GİRİŞ.....	1-4

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE ÇEŞİTLİ MAKROEKONOMİK DEĞİŞKENLERİN İLİŞKİSİ.....	5-62
1.1. Çevre Kirliliği ve Sürdürülebilir Gelişim.....	5
1.1.1. Çevre Kirliliğinde İnsan Faktörü.....	9
1.2. Küresel Isınma ve Alınabilecek Önlemler.....	10
1.3. İklim Değişikliği ve Sonuçları.....	11
1.4. Sera Gazı ve CO ₂ Salımı.....	13
1.5. Çevre Kirliliğine Etki Eden Faktörler.....	16
1.5.1. Ekonomik Büyümenin Çevre Kirliliğine Etkileri.....	16
1.5.1.1. Teknik Etki, Ölçek ve Kompozisyon Etkisi.....	18
1.5.1.2. Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Büyümenin Çevre Kirliliğine Etkisi.....	20
1.5.2. Finansal Gelişmenin Çevre Kirliliğine Etkileri.....	23
1.5.3. Kentleşmenin Çevre Kirliliğine Etkileri.....	24
1.5.4. Sanayileşmenin Çevre Kirliliğine Etkisi.....	29
1.5.5. Enerji Tüketiminin Çevre Kirliliğine Etkisi.....	31
1.5.5.1. Fosil Yakıt Kaynaklı Enerji Tüketimi.....	33
1.5.5.1.1. Petrol Tüketimi.....	36
1.5.5.1.2. Kömür Tüketimi.....	37
1.5.5.2. Yenilenebilir Enerji Tüketimi.....	39
1.5.5.2.1. Hidro Enerji Tüketimi.....	42

1.5.5.3. Elektrik Tüketimi.....	45
1.6. Çevre Kirliliği ve CO ₂ Salımını Azaltmak İçin Alınabilecek Tedbirler	48
1.6.1. Çevre Vergileri ve Sınırlamalar	49
1.6.2. Karbon Yakalama ve Depolama	53
1.6.3. Enerji Verimliliği	59
1.6.4. Karbon Piyasaları.....	60
1.7. Türkiye’de Çevre Kirliliği ile İlgili Atılan Adımlar.....	61

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ HİPOTEZİ: TEORİ VE MODELLER	63-95
2.1. Çevresel Kuznets Eğrisi	63
2.1.1. Tüneli Çevresel Kuznets Eğrisi	68
2.1.2. Düzleştirilmiş Çevresel Kuznets Eğrisi	69
2.1.3. Dip Yarışı ile Çevresel Kuznets Eğrisi	69
2.2. Çevresel Kuznets Eğrisi ile İlgili Geliştirilen Modeller	70
2.2.1. Andreoni ve Levinson’un Modeli.....	70
2.2.2. Stokey’in Modeli	75
2.2.2.1. Statik Model	75
2.2.2.2. Ak Modeli.....	79
2.2.3. Dinda’nın İçsel Büyümeye Dayalı Modeli	82
2.2.4. John ve Pecchenino’nun Modeli.....	87

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ HİPOTEZİ İLE İLGİLİ LİTERATÜRDE GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ OLAN AMPİRİK ÇALIŞMALAR	96-155
3.1. Türkiye’de ÇK-Eğrisi Hipotezini Zaman Serisi ve Yatay Kesit Veri Analizleri ile Test Eden Çalışmalar	96
3.2. Türkiye ve Türkiye’nin Dahil Olduğu Ülke Grupları İçin ÇK-Eğrisi Hipotezini Panel Veri Analizleri ile Test Eden Çalışmalar	103
3.3. Türkiye Hariç Diğer Ülkeler İçin ÇK-Eğrisi Hipotezini Zaman Serisi ve Yatay Kesit Veri Analizleri ile Test Eden Çalışmalar.....	112
3.4. Türkiye Hariç Diğer Ülke Grupları İçin ÇK-Eğrisi Hipotezini Panel Veri Analizi ile Test Eden Çalışmalar	141

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİNİN AMPİRİK OLARAK ANALİZİ	156-203
4.1. Veri Seti ve Modeller.....	156
4.2. Ampirik Yöntem	161
4.2.1. Birim Kök Testleri	161
4.2.1.1. DF-GLS Birim Kök Testi	161
4.2.1.2. Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi	162
4.3. ARDL, Sınır Testi Yaklaşımı	163
4.4. Ampirik Bulgular ve Değerlendirme	169
4.4.1. DF-GLS ve LP Birim Kök Testlerinin Sonuçları	169
4.4.2. ARDL, Sınır Testi Yaklaşımının Sonuçları	171
4.4.2.1. ARDL Modelleri.....	171
4.4.2.1.1. Lineer ARDL Modelleri.....	171
4.4.2.1.2. Kuadratik ARDL Modelleri	173
4.4.2.1.3. Kübik ARDL Modelleri	177
4.4.2.2. Sınır Testinin Sonuçları	180
4.4.2.2.1. Lineer Modeller İçin Sınır Testi.....	180
4.4.2.2.2. Kuadratik Modeller İçin Sınır Testi	181
4.4.2.2.3. Kübik Modeller İçin Sınır Testi	182
4.4.2.3. ARDL Modeline Dayalı Uzun Dönem Katsayıları.....	183
4.4.2.3.1. Lineer Modeller için Uzun Dönem Katsayıları	183
4.4.2.3.2. Kuadratik Modeller için Uzun Dönem Katsayıları	185
4.4.2.3.3. Kübik Modeller için Uzun Dönem Katsayıları	188
4.4.2.4. ARDL Modeline Dayalı Hata Düzeltme Modelleri.....	191
4.4.2.4.1. Lineer Eşitliklerin Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları	191
4.4.2.4.2. Kuadratik Eşitliklerin Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları	192
4.4.2.4.3. Kübik Eşitliklerin Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları	195
4.4.2.5. CUSUM ve CUSUMSQ Testleri.....	196
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	204
YARARLANILAN KAYNAKLAR.....	209
ÖZGEÇMİŞ.....	234

ÖZET

Günümüzde sera gazı sürdürülebilir büyüme hedefleri önünde önemli bir engel olarak yer almaktadır. Sera gazı salımındaki artış buzulları eritmekte, ozon tabakası inceltmekte ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Ayrıca bu salımdaki artış küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi zorlu doğal olaylara sebebiyet vermektedir. Karbon salımı, sera gazının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle karbon salımını etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve bu salımın azaltılması için gerekli adımların atılması tüm dünya için önem arz etmektedir.

Ekonomik büyüme karbon salımını arttıran en önemli etken olarak görülmektedir. Ekonomik büyüme ve karbon salımı arasındaki ilişkiler çevresel Kuznets eğrisi hipotezi ile test edilmektedir. Bu hipotez; iki değişken arasında ilk önce artan, daha sonra ise azalan ters U-şeklinde bir ilişki olduğunu ifade etmektedir.

Bu çalışma, Türkiye’de finansal gelişme, kentleşme, sanayileşme, reel gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH), petrol, kömür, elektrik, hidro, toplam, birincil, fosil, yenilenebilir ve alternatif enerji tüketiminin karbon salımına etkilerinin çevresel Kuznets eğrisi çerçevesinde incelenmesini amaçlamaktadır. Her bir enerji tüketimi değişkeni için ayrı modeller kurulmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu 2016 yılında veri hesaplama yöntemini değiştirmiştir. Bu nedenle çalışmada 1971-2013 ve 1971-2014 olmak üzere iki farklı dönem aralığı ARDL, sınır testi yaklaşımı ile incelenmiştir.

Sınır testinin sonuçları, analize dahil edilen değişkenlerin eşbütünlük olduğunu belirtmektedir. İlk veri seti için uzun dönem sonuçları ise reel GSYİH, finansal gelişme, kentleşme, sanayileşme, petrol, kömür, birincil, toplam ve fosil yakıt kaynaklı enerji tüketiminin karbon salımı üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı etkilerinin olduğunu göstermektedir. Bulgulara ek olarak hidro enerji bu salımı azaltmaktadır. Çevre kirliliğinin azalmaya başlayacağı dönüm noktası aralığı 11.499-22.576\$ olarak belirlenmiştir. Dönüm noktaları analiz döneminin dışında yer almaktadır. Bu bulgular Türkiye’de ilerleyen yıllarda dönüm noktasındaki kişi başına düşen GSYİH düzeyine ulaşıldığında, karbon salımının azalmaya başlayacağını göstermektedir. Sanayileşme değişkeni haricinde ikinci veri seti için de benzer bulgular elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Kuznets Eğrisi, CO₂ Salımı, Enerji Tüketimi, Türkiye.

ABSTRACT

Today, the increase in greenhouse gas emissions is a major obstacle to sustainable growth targets. The increase in greenhouse gas emissions causes the melting of glaciers, thinning of the ozone layer and the danger of human health. In addition, this emission can lead to difficult natural events such as global warming and climate change. Carbon emissions are responsible for the majority of greenhouse gas emissions. For this reason, it is important for the whole world to determine the factors that affect carbon emissions and take the necessary steps to reduce this emission.

Economic growth is seen as the most important factor that increases carbon emissions. The relationships between economic growth and carbon emissions are examined by the environmental Kuznets curve hypothesis. This hypothesis states that there is an increasing and then a decreasing inverse U-shaped relationship between the two variables.

The aim of this study is to investigate the effects of financial development, urbanization, industrialization, the real gross domestic product (GDP), oil, coal, electricity, hydro, total, primary, fossil, renewable and alternative energy consumption on carbon emissions based on the environmental Kuznets curve hypothesis in Turkey. Separate models have been established for each energy consumption variable. Turkish Statistical Institute changed the data calculation method in 2016. Therefore, two different period; 1971-2013 and 1971-2014 are examined by using the ARDL bounds testing approach in this empirical work.

The results of the bounds test indicate that all variables included in the analysis are cointegrated. The long run results show that the real GDP growth, financial development, urbanization, industrialization, oil, coal primary, total and fossil energy consumption have positive and significant effect on carbon emissions for the first dataset. In addition, hydro energy consumption reduces these emissions. The turning points that environmental pollution will begin to decrease are determined between 11.499-22.576\$ which outside the sample period. These findings indicate that Turkey's carbon emissions will begin to decline when the country reached the reel GDP per capita level at the turning points in the following years. Similar results are obtained for the second data set, except for the industrialization variable. Consequently, it has been determined that environmental Kuznets curve hypothesis is valid for both data sets in Turkey and this situation does not change with the energy consumption types.

Keywords: Environmental Kuznets Curve, CO₂ Emissions, Energy Consumption, Turkey.

TABLolar LİSTESİ

Tablo Nr.	Tablo Adı	Sayfa Nr.
1	G7 ve E7 Ülkelerinde Kişi Başı GSYİH ve CO ₂ Salımı (Mt).....	21
2	G7 ve E7 Ülkelerinde Toplam GSYİH ve CO ₂ Salımı (Kt).....	23
3	G7 ve E7 Ülkelerinde Finansal Sektör Tarafından Sağlanan Yerel Krediler (GSYİH %).....	24
4	G7 ve E7 Ülkelerinde Kentlerde Yaşayan Kişi Sayıları (Bin Kişi).....	28
5	G7 ve E7 Ülkelerinde Kentleşme (%).....	28
6	G7 ve E7 Ülkelerinde Sanayileşme (%).....	31
7	G7 ve E7 Ülkelerinde Toplam Enerji Tüketimi (ktep).....	33
8	G7 ve E7 Ülkelerinde Fosil Yakıt Kaynaklı Enerji Tüketimi (ktep).....	35
9	G7 ve E7 Ülkelerinde Fosil Yakıt Kaynaklı Enerji Tüketimi (ktep).....	36
10	G7 ve E7 Ülkelerinde Petrol Tüketimi (ktep).....	37
11	G7 ve E7 Ülkelerinde Kömür Tüketimi (mtep).....	39
12	G7 ve E7 Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi (ktep).....	41
13	G7 ve E7 Ülkelerinde Hidro Enerji Tüketimi (TWh).....	44
14	G7 ve E7 Ülkelerinde Elektrik Tüketimi (GWh).....	46
15	G7 ve E7 Ülkelerinde Çevre Vergileri (%GSYİH).....	51
16	Türkiye’de Karbon Piyasası Kapsamındaki Sektörel Projeler.....	61
17	ÇK-Eğrisi Hipotezini Türkiye İçin Zaman Serisi ile Sınayan Ampirik Çalışmalar.....	100
18	ÇK-Eğrisi Hipotezini Türkiye Dahil Panel Veri ile Sınayan Ampirik Çalışmalar.....	108
19	ÇK-Eğrisi Hipotezini Türkiye Hariç Zaman Serisi ve Yatay Kesit Veri ile Sınayan Ampirik Çalışmalar.....	128
20	ÇK-Eğrisi Hipotezini Türkiye Hariç Panel Veri ile Sınayan Ampirik Çalışmalar.....	148
21	Veri Setindeki Değişkenlere Ait Açıklayıcı Bilgiler.....	156
22	İki Veri Seti Arasındaki Temel Farklılıklar.....	160
23	DF-GLS Birim Kök Testinin Sonuçları.....	169
24	Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi Sonuçları.....	170
25	ARDL Modelleri (1-5).....	172
26	ARDL Modelleri (6-9).....	173
27	ARDL Modelleri 1971-2013 (10-14).....	174

28	ARDL Modelleri 1971-2014 (10-14)	175
29	ARDL Modelleri 1971-2013 (15-18)	176
30	ARDL Modelleri 1971-2014 (15-18)	177
31	ARDL Modelleri (19-23).....	178
32	ARDL Modelleri (24-27).....	179
33	Sınır Testi Sonuçları (1-9)	180
34	Sınır Testi Sonuçları 1971-2013 (10-18)	181
35	Sınır Testi Sonuçları 1971-2014 (10-18)	182
36	Sınır Testi Sonuçları (19-23)	183
37	Lineer Modellerden Elde Edilen Uzun Dönem Katsayıları (1,2,3,6,7)	184
38	Kuadratik Modellerden Elde Edilen Uzun Dönem Katsayıları 1971-2013 (10-18).....	185
39	Kuadratik Modellerden Elde Edilen Uzun Dönem Katsayıları 1971-2014 (10-18).....	187
40	Kübik Modellerden Elde Edilen Uzun Dönem Katsayıları (19-27)	189
41	ÇK-Eğrisi için Elde Edilen Bulguların Eski ve Yeni Veri Seti ile Kıyaslanması.....	190
42	Lineer Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları (1,2,3,6,7)	191
43	Kuadratik Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları 1971-2013 (10-18)	193
44	Kuadratik Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları 1971-2014 (10-18)	194
45	Kübik Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları (19-27)	196

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil Nr.	Şekil Adı	Sayfa Nr.
1	Ekonomik Aktivite ve Çevre	8
2	İklim Değişikliğine Karşı Ülkelerin Kırılganlık Düzeyleri	12
3	Ölçek, Kompozisyon Etkisi ve Teknik Etki	19
4	Ölçek Etkisi, Yapısal ve Teknolojik Etki	20
5	Hidroelektriğin Düşük Karbon Salımının Geleceğine Katkısı	43
6	CO ₂ Yakalama Sistemleri	56
7	Karbon Yakalama ve Depolama Teknolojisi ile Üretim Süreci	57
8	Girdi Türüne Göre Yakalama Sistemleri	58
9	Depolama Kaynaklarının Coğrafi Kapsamı.....	59
10	Çevresel Kuznets Eğrisi.....	64
11	Sektörlere Göre Çevresel Kuznets Eğrisi	65
12	Çevre Kirliliği ve Gelir Arasında Monoton-Monoton Olmayan İlişki	67
13	Tünelli Çevresel Kuznets Eğrisi	68
14	Çevresel Kuznets Eğrisinin Düzleştirilmesi	69
15	Çeşitli Çevresel Kuznets Eğrileri.....	70
16	Katsayıların Toplamının 1'e Eşit Olduğu Durum.....	72
17	Katsayıların Toplamının 1'den Küçük Olduğu Durum	73
18	Katsayıların Toplamının 1'den Büyük Olduğu Durum	73
19	Tercihler ve Teknoloji	76
20	Büyümenin Potansiyel Çıktıya Etkisi	77
21	Gerçekleşen Büyüme ve Toplam Kirlilik	78
22	Ak Modelinde Kirlilik Düzeyi ve Sermaye	81
23	Sermaye ve Çevre Kalitesi Arasındaki Geçiş Dinamiği	86
24	Dışsal Artan Getirilerin Olmadığı İç Denge	90
25	Sıfır Koruma Faaliyetlerinde Durağan Durum	92
26	Başlangıçta Azalan ve Sonra Artan Çevre Kalitesi	92
27	Dışsal Artan Getirilerin Olduğu İç Denge	94
28	Artan Getirilerle Başlangıçta Azalan ve Sonra Artan Çevre	94

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik Nr.	Grafik Adı	Sayfa Nr.
1	Küresel Sera Gazı Salımı (1970-2004, Gt).....	14
2	Sera Gazı Salımını Oluşturan Gazların Dağılımı (2004, %).....	15
3	İnsan Faaliyetleri Sonucunda Oluşan Küresel Sera Gazı Salımı (2014, %).....	16
4	Dünya Enerji Arzı (Gtep)	34
5	Dünya Enerji Arzı ve CO ₂ Salımındaki Yakıtların Payları (2015, %).....	38
6	Dünyada Fosil Yakıt Kaynaklı Enerji Tüketimi 1971-2014 (ktep)	40
7	Dünyada Yenilenebilir Enerji Tüketimi 1971-2014 (ktep).....	41
8	Dünya’da Hidro Enerji Kapasitesi En Yüksek Ülkeler (%)	44
9	Türkiye’de Elektrik Üretiminde Kullanılan Enerji Kaynakları (%)	47
10	Türkiye’de Elektrik Üretiminde Kullanılan Fosil Enerji Kaynakları (%)	47
11	Enerji Santrallerinden CO ₂ Yakalanması ve Depolanması.....	53
12	Seviyesinde ve Birinci Farkında Seriler	158
13	Lineer Modeller için CUSUM ve CUSUMSQ	197
14	Kuadratik Modeller için CUSUM ve CUSUMSQ	198
15	Kübik Modeller İçin CUSUM ve CUSUMSQ	201

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AD	: Tarımsal Çevre Bozulması
AE	: Çevre Kirliliğini Azaltma Çabaları
AEC	: Karbon Hidrat İçermeyen Alternatif Enerji Tüketimi
AGR	: Tarım
AL	: Ekilebilir Arazi
AALU	: Tarımsal Toprak Kullanımı
AMG	: Genişletilmiş Ortalama Grup
ARCH	: Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
ARDL	: Otoregresif Gecikmesi Dağıtılmış Model
ARIMA	: Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama Modelleri
ASEAN	: Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği
ATO	: Tarımsal Ticari Açıklık
BG	: Breusch Godfrey
BH	: Bayer-Hanck
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BOD	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
BP	: İngiliz Petrolleri
BPG	: Breusch-Pagan-Godfrey
BRIC	: Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin
C	: Kirliliğe Sebebiyet Veren Emisyonlar
CC	: Kömür Tüketimi
CCE	: Ortak İlişkili Etkiler
CCEMG	: Ortak Bağıntılı Etkiler Ortalama Grup
CCR	: Kanonik Eşbütünleşme Regresyonu
CCS	: Karbon Yakalama ve Depolama
CEC	: Ticari Amaçlı Enerji Tüketimi
CFCs	: Kloroflorokarbonlar
CH ₄	: Metan Gazı
C _{lmg}	: Kişi Başına Düşen CO ₂ Salımının Göstergesi Olarak Çevresel Kirlilik.
CO	: Karbon Monoksit
CO ₂	: Karbon Dioksit

COD	: Kimyasal Oksijen Talebi
COE	: Elektrik ve Isı Üretimi Nedeniyle Oluşan Karbon Salımı
COF	: Sıvı Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan Karbon Salımı
COR	: Yolsuzluk Kontrol Endeksi
ÇK	: Çevresel Kuznets
D	: Nüfus Yoğunluğu
DEF	: Ormansızlaşma
DF-GLS	: Dickey-Fuller Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Birim Kök Testi
DM	: Karanlık Madde
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DOLS	: Dinamik En Küçük Kareler
DW	: Durbin-Watson İstatistiği
E7	: Emerging 7 (Gelişmekte Olan Yedi Ülke)
EB	: Yenilenebilir Enerji İçin Bütçe Payı
EC	: Enerji Tüketimi
ECM	: Hata Düzeltme Modeli
EDI	: Çevre Kirliliği Endeksi
EF	: Ekolojik Ayak İzi
EG	: Engle-Granger
EGLS	: Panel Genelleştirilmiş En Küçük Kareler
EI	: Enerji Yoğunluğu
ELC	: Elektrik Tüketimi
ELF	: Fosil Yakıtlarla Sağlanan Elektrik Tüketimi
ELPC	: Kömürle Sağlanan Elektrik Üretimi
ELR	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle Sağlanan Elektrik Tüketimi
ELRP	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle Gerçekleştirilen Elektrik Üretimi
EM	: İstihdam Oranı
ENI	: Enerji İthalatı
EP	: Elektrik Üretimi
ER	: Taşımacılık Amacıyla Dizel Yakıt Tüketimi
ET	: Çevre Kirliliğini Azaltma Çabalarındaki İyileşmeler
EX	: İhracat
EXDIV	: İhracat Çeşitlendirme Endeksi
FD	: Finansal Gelişme
FDI	: Doğrudan Yabancı Yatırımlar
FEC	: Fosil Yakıt Kaynaklı Enerji Tüketimi
FGLS	: Esnek Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Tahmin Edicisi
FIM	: Petrol İthalatı
FMOLS	: Tam Modifiye Edilmiş En Küçük Kareler

FNS	: Finansal İstikrarsızlık
FO	: Fosil Yakıtlarla Sağlanan Elektrik Üretimi
FOC	: Birinci Dereceden Koşul
FP	: Maliye Politikası
FSI	: Finansal İstikrar Endeksi
G	: Küreselleşme
GC	: Gaz Tüketimi
G7	: Group of Seven (Gelişmiş Yedi Ülke)
GHG	: Sera Gazı
GMM	: Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi
GOV	: Hükümet Etkinliği Endeksi
GOVS	: Hükümet Harcamaları
GSMH	: Gayrisafi Milli Hasıla
GSYİH	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
Gt	: Gigaton
Gtep	: Gigaton Eşdeğer Petrol
GWh	: Gigawatt Saat
HC	: Beşeri Sermaye
HCR	: Yoksulluk Oranı
HDI	: İnsani Gelişmişlik Endeksi
HEC	: Hidroelektrik Tüketimi
HES	: Hidroelektrik Enerji Santralleri
HEXP	: Sağlık Harcamaları
HJ	: Hatemi-J
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IM	: İthalat
IND	: Sanayileşme
Inst	: Kurumsal Kalite
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
JB	: Jarque-Bera
JJ	: Johansen-Juselius
K	: Sermaye
Kt	: Kiloton
Ktep	: Kiloton Eşdeğer Petrol
L	: İşgücü
LM	: Lagrange Çarpanı
LP	: Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi
MARS	: Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Uzanımları
MB	: Marjinal Fayda

MC	: Marjinal Maliyet
MENA	: Orta Doğu ve Kuzey Afrika
MG	: Ortalama Grup
Mt	: Metrik Ton
Mtep	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
NEC	: Nükleer Enerji Tüketimi
N ₂ O	: Azot Protoksit
NO	: Azot Oksit
NO _x	: Kişi Başına Düşen Azot Oksitler
NO ₂	: Azot Dioksit
NRA	: Doğal Kaynakların Gayrisafı Yurtiçi Hasıla İçerisindeki Payı
NRES	: Yenilenemez Enerji Üretimi
NU	: Nükleer Enerji ile Sağlanan Elektrik Üretimi
N11	: Gelecek 11 Ülkeleri
O ₃	: Ozon
OC	: Petrol Tüketimi
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OLS	: En Küçük Kareler
OP	: Petrol Fiyatları
P	: Nüfus
PC	: Enerji Fiyatları
PCTCC	: Kömür Tüketiminin Toplam Enerji Tüketimindeki Payı
PCTOC	: Petrol Tüketiminin Toplam Enerji Tüketimindeki Payı
PCTREC	: Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Toplam Enerji Tüketimindeki Payı
PEC	: Birincil Enerji Tüketimi
PM	: Partiküler Madde
PM ₁₀	: Partikül Madde
PMG	: Havuzlanmış Ortalama Grup
PSTR	: Panel Yumuşak Geçişli Regresyon
PVAR	: Panel Vektör Otoregresif Model
RD	: Araştırma ve Geliştirme Harcamaları
REC	: Yenilenebilir Enerji Tüketimi
REG	: Hava Kirliliği Düzenlemeleri İçin Gerçekleştirilen Faaliyetler
RES	: Yenilenebilir Enerji Üretimi
S	: Atık Katı, Sıvı ve Gaz Salımı
S&P	: Standard & Poor's
SBC	: Schwarz-Bayesian Bilgi Kriteri
SEC	: Toplam Enerji Tüketimi
SER	: Hizmet Sektörü

SO ₂	: Sulfür Dioksit
SO ₃	: Kükürt Trioksit
SPM	: Asılı Partiküler Madde
SSE	: Durağan Çevre Durum Koşulu
STIRPAT	: Nüfus, Refah Düzeyi ve Teknolojinin Regresyon Yoluyla Stokastik Etkisi
TD	: Turizmdeki Gelişme
TEC	: Toplam Nihai Enerji Tüketimi
TECN	: Teknolojik gelişim
TFP	: Toplam Faktör Verimliliği
TO	: Ticari Açıklık
TOUR	: Ülkeye Gelen Turist Sayısı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TVA	: Taşımacılık Sektöründe Yaratılan Katma Değer
TWh	: Terewatt Saat
TY	: Toda-Yamamoto
UN	: İşsizlik Oranı
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
URB	: Kentleşme
VAR	: Vektör Otoregresif Model
VECM	: Vektör Hata Düzeltme Modeli
WWI	: Birinci Dünya Savaşı İçin Kukla Değişken
WWII	: İkinci Dünya Savaşı İçin Kukla Değişken
Y	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
YDA	: Yaşam Döngüsü Analizi
2SLS	: İki Aşamalı En Küçük Kareler

GİRİŞ

İktisadi açıdan ekonomik büyüme ve kalkınma, ülkelerin temel makroekonomik hedefleri arasında yer almaktadır. Ekonomik büyüme ve kalkınma süreci için en önemli kısıt 2000’li yıllara kadar özellikle kıt kaynakların sürdürülebilirliği olarak görülmüştür. Artan nüfusla beraber doğal kaynaklar, üretim ile tüketim sürecinde hızla tükenmekte ve bu sürecin sonunda kaynak kıtlığı yaşanarak üretimin bu nüfus artışının tüketimini karşılayamayacağı iddia edilmektedir. Enerji, üretim faktörü olarak kullanılabilen ve ülke ekonomilerine direk olarak etki eden kıt bir kaynaktır. Özellikle 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizi ile beraber üretimde girdi olarak kullanılan fosil yakıt arzında yaşanan bir şokun ülke ekonomilerini ne derece olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bu durum ise ülkeleri enerji güvenliği ve sürdürülebilirliği için petrol harici alternatif enerji kaynakları aramaya teşvik etmiştir.

Gelişen teknoloji ve farklılaşan dünya düzeni ile birlikte üretim girdilerinin, enerjinin ve dolayısıyla tüketim mallarının tedariki konusunda belli başlı sorunlar günümüze kadar yaşanmamıştır. Diğer bir deyişle kıt kaynaklar çeşitli ülkelerde doğru bir şekilde kullanıldığında ekonomik büyüme ve kalkınma süreci üzerinde herhangi bir kısıtlamaya sebebiyet vermemiştir. Ekonomik büyüme ve kalkınma için yüksek fosil yakıt kullanımı ile gerçekleştirilen üretim süreci, zamanla çevre kirliliğine sebebiyet vermiştir. Gelişen teknoloji düzeyine rağmen bu çevre kirliliği kar amacından dolayı göz ardı edilmiştir. Ancak her ülkede sürekli artmaya devam eden sera gazı, özellikle karbon salımı, küresel ısınma gibi tehlike düzeyi ciddi boyutlara ulaşan, hem insan sağlığını hem de sürdürülebilir büyümeyi tehdit eden bir yapının oluşmasına sebebiyet vermiştir. Bu nedenle sınırlı kaynaklardan ziyade sürdürülebilir büyümenin önündeki engelin, 2000’li yıllardan itibaren çevre kirliliği ve bu kirliliğe sebebiyet veren karbon salımı olduğu görüşü yaygınlaşmıştır.

Özellikle 20.yy’dan itibaren doğal kaynakların yok olmasından ziyade yanlış tüketimi sonucunda ortaya çıkan ve sürdürülebilir büyümenin önünde önemli engel teşkil eden sorunlar gündeme gelmiştir. Bu sorunlar genel itibarıyla çevre kirliliği olarak adlandırılmaktadır. Dünya genelindeki artan nüfus daha fazla üretimi de beraberinde getirmiştir. İnsanların ihtiyaçlarını karşılayabilmek için üretimi gerçekleştirilen ağır sanayi ürünleri, hava, su, toprak ve benzeri doğal kaynakların kirlenmesine sebebiyet vermiştir.

Çevre kirliliğini önlemek için dünya genelinde birçok adım atılmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği hakkında oluşan kaygılar nedeniyle 1972 Stockholm Konferansı, 1987 Brundtland Raporu, 1992 Rio Konferansı, 1997 Kyoto Protokol ve 2015 Paris İklim Değişikliği Konferansı gibi

çeşitli uluslararası etkinlikler ve antlaşmalar gerçekleştirilerek çevre kirliliğini giderici önlemlerin alınması amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen bu etkinliklerde birçok ülke özellikle sera gazı salımının azaltılması için çeşitli taahhütlerde bulunmuştur. Bu salımın azaltılarak ozon tabakasına verilen zararın önlenmesi ve böylece küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi doğal olayların giderilmesi hedeflenmiştir.

Doğa, geçmişten günümüze gelen bir mirastır. Sürdürülebilir gelişimin temel hedefi, var olan kaynakları iyi bir şekilde muhafaza ederek, gelecek nesillere daha yüksek refah düzeyi sunacak şekilde çevre sağlamaktır. Bunun için de toplumlar tarafından gerçekleştirilmesi gereken çok iş vardır. Şu ana kadar gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası konferanslar ile gelecek nesillere temiz bir çevrenin sağlanmasının zor olduğu görülmektedir. Ülkeler sera gazı salımı için verdikleri azaltım taahhütlerini yerine getirmek istememektedir. Çin, dünyada çevre kirliliğine sebebiyet veren ülkelerin başında gelmektedir. Yüksek miktarda kömür kullanımı özellikle hava kirliliğine neden olmaktadır. Çin yüksek büyüme oranlarını koruyarak dünyanın en güçlü ekonomisi haline gelmek için çevre kirliliğini göz ardı etmektedir. Dünyadaki çevre kirliliğinin önemli bir kısmından sorumlu diğer bir ülke olan Amerika Birleşik Devletleri (ABD) 2017 yılının haziran ayında Paris Antlaşması'ndan çekilmiştir. Böylece bu ülke taahhüt ettiği karbon salımı azaltımını uygulamayacağını belirtmiştir. Daha fazla büyüme mi yoksa daha iyi bir çevre mi sorusu yüksek gelir düzeyine ulaşmış bu iki ülke için bile oldukça zor bir tercih oluştururken, gelişmekte olan ülkeler için durum daha da sıkıntılıdır.

Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkeler ile diğer birçok gelişmiş ülke için sera gazı salımını azaltmak daha kolaydır. Çünkü gelişmiş ülkeler yeterli teknoloji ve finansmana sahiptir. Aynı zamanda bu ülkelerin kişi başına düşen gelir düzeyleri ve refah seviyeleri daha yüksektir. Gelişmekte olan ülkelerin problemi sera gazı salımından ziyade ekonomik gelişimi ve gelir düzeyini arttırmaktır. Gelişmekte olan ülkeler bu sebeple çevre kirliliğine karşı çok fazla önlem alamamaktadırlar. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiler, bu ülkelerin ekonomik yapılarındaki değişiklik nedeniyle farklılık arz edebilmektedir.

Ülke ekonomileri tarım, sanayi ve hizmet olmak üzere üç temel sektörden oluşmaktadır. Her ülke gelişim sürecinin ilk aşamasında tarım sektörü ağırlıklı bir üretim sürecinde yer almaktadır. Zamanla insanların gıda gereksinimleri karşılanıp ekonomik gelişim yeterli düzeye gelince ağır sanayi ürünlerinin üretimine başlanmaktadır. Sanayileşme olarak adlandırılan bu süreçte yüksek miktarda üretim için aynı zamanda yüksek miktarda enerji tüketimi de gerekmektedir. Ayrıca bu süreçte finansal yapı da gelişmekte, daha yüksek miktarda üretimin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan kredi ve parasal kaynaklar sağlanmaktadır. Sanayileşme süreci, kırsal kesimden kentsel kesime göçü de beraberinde getirmektedir. Kentleşme olarak nitelendirilen şehirleşme süreciyle beraber kitlesel üretim başlamakta, evlerde ve fabrikalarda daha fazla enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Petrol ve kömür gibi fosil yakıtlar ile gerçekleştirilen üretim sürecinde karbon salımı da artış

göstermektedir. Sanayileşme sürecini tamamlayan ülkeler daha hafif sanayi ürünleri üretmeye başlamakta ve bu ülkelerde ekonomi hizmet sektörüne kaymaktadır. Böylece gelişmiş ülkelerde karbon salımının azalması beklenmektedir.

Ekonominin yapısındaki dönüşüm sürecinde çevre kirliliği ve sera gazı salımına en fazla sebebiyet veren gaz olan karbon salımı ilk başta artmakta, sonra gelişen çevreci teknolojiler, refah seviyesindeki artış, daha iyi imkanlar ve hizmet sektörü ağırlıklı bir ekonomiyle beraber bu salımın azaltılması sağlanmaktadır. Ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasında ters-U şeklindeki bu ilişki ilk olarak Grossman ve Krueger (1991) tarafından ampirik olarak çeşitli çevre kirliliği değişkenleri için kanıtlanmıştır. Daha sonra iki değişken arasındaki bu ilişki ilk kez çevresel Kuznets eğrisi olarak Panayotou (1993) tarafından nitelendirilmiştir. Zamanla iki değişken arasındaki ilişkiyi sınavan birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Ancak özellikle 2000’li yıllardan itibaren bu hipotez çok değişkenli analizler gerçekleştirilerek sınavmaya başlanmıştır.

Türkiye için çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin ampirik olarak testinin gerçekleştirildiği bu çalışmada karbon salımını etkileyen tek etmenin ekonomik büyüme olmadığı düşünüldüğünden, çok değişkenli bir analiz tercih edilmiştir. Karbon salımını ekonomik büyümeden sonra etkileyen en büyük etken özellikle fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi olarak görüldüğünden, çalışmada enerji tüketimi çeşitlendirilerek farklı modeller test edilmiştir.

Beş bölüm olarak gerçekleştirilen bu çalışmada birinci bölümde, ilk olarak çevre kirliliği ve sürdürülebilir gelişim ilişkisinden bahsedilmiş, sonra küresel ısınma ve iklim değişikliği ile çevre kirliliğinde insan faktörünün rolü ele alınmıştır. Bu konuları takiben çevre kirliliğine etki eden faktörler açıklanmış, gelişmiş ve gelişmekte olan ülke gruplarında bu faktörler karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Son olarak bu bölümde çevre kirliliğine karşı alınabilecek önlemlerden bahsedilmiş ve Türkiye’de çevre kirliliği ile ilgili atılan adımlar ifade edilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise çevresel Kuznets eğrisi hipotezi detaylı bir şekilde açıklanmış ve bu eğrinin çeşitli versiyonları gösterilmiştir. Ayrıca bu hipotez ile ilgili birtakım araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen matematiksel modellemeler ve ispatlar ikinci bölümde yer almıştır.

Literatür kısmından oluşan üçüncü bölümde çevresel Kuznets eğrisi hipotezi ile ilgili gerçekleştirilen ampirik çalışmalar detaylı bir şekilde sunulmuştur. Bu bölümde panel veri ve zaman serisi-yatay kesit veri analizi ile gerçekleştirilen çalışmalar analitik olarak ayrıştırılmıştır. Ülke özelinde ise Türkiye’yi analiz eden ve etmeyen çalışmalar şeklinde bir ayrıma gidilmiştir. Diğer bir deyişle literatür kısmı dört alt başlık altında incelenmiştir: 1-) Türkiye’nin analiz edildiği zaman serisi ve yatay kesit veri analizi ile gerçekleştirilen çalışmalar. 2-) Türkiye’nin de dahil olduğu ülke grupları için panel veri analizi ile gerçekleştirilen çalışmalar. 3) Türkiye hariç diğer ülkeler için zaman serisi ve yatay kesit veri analizi ile gerçekleştirilen çalışmalar. 4) Türkiye hariç diğer ülke

grupları için panel veri analizi ile gerçekleştirilen çalışmalar. Böyle bir ayrıma gidilerek Türkiye özelinde literatürdeki çalışmaların hangi değişkenlerin ele alınarak gerçekleştirildikleri, çevresel Kuznets eğrisi hipotezi ile ilgili bulguların ne ölçüde tutarlı olduğu ve literatüre ne gibi katkı sağlanabileceğinin daha rahat bir şekilde ortaya konulabilmesi amaçlanmıştır.

Ampirik yöntem ve sonuçların yer aldığı çalışmanın dördüncü bölümde Türkiye için çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin geçerliliği 1971-2013 ve 1971-2014 dönemlerinde iki farklı veri seti ile test edilmiştir. Toplamda 27 ayrı model kullanılarak gerçekleştirilen çalışmadaki model ayrımı enerji tüketimi çeşitlerine göre yapılmıştır. Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler bu hipotez çerçevesinde test edilirken, enerji tüketimi çeşitlerinin yanı sıra, kentleşme, finansal gelişme ve sanayileşme gibi iktisadi değişkenler de analize dahil edilerek, bu değişkenlerin çevre kirliliği üzerindeki olası etkileri de bütün modellerde incelenmiştir. Enerji tüketimleri olarak toplam enerji tüketimi, birincil enerji tüketimi, fosil yakıt tüketimi, petrol tüketimi, kömür tüketimi, elektrik tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, alternatif enerji tüketimi ve hidro enerji tüketimine yer verilmiştir. Bu 9 farklı enerji tüketimi değişkeni ile çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler lineer, kuadratik ve kübik olarak oluşturulan 3 farklı modelle zaman serisi analizleri gerçekleştirilerek hem kısa hem de uzun dönem için test edilmiştir.

Son olarak sonuç ve öneriler bölümünde ampirik analizden elde edilen bulgular eşliğinde Türkiye’de karbon salımını etkileyen faktörler ve bu faktörlerin azaltımı için alınabilecek çeşitli önlemler tartışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE ÇEŞİTLİ MAKROEKONOMİK DEĞİŞKENLERİN İLİŞKİSİ

1.1. Çevre Kirliliği ve Sürdürülebilir Gelişim

İktisat temelde ekonomik büyüme için üretime önem vermektedir. Ekonomi biliminin gelişmesinde öncü rol üstlenen klasik iktisat okulunun savunucuları, doğanın ve doğadan elde edilecek olan hammaddelerin, sonucu ne olursa olsun üretim için işletilmesi gerektiğini savunmaktadırlar (Keleş vd., 2015: 63). Klasik iktisat okuluna göre doğal düzenin bozulması ve çevrenin kirletilmesi ekonomik büyüme ve üretim artışından daha önemli değildir. Ancak böyle bir yaklaşım ile ekonomik gelişim sürdürülebilir değildir. Sürdürülebilir ve adil bir gelişim insan ırkının karşılaştığı en büyük zorluklar arasında yer almaktadır (World Bank, 1992: 1). Sürdürülebilir gelişim temel itibarıyla bugünün tüketiminin ve üretiminin, gelecek neslin refah düzeyine zarar vermeden sağlanması anlamını taşımaktadır. Sürdürülebilir gelişim, hızlı nüfus artışına karşın gelişen teknoloji ve farkındalık sayesinde doğal kaynak kullanımı devam ederken insanların maddi yaşam ölçülerinin de yükseleceği varsayımına dayanmaktadır (Keleş, 2015: 76).

Ekonomik gelişim, insanların refahını arttırmak için yaşam standartlarının yükseltilmesi, eğitim, sağlık ve fırsat eşitliği gibi olguların sağlanması olarak tanımlanmaktadır (World Bank, 1992: 34). Ekonomik gelişimin sürdürülebilir olmamasının iki ana sebebi vardır (Beckerman, 1992: 483):

1. Mineraller veya yiyecek gibi geleneksel kaynaklarının tükenmesidir.
2. Sürdürülebilir büyümenin önündeki diğer bir engel ise özellikle sera gazı (GHG) emisyonlarındaki artışla bağlantılı olarak iklim değişikliği tehditiyle birlikte, çevre kirliliğinin küresel ölçekte oluşturduğu zararlarıdır. Enerji tüketimi azaltılmadıkça ekonomik büyüme GHG etkisiyle insan ırkının geleceğini tehdit edecektir.

Sürdürülebilirlik, en basit tanımıyla çevre sorunlarının üstesinden gelmek için kısa vadeli düzeltmeler değil, kalıcı çözümler aramak olarak nitelendirilebilir (Giddens, 2009: 67). Sürdürülebilir kalkınma kavramı ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç odak noktası çerçevesinde gelişmiştir (Munasinghe, 1993: 2). Ekonomik odak noktası varlıkların veya sermayenin sürdürülebilmesi için minimum gelirin sağlanması gerektiğini ifade etmektedir. Kıt kaynakların optimal kullanımı ve ekonomik etkinlik önemlidir. Fayda-maliyet analizi gerçekleştirilerek

sürdürülebilir kalkınma için makroekonomik çevreci politikalar uygulanmaktadır. Uygulanan bu politikaların önündeki en büyük engellerden biri çevre kirliliğinin bazı göstergelerinin parasal değerler ile ifade edilememesi ve ölçümlerinin oldukça zor olmasıdır.

Çevre düzeninin mühim bir belirleyicisi olan ekonomik büyümenin yapısı önem arz etmektedir. Önceleri tarıma dayalı, kişi başına düşen milli gelir düzeyi düşük olan ülke ekonomilerinde zamanla hafif sanayi ürünleri üretilmeye başlanmıştır. Orta gelir düzeyine erişen veya yeni sanayileşen bu ülkeler zamanla ağır sanayi ürünleri üretim aşamasına geçmiştir. Ağır sanayi üretim aşamasında kentsel-sanayi merkezlerinde doğal kaynak kullanımının artması özellikle gayrisafi milli hasılası (GSMH) %5'in üzerinde artış gösteren ülkelerde çevre kirliliğinin yaşanmasına sebebiyet vermiştir (Munasinghe, 1999: 93). Son aşamada ise teknoloji düzeyi artan ve sanayi sektöründen hizmet sektörüne doğru bir dönüşüm gerçekleştiren ülkelerin hammadde kullanımındaki yoğunluk ve çevre kirliliğine sebebiyet veren salımlar azalmaktadır. Ülkelerin kişi başına düşen gelir düzeyleri belirli bir üst seviyeye ulaştıkça, çevre bilinci gelişmekte, daha iyi bir finans sistemi oluşmakta ve çevre kirliliğini azaltmak için gerçekleştirilmesi gereken maliyetleri ödeme gücü de artmaktadır.

Çevre kirliliği çeşitli şekilde gerçekleşebilmektedir. Hava kirliliği, su kirliliği ve toprak kirliliği gibi temel çevre kirlilikleri söz konusudur. Her biri önemli olmakla birlikte hava kirliliği küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi büyük sorunlara sebebiyet verebilmektedir. İklim değişikliği, hava kirliliği ve doğal kaynak kullanımı sürdürülebilir gelişimin gerçekleşebilmesi için düzenlenmesi gereken üç temel unsurdur.

Atmosferik kirlilik, gaz halinde (sülfür, azot ve karbon, hidrokarbon ve ozon oksitleri) ve havaya yayılan parçacık (duman, toz ve kum) atıklarından kaynaklanır (Pacione, 2009: 550). Atmosferde kirlilik yaratan temel gazlar: karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), metan gazı (CH₄), azot oksit (NO), azot dioksit (NO₂) azot protoksit (N₂O), sülfür dioksit (SO₂), kloroflorokarbonlar (CFCs) ve ozon (O₃)'dur (Demirbaş, 2003: 209, Kaygusuz, 2009: 260). Bu gazlar arasında CO₂, GHG salımına sebebiyet veren en büyük etmendir. İnsan faaliyetlerinden dolayı ortaya çıkan en büyük GHG salımı CO₂'dir (IPCC, 2005: 53). Sera gazları yeryüzünden gelen uzun dalga radyasyonunu engellediğinden ötürü dünyanın ısınmasına sebebiyet vermektedir (Keleş, 2015: 80). Sülfür dioksit, partiküler ve benzeri bazı kirlilik türleri çok hızlı bir şekilde yok olabildiğinden yüksek kirlilik seviyeleri, alınan bir kararla hızla azaltılabilir. Ancak ormansızlaşma ve ozon tabakasının incilmesi gibi çevre kirliliğine sebebiyet veren süreçler kümülatiftir ve bu bozulmaların telafi edilmesi uzun zaman almaktadır (Stokey, 1998: 3).

Çevreye verilen zararlar şu an ve gelecekteki insan refahını üç şekilde etkileyebilmektedir (World Bank, 1992: 4):

1. İnsan sağlığı çevresel bozulmadan ötürü zarar görebilir.
2. Ekonomik verimlilik düşebilir.
3. El değmemiş bir çevreden elde edilen zevk ya da memnuniyet kaybolabilir.

Hem ekonomiyi hem de insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen çevresel zararların önlenmesi gerekmektedir. Çevrenin korunması gelişim sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Yeterli çevresel koruma olmadığı zaman gelişim de sekteye uğramakta ve bu durumda ise yetersiz kalan yatırım ve doğal kaynaklar yeterli çevresel koruma faaliyetlerinin gerçekleştirilememesine sebebiyet vermektedir (World Bank, 1992: 2). Çevre sorunları kümülatif sorunlardır. Bu sorunlarla ilgili çözüm ne kadar sonraya bırakılırsa tedavinin maliyeti o kadar artacaktır (Keleş vd., 2015: 172). Çevresel sorunlara çözüm bulunmaması, uzun vadeli gelişim için gerekli olan kapasiteyi azaltacaktır (World Bank, 1992: 36). Sorunların birikerek devam etmemesi, gerekli önlemlerin acilen alınması gerekmektedir. Bu önlemler sadece ülke düzeyinde değil, dünya genelinde alınmalıdır. Şu anda alınacak olan önlemlerin ekonomik maliyeti, hiç önlem almayıp gelecekte karşılaşılabilecek olan çevresel ve ekonomik zararlardan daha düşüktür.

Doğa; zararlı hava, su ve katı kirletici maddeleri dağıtmakta, milyonlarca ton çöp ve birçok zehirli kimyasal için bir depo işlemleri görmektedir. Ancak çevrenin bu atıkları dağıtma ya da emme kapasitesi aşıldığında, çevresel kalite düşmektedir. Bu durumda, çevresel kaliteyi arttırmak için uygulanacak politikalar ise ekonomik büyümeyi sınırlandırılabilir (Brock ve Taylor, 2005: 1751). Çevre düzenlemeleri, sağlanacak olan fayda ile maliyet dengesine göre belirlenebilmektedir. Marjinal maliyet çevre kalitesinin ve marjinal fayda ise hem çevre kalitesi hem de gelirin bir fonksiyonu olarak yer almaktadır (Shafik ve Bandyopadhyay, 1992: 4).

$MC=f(E)$, $dMC/dE > 0$ olduğu durumda

$MB=f(E, Y)$, $dMB/dE < 0$ ve $dMB/dY > 0$ veya < 0 olduğu durumda

Hem makro hem de mikro, tüm ekonomik politikaları çevresel bozulmada ve doğal kaynakların dağılımında önemli bir rol oynamaktadır (Munasinghe, 1993: 7). Çevre düzenlemeleri ile ilgili uygulanacak olan politikalar için alınacak olan kararlar yerel olmalıdır. Genelde ulusal kararlar alınıp sonra yerel kararlar uygulanmaktadır. Ulusal kararlar yerel yapılara uygun olmadığından dolayı, yerel çevre politikaları başarısız olmaktadır (Dinda, 2004: 447). Ekonomik refah ve büyümenin sağlanması hükümetler için en önemli amaç olmasına rağmen, hızlı büyüme hava kirliliğine sebebiyet veren gazların salımını ve doğal kaynakların tüketimini de beraberinde getirmektedir (Munasinghe, 1999: 90).

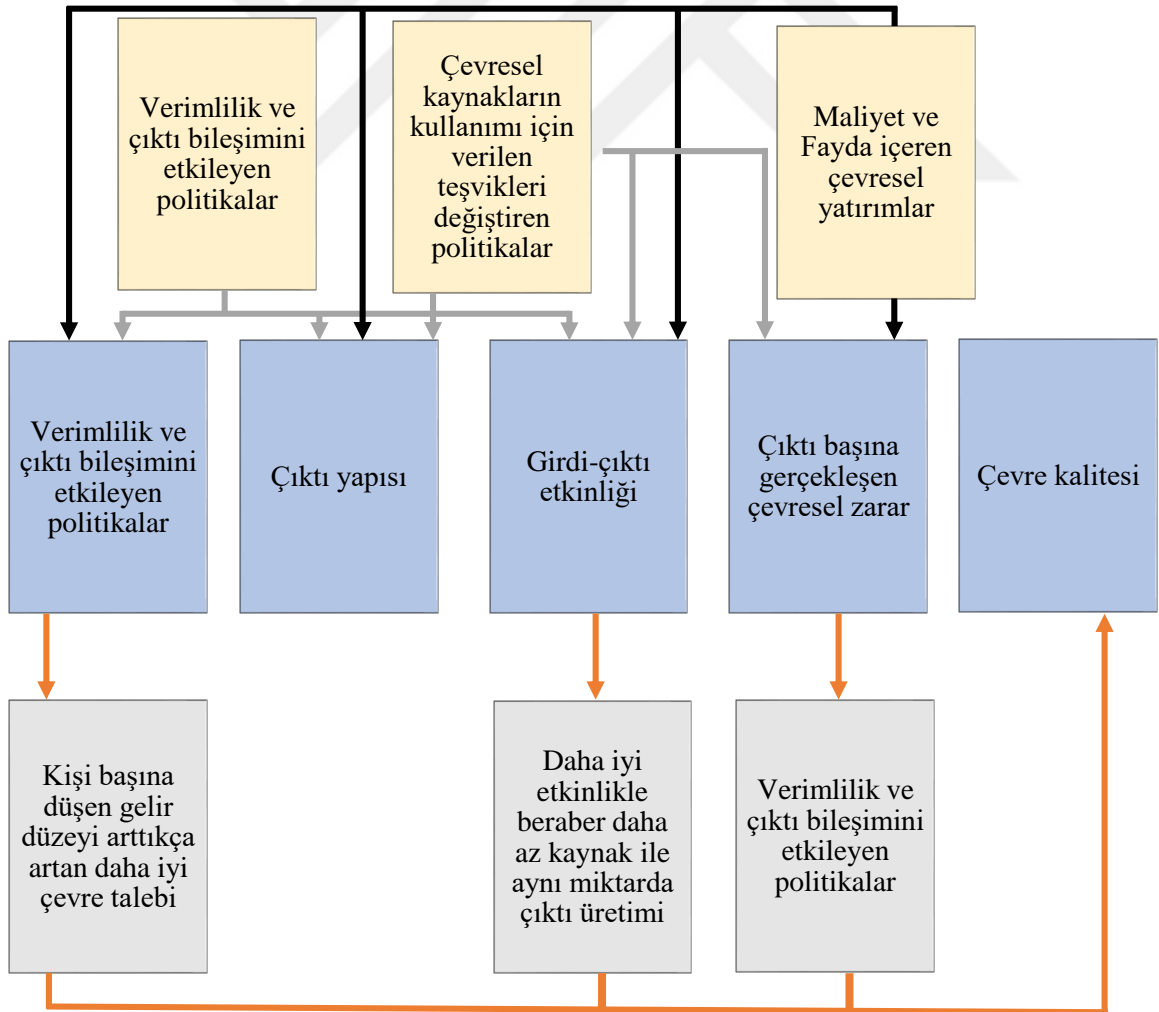
Şekil 1 ekonomi ölçeğinin, çevresel niteliği belirleyecek faktörlerden sadece biri olduğunu göstermektedir. Şekilde ilk üç kutu politikaları, ortadaki dört kutu bağlantıları ve son üç kutu ise

uygulanan politikalar ile sağlanan çevresel faydaları ifade etmektedir. Ekonomik aktivite ve çevre ilişkisi için önemli rol üstlenen dört faktör aşağıdaki gibi ifade edilebilir (World Bank, 1992: 38):

1. Yapı: Ekonomide üretilen mal ve hizmetler
2. Etkinlik: Bir birim çıktı üretmek için kullanılan girdi miktarı.
3. İkame: Kıt üretim kaynaklarından vazgeçebilme yeteneği.
4. Temiz teknolojiler ve yönetim uygulamaları: Bir birimlik çıktı veya girdi başına düşen çevresel bozulmayı azaltma kabiliyeti.

Bu dört faaliyet çevre kirliliğinin azaltılmasında önem arz etmektedir. Şekilde görüldüğü üzere ekonomi politikaları, çevre politikaları ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi için gerçekleştirilen yatırımlar bir bütün olarak çevre kirliliğini etkilemektedir. Ekonomi politikaları üretim ölçeğini, kompozisyonunu ve üretim etkinliğini değiştirebilir. Ekonomik politikalar ile sağlanan etkinlikteki artış, girdi olarak kullanılan doğal kaynak talebinde düşüş sağlamaktadır.

Şekil 1: Ekonomik Aktivite ve Çevre



Kaynak: World Bank, 1992: 39

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde gelir artışının sağlanması, yoksulluğun azaltılması ve çevresel gelişimin desteklenmesi için gerçekleştirilebilecek birçok kazan-kazan stratejisi olarak nitelendirilen politika mevcuttur (World Bank, 1992: 2-3). Bu politikalar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Fosil yakıtların, sulama suyunun ve pestisitlerin aşırı kullanımını teşvik eden sübvansiyonlar kaldırılabilir.
- Arazi, orman ve balıkçılığın yönetim hakları açıklanabilir.
- Temiz su sağlanması, özellikle kızlar için eğitimin yaygınlaştırılması, aile planlaması hizmetlerinin gerçekleştirilmesi ve tarımsal kredi ile araştırmaların hızlandırılması gibi faaliyetler gerçekleştirilebilir.
- Çiftçileri, yerel toplulukları, yerli halkı ve kadınları güçlendirmek, eğitmek için çeşitli faaliyetlerde bulunulabilir. Böylece bahsi geçen toplum kendi uzun vadeli çıkarları için kararlar alabilecek ve yatırımlar yapabilecektir.

Ormansızlaşma, doğal düzenin bozulması, birçok hava ve su kirliliği göstergeleri ilk başta kötüleşmekte, fakat gelir düzeyi arttıkça bu problemler giderilmektedir. Bu iyileşme otomatik olarak gerçekleşmemekte, ülkeler çevre sorunlarıyla ilgili ek kaynakların ayrıldığından emin olmak için politikaları kasıtlı olarak uyguladıklarında bu çevresel gelişme ortaya çıkmaktadır (World Bank, 1992: 10).

1.1.1. Çevre Kirliliğinde İnsan Faktörü

Su ve hava gibi doğal kaynaklar, yenilenebilir olmalarına rağmen, gerçekleşen emisyonları ve atıkları depolamak ve sindirmek için kısıtlı bir kapasiteye sahiptir. (World Bank, 1992: 36). Bu kapasite aşıldığında ise çevre kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. İnsan faaliyetleri ile oluşan çevre sorunları doğanın kendini yenileyebilme yeteneğinden dolayı geçmişte çok fazla fark edilememiş ve önemsenmemiştir. Hatta zamanla çevre sorunlarının kendiliğinden çözüleceği düşünülmüştür (Keleş vd., 2015: 21). Ancak günümüzde insanların çevre kirliliğine sebebiyet veren faaliyetlerinin düzeyi hızla artmıştır. Bu durum da doğanın kendini yenileyebilme özelliğini baskılamış ve çevre kirliliği daha önce insanlık tarihinde hiç görülmeyen boyutlara yükselmiştir. Hava kirliliği; enerji kullanımı, taşıtlardan kaynaklanan emisyon ve endüstriyel üretim olmak üzere üç temel insan faaliyeti nedeniyle ortaya çıkmakta ve bu kirlilik, gerekli önlemler alınmadıkça, ekonomik büyümeyle birlikte artmaya devam etmektedir (World Bank, 1992: 44).

İnsanların doğa ile ilişkileri ilkel çağdan başlayıp, sanayi devrimi ve günümüz teknoloji çağına kadar devam etmektedir. Sürdürülebilir kalkınma için doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılması önem arz etmektedir. 1950'li ve 60'lı yıllarda dünya genelinde temel amaç olarak

ekonomik büyüme ve çıktıda artış sağlama yer almıştır (Munasinghe,1993: 1). 1980’li yıllardan itibaren ise sürdürülebilir çevre düzeni dünya genelinde önemli bir sosyoekonomik konu olmaya başlamıştır. Çevre kirliliği özellikle yeni sanayileşen ülkelerde hem insan sağlığı hem de ekonomik gelişim için önemli bir tehdit unsuru haline gelmiştir. Bu tehlikeyi ortadan kaldırmak için çeşitli toplantılar gerçekleştirilmiş, organizasyonlar kurulmuş ve dünya genelinde ülkeler toplu ve bireysel önlemler almaya başlamıştır.

Çevre kirliliği ile ilgili ilk uluslararası toplantı Stockholm’de gerçekleştirilmiştir. 1972 yılında gerçekleştirilen ve Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı adını alan bu toplantıda gelişmekte olan ülkeler, çevreci politikalardan ziyade ekonomik gelişimin çok daha önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. Çevrenin korunması açısından ekonomik büyümeyi yavaşlatmak, daha zengin ülkelere bir gerekçe olarak görünebilir; ancak bu konu gelişmekte olan ülkelerin gündeminde kesinlikle bu kadar önemli değildir (Beckerman, 1992: 481). Gelir düzeyinin düşük olduğu durumda bireyler için iş ve gelir kazanımı, sağlıktan ve çevre kirliliğinin diğer maliyetlerinden çok daha önemlidir (Birdsall ve Wheeler, 1993: 138). Gelir düzeyinin göreceli olarak düşük olduğu gelişmekte olan ülkeler, ekonomik gelişimlerini devam ettirmek istemektedirler. Ancak bu durum da CO₂ salımının artmasına, ozon tabakasının incelmeye ve dünya genelinde sıcaklığın yükselmesine sebebiyet verebilmektedir.

Yaklaşık on bin yıldır 14 santigrat derece olarak stabil kalan yeryüzünün ortalama sıcaklığı, son 20-25 yıldır değişmeye başlamış, özellikle sanayi devriminden bu yana 0,63 santigrat derece artış göstermiştir (Keleş, 2015: 79). CO₂ ve diğer GHG emisyonlarının birikimi, dünyadaki ortalama sıcaklıkları arttırmaktadır (World Bank, 1992: 7). Paris Antlaşması ile 2 santigrat dereceden daha az bir sıcaklık artışı gerçekleştirilerek sanayi öncesi dönemden 1,5 santigrat derece yüksek bir sıcaklık düzeyinin elde edilmesi, dünyada düşük karbonlu gelişimin sağlanması ve iklim değişikliğine karşı direncin artırılması amaçlanmıştır (World Energy Council, 2016: 10).

Atmosferde doğal olarak bulunan sera gazları dünya ve bulutlardan yansıyan enerjinin soğuyarak ısının uzaya geri kaçmasını önlemekte ve dünyanın soğumasını engellemektedir (Kömür Atlası, 2017: 16). Bu nedenle sera gazları sürdürülebilir bir dünya düzeni için önem arz etmektedir. Ancak insanların sebebiyet verdiği enerji tüketimi, finansal gelişme, sanayileşme ve kentleşme gibi olgularla gerçekleşen yüksek miktarda GHG salımı, dünyanın fazla ısınmasına neden olabilmektedir. Bu durumda ise doğal düzen zarar görmekte, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır.

1.2. Küresel Isınma ve Alınabilecek Önlemler

Küresel ısınmanın etkileri atmosferde biriken GHG salımı ile beraber artmaktadır. Düşük karbonlu ekonomiye geçişte hükümetler tarafından geç kalınması durumunda ileride bu dönüşümü

gerçekleştirebilmek için daha yüksek maliyetlere katlanılacaktır (Advisory Scientific Committee, 2016: 4). Bu nedenle küresel ısınmanın etkilerinin en kısa sürede azaltılması gerekmektedir. Küresel ısınmanın etkilerini azaltmak için üçlü bir strateji uygulamaya konulabilir (World Bank, 1992: 21):

- Başlangıçta enerjiye verilen sübvansiyonlar azaltılıp, sonrasında enerji üzerine vergiler eklenebilir.
- Özellikle gelişmekte olan ülkeler küresel ısınmadan etkilenebileceklerinden dolayı problemin büyüklüğüne ve olası çözümlere yönelik araştırmalar gerçekleştirilmelidir. Enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine gerçekleştirilecek olan araştırmalara öncelik verilmelidir.
- Gelişmekte olan ülkelerde kalıcı çözümler bulmak için uygulanabilecek olan pilot programların ve yenilikçi yaklaşımların, sanayileşmiş ülkeler tarafından finanse edilmesi gerekmektedir.

Bu üçlü stratejinin temelinde enerji politikaları yatmaktadır. Enerji tüketimindeki yenilikler küresel ısınma ve iklim değişikliğini direkt etkileyebilmektedir. Dünyanın iklimi güneş radyasyonu ile şekillenmektedir. Uzun vadede güneşten emilen enerji, dünyadan ve atmosferden gelen radyasyonla dengelenmelidir. Bu giden enerjinin bir kısmı, radyatif atmosfer gazları (sera gazları) tarafından emilmekte ve yeniden yayılmaktadır. Böylece enerjinin alana net olarak yayılması azalmaktadır. Küresel enerji dengesini korumak için hem atmosfer hem de yüzey, dışarıdaki enerji gelen enerjiye eşit olana kadar ısınmaktadır. Bu durum sera gazı etkisi olarak nitelendirilmektedir (World Bank, 1992: 61). Sera gazı etkisi küresel ısınmaya neden olmaktadır.

1.3. İklim Değişikliği ve Sonuçları

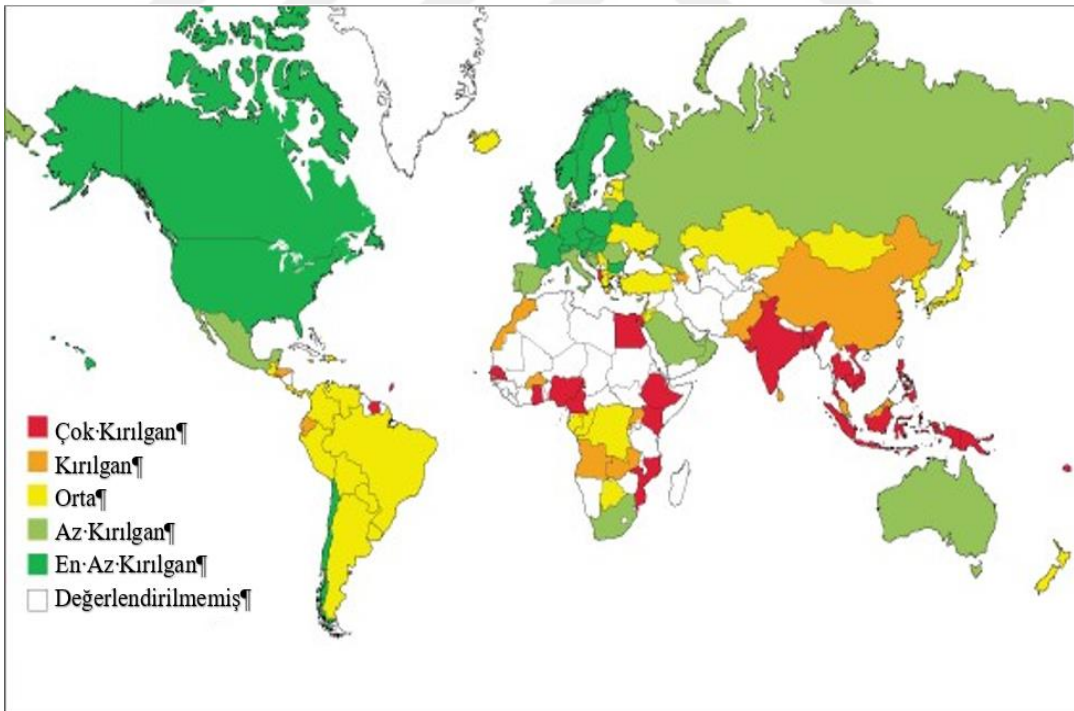
GHG salımı, arazi kullanımı ve güneş radyasyonu iklim sisteminin enerji dengesini değiştirerek iklim değişikliğine neden olan itici güçlerdir (IPCC, 2007: 37). Bu üç etken atmosferdeki ve dünya yüzeyindeki radyasyonun emilimini ve yayılmasını etkilemektedir. İklim değişikliği, günümüzde özellikle insan eylemleri sonucunda GHG salımının artması nedeniyle yeryüzündeki sıcaklığın ortalama değerinden sapması olarak nitelendirilebilir. GHG aslen yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarını tekrar yeryüzüne göndererek dünyada canlıların yaşayabileceği bir sıcaklığın tesis edilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak gereğinden fazla artış gösteren GHG salımı yüksek sıcaklıkları beraberinde getirerek canlılar için tehlike oluşturmaktadır. Yüksek GHG salımının en önemli nedeni sürekli artan fosil yakıt kullanımınıdır. Fosil yakıtların yanı sıra arazi kullanımı, gübre kullanımı, naylon üretimi ve benzeri süreçlerdeki değişiklikler de GHG salımını arttırmakta ve iklim değişikliğine sebebiyet vermektedir. İklim değişikliği, mevsimlerin zamanlaması ve uzunluğunun yanı sıra yağış miktarı ve sıklığında da önemli değişikliklere neden olmaktadır. Ayrıca bu durum

deniz seviyelerinin yükselmesine, kuraklık, sel ve benzeri birçok ekosistem değişikliğine sebebiyet vermektedir.

Geçmişte iklim değişikliği daha çok doğal süreçler nedeni ile gerçekleşmekte iken, günümüzde küresel ısınma gibi olgularda insan faktörü önemli rol oynamaktadır. İnsanların çevreye müdahalelerinden dolayı gelecek yüzyılda CO₂ miktarının ikiye katlanarak hava sıcaklığının 1,5 ile 4,5 derece daha yükselmesi beklenmektedir (Keleş, 2015: 81). Sanayi devrimi itibariyle insanların faaliyetlerinden dolayı karbon, metan ve diğer GHG salımlarında ciddi miktarda artış gerçekleşmiştir (Kömür Atlası, 2017: 16). Dünya tarihi boyunca iklim değişiklikleri var olmuştur. Ancak 20.yy'dan günümüze kadar meydana gelen süreçte oluşan iklim değişikliğinin çeşitli raporlar ve belgelerle insanlar tarafından gerçekleştirilen faaliyetler sonucunda oluştuğu kanıtlanmıştır (Gümrükçü ve Ersoy, 2018: 27).

Kraemer ve Negrila (2014) ülkeler için küresel yaşlanma ve iklim değişikliği olmak üzere iki önemli unsurun ekonomik risk taşıdığını belirtmişlerdir. Bu risk unsurlarından ilki nispen daha açık ve anlaşılır olsa da ikincisinin olası sonuçları tahmin edilemeyecek kadar zor ve tehlikelidir.

Şekil 2: İklim Değişikliğine Karşı Ülkelerin Kırılganlık Düzeyleri



Kaynak: Kraemer ve Negrila, 2014: 5

İklim değişikliği, ülkelerin durumlarını ekonomik olarak sınıflandıran kredi derecelendirme kuruluşlarının notlarını da etkileyebilmektedir. Standard & Poor's (S&P) kredi notlarını belirlerken iklim değişikliğinin ülkeler üzerindeki etkilerine de bakmaktadır. Yağışlardaki değişimler ve

kuraklık elde edilen tarımsal çıktıyı olumsuz yönde etkileyebilir, ayrıca hava olaylarının sağlık koşullarını olumsuz yönde etkilemesi ve hastalıkları yayması durumunda ekonominin geneli zarar görebilir (Kramaer ve Negrila: 2014: 4). S&P'nin belirlediği kredi notlarının düşük olduğu ülkeler iklim değişikine karşı daha kırılgandır. Şekil 2'de ülkelerin iklim değişikliğine karşı kırılganlıkları gösterilmektedir.

İklim değişikliğine karşı kırılganlık; tarım sektörünün GSYİH içerişindeki payı, rakımı beş metrenin altında olan kıyı kesiminde yaşayan nüfusun oranı ve Notre Dame Üniversitesi tarafından hazırlanan iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı ülkenin ne derece duyarlı olduğunu ve bununla başa çıkamadığını ölçen Küresel Adaptasyon İndeksi olmak üzere bu üç göstergeyle ölçülmüştür (Kramaer ve Negrila: 2014: 6). Şekilde görüldüğü üzere iklim değişikliğine karşı en zayıf gelişmekte olan ülkeler Asya ve Afrika kıtalarında. Aksine, Avrupa ülkeleri ve Kuzey Amerika kıtası iklim değişikliğine karşı en dirençli ülkelerdir. Türkiye ise iklim değişikliğine karşı ne çok kırılgan ne de tam olarak dirençlidir.

Az gelişmiş ülkeler iklim değişikliğinin etkilerini karşılayacak finansal altyapıya sahip değildir. Bu yüzden iklim değişikliği bu ülkeler için çok ağır sonuçlar doğurabilir. Özellikle tarımsal ürün ihracatında bulunan ülkeler için iklim değişikliğinin olumsuz etkileri daha fazladır. Genelde az gelişmiş veya gelişmekte olan ülke statüsünde bulunan bu toplumların ürettikleri tarımsal ürünler olumsuz hava koşulları nedeniyle tahrip olmakta ve kötü finansal yapı nedeniyle bu durum telafi edilememektedir. Hatta bazı gıda ürünleri hiç üretilmeyecek hale geldiğinde dış ülkelere ithalata ihtiyaç duyulmakta ve bu durum az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için bütçeye ek yük getirmektedir.

İklim değişikliği ile mücadelede tek bir toplumun çaba göstermesi yeterli ve etkili değildir. Bu sebeple birçok uluslararası toplantı düzenlenerek dünya genelinde iklim değişikliği ve özellikle GHG salımı konusunda önlemlerin alınması amaçlanmıştır. İklim değişikliği hakkında artan bildirimlere ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamında yeni bir anlaşmaya ilişkin görüş birliğine rağmen, küresel emisyonlar büyümeye devam etmektedir (Advisory Scientific Committee, 2016: 4-5).

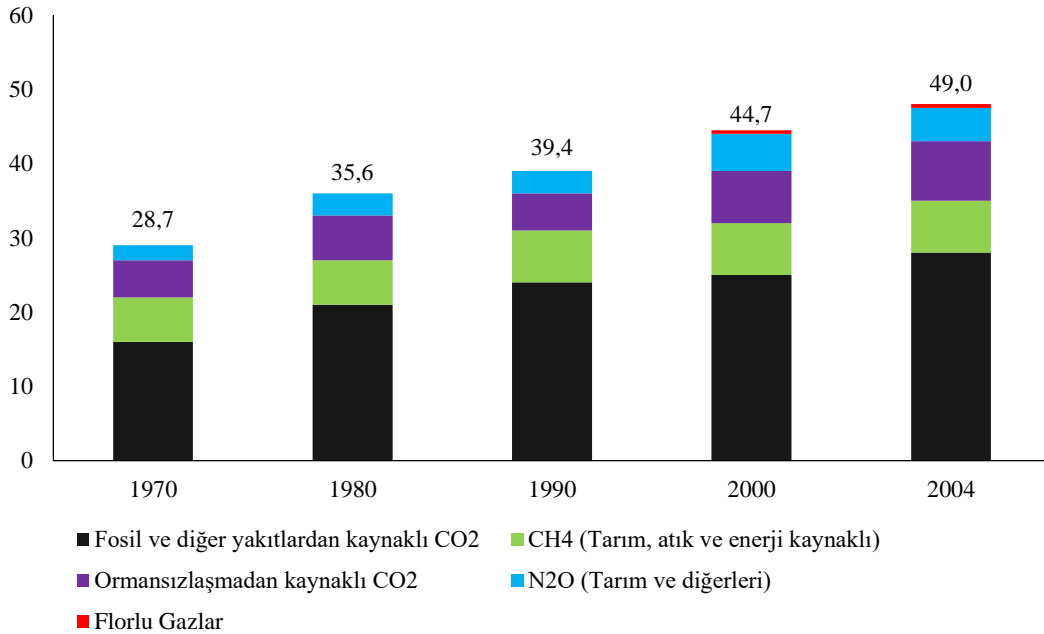
1.4. Sera Gazı ve CO₂ Salımı

Günümüzde petrol ve magnezyum gibi temel kaynakların tükenmesi hakkındaki endişeler, yerini hava kalitesi, küresel ısınma ve sanayi üretiminden kaynaklanan emisyon gibi çevresel konulara bırakmıştır (Brock ve Taylor, 2005: 1752). Dünya düzenini tehdit eden en önemli emisyon kaynağı GHG salımları olarak görülmektedir. GHG salımlarının önemli bir kısmı, bireyler, hanhalkları ve kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen mal ve hizmet tüketimi ve bu tüketimi destekleyen üretim, taşıma ve atıkların bertaraf edilmesi faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır.

Dolayısıyla, emisyon oranı tüketim ölçğine, kompozisyonuna, mal ve hizmet üretip nakletmek için kullanılan tekniklere bağlıdır (Rosa ve Dietz, 2012: 582). Bir ülkede seragazı ve diğer emisyonların kontrolünün sağlanması için enerji üretim, dağıtım ve tüketiminde etkinliğin sağlanması gerekmektedir (Kaygusuz, 2009: 254).

GHG salımının büyük bir kısmı otomotiv ve sanayi sektöründe kullanılan petrol, kömür ve doğalgaz gibi ekonomik büyüme ile direkt ilişkili enerjilerden kaynaklanmaktadır (Hossain, 2012: 92). Bu salımın %60'dan fazlasını CO₂ salımı oluşturmaktadır (Ozturk ve Acaravci, 2010: 3220). Fosil enerjinin yakılmasında muazzam bir miktarda bulunan CO₂ salımları bugün küresel ısınmanın ardındaki temel itici güçlerden biri olarak sınıflandırılmaktadır (Friedl ve Getzner, 2003: 134). Havadaki CO₂ salımının her geçen gün artması ve ormansızlaşma, küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebebiyet vermektedir. Günümüzde havadaki CO₂ salımı, insanlık tarihindeki en yoğun düzeye ulaşmıştır (Keleş vd. 2015: 106).

Grafik 1: Küresel Sera Gazı Salımı (1970-2004, Gt)

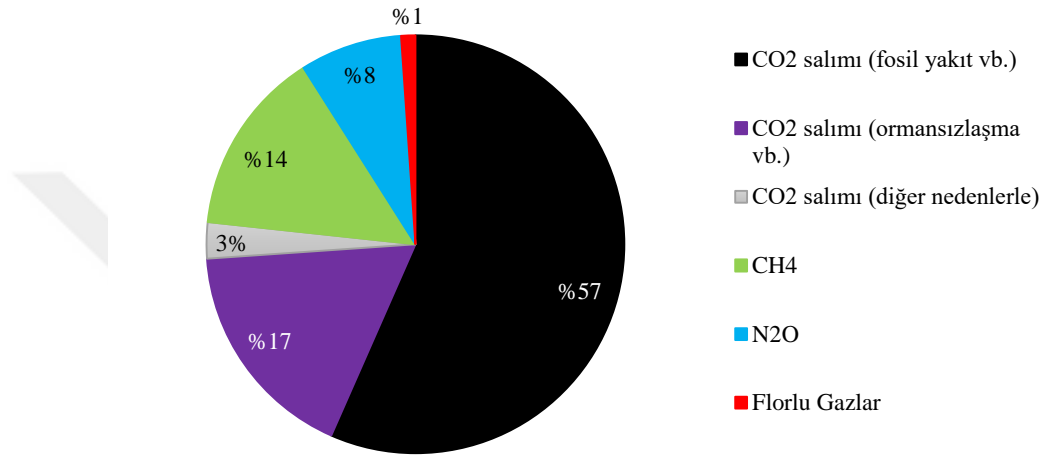


Kaynak: IPCC, 2007: 36

CO₂ salımındaki artış temel olarak fosil yakıt tüketiminden ve kısmen de toprak kullanım amacının değişiminden kaynaklanmaktadır (IPCC, 2007: 5). Dünya genelinde GHG salımının yaklaşık %60'ı ve CO₂ salımının %69'u enerji üretim ve tüketim faaliyetleri ile ilişkilidir (IEA, 2008: 15). Grafik 1'de GHG salımını oluşturan başlıca gazlar ve bu gazların ağırlıklarının 1970-2004 dönemindeki 35 yıllık süreçte değişimi gösterilmiştir. GHG salımının en büyük kısmını oluşturan CO₂ salımı 25 yıllık süreçte 21 gigatondan 38 gigatona yükselerek yaklaşık %80 artış göstermiştir (IPCC, 2007: 36).

Grafik 2’de ise GHG salımını oluşturan gazların 2004 yılındaki yüzdesel dağılımları gösterilmektedir. 2004 yılında CO₂ salımı GHG salımının yaklaşık %77’sini oluşturmaktadır. CH₄ ve N₂O salımı %14 ve %3’lük paylarla, CO₂ salımından sonra GHG’yi oluşturan diğer iki önemli salımdır. Bu nedenle temel olarak CO₂ salımının azaltılması küresel ısınma ve iklim değişikliği için alınacak önlemlerde oldukça önemlidir. Aynı yılda dünya genelindeki GHG salımının %25,9’i enerji arzı, %17,4’ü ormancılık ve %19,4’ü sanayicilik faaliyetlerinden dolayı gerçekleşmiştir.

Grafik 2: Sera Gazı Salımını Oluşturan Gazların Dağılımı (2004, %)

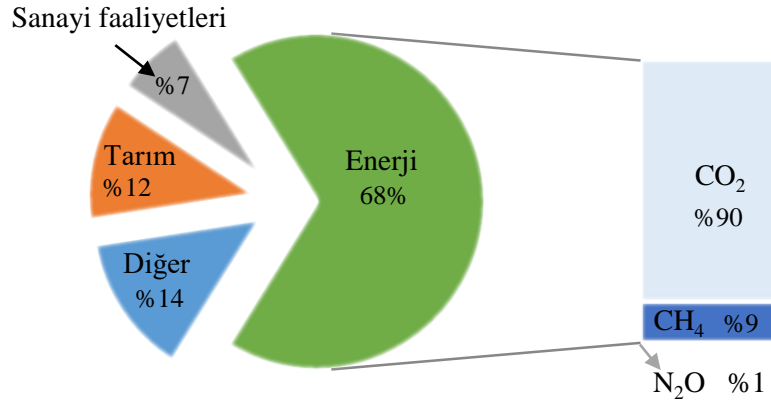


Kaynak: IPCC, 2007: 36

GHG konsantrasyonlarındaki değişim esas olarak insan faaliyetlerinin bir sonucudur (World Bank, 1992: 61). GHG üreten birçok insan aktivitesi arasında enerji kullanımı, en büyük emisyon kaynağıdır (IEA, 2017: 9). Grafik 3’te insan faaliyetleri sonucunda oluşan GHG salımının kaynakları ve dağılımı gösterilmektedir.

Grafikte yer alan sanayi faaliyetleri, enerji kullanımı ile ilişkili değildir. Bu nedenle sanayi faaliyetlerinin payı oldukça düşüktür. CH₄ ve N₂O evcil hayvancılık ve pirinç ekimi ile ilgili tarım faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Enerji kaynaklı CO₂ salımı, insan kaynaklı GHG salımının neredeyse %58’ini oluşturmaktadır (IEA, 2017: 10). Kısacası insan faaliyetlerinden kaynaklı GHG salımının neredeyse tamamı CO₂ salımıdır. Bu salımın ise 3’te 2’si enerji ile ilgili faaliyetler nedeni ile gerçekleşmektedir.

Grafik 3: İnsan Faaliyetleri Sonucunda Oluşan Küresel Sera Gazı Salımı (2014, %)



Kaynak: IEA, 2017: 9

1.5. Çevre Kirliliğine Etki Eden Faktörler

Çevre kirliliğine etki eden birçok faktör mevcuttur. Bu etkenlerin başında insan faaliyetlerinden kaynaklı olan ekonomik büyüme görülmektedir. Ekonomik büyüme çevre kirliliğini olumlu ve olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Büyüme ile birlikte gelen sanayileşme, kentleşme, finansal gelişme ve en önemlisi enerji tüketimi de çevre kirliliğini genel itibariyle olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Tüm bu makroekonomik faktörlerin çevre kirliliğine etkilerinin belirlenmesi ve gerekli tedbirler ile iyileştirmelerin gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.

1.5.1. Ekonomik Büyümenin Çevre Kirliliğine Etkileri

Ekonomik gelişim toplumsal refahı arttırmak için önemli olsa dahi, büyüme ile doğal kaynakların tüketimi ve bu süreçte gerçekleşen atıklar uzun dönemde hayat kalitesinin düşmesine sebebiyet verebilmektedir (Pacione, 2009: 252). Gelir, çevresel düzenlemelere yönelik tutumları belirleyen başlıca faktördür ve zaman içindeki geniş çaplı değişim kalıpları temel olarak yükselen gelir düzeyi ile gerçekleşmektedir (Stokey, 1998: 3). Diğer şeylerin sabit olduğu varsayımı altında, ekonomik büyüme atmosferdeki CO₂ konsantrasyonlarının artmasına neden olmaktadır. Bu durum da küresel iklim üzerinde, GHG etkisinin neden olduğu küresel ısınmaya sebebiyet vermektedir (Beckerman, 1992: 483). Küresel ısınmayla beraber ozon tabakası incelmektedir. Bu tabakanın incelmesi ise hem insan sağlığını hem de ülke ekonomilerinin sürdürülebilirliğini tehdit eden bir hal almaktadır.

Yüksek ekonomik büyüme oranları sürdürülebilir olmadığı sürece istenilen bir olgu değildir. Ekonomik büyüme gerçekleşirken çevre tahribatının da artmaması önemlidir. Sermaye yoğun üretim, emek yoğun üretime göre daha teknolojik ve modern olduğundan dolayı çevrecidir.

Sermayenin fiyatı faiz olduğundan ötürü düşük faiz oranları ile çevreci politikaların desteklenmesi gerekmektedir (Parasız ve Eren, 2015: 171).

Gelir arttıkça, daha iyi bir çevre için yatırım yapma kabiliyeti ve istekliliği artmaktadır (World Bank, 1992: 41). Ekonomik büyüme, gelişim sürecinin başında çevresel tahribata sebebiyet verse de birçok ülkede iyi bir çevreye sahip olmak için tek yol zengin olmaktan geçmektedir (Beckerman, 1992: 491).

Emisyon ve gelir düzeyi arasındaki ilişki iki şekilde açığa çıkabilir (Coondoo ve Dinda, 2002: 353):

$$1-) \text{Emisyon} = f(\text{gelir}) \quad 2-) \text{Gelir} = f(\text{emisyon})$$

Yukarıdaki iki eşitlik, $f(\cdot)$ ve $g(\cdot)$ ilişkilerin fonksiyonel biçimini ifade etmektedir. Bunlardan birincisi, tüketici tercihleri açısından kötü bir öge olarak görülen emisyon için engel eğrisi şeklinde tanımlanabilir. Bu durumda emisyonun gelir esnekliği, gelirdeki artışla sifıra düşmekte ve belirli bir dönüm noktasındaki gelir seviyesi aşıldığında bu esneklik negatif olmaktadır. Başka bir deyişle gelir artışıyla birlikte tüketimin bir ögesi olarak emisyonun statüsü, gerekli olan bir maldan aşağı bir mala doğru değişmektedir. Bu değişim, daha yüksek yaşam standartlarında daha temiz bir çevre için net bir tercihi yansıtmaktadır. Gelirin emisyonun bir fonksiyonu olduğu ikinci durum ise üretim ilişkisi şeklinde ifade edilebilir. Bu durumda emisyon, gelir artışı için gerekli bir girdidir ve emisyonuz üretimin gerçekleştirilmesi imkansızdır.

Ekonomik büyümenin çevre üzerindeki olumsuz etkileri giderilebilir. Bu durumda kilit nokta üretimi azaltmadan, üretim sürecini farklılaştırmaktır (World Bank, 1992: 36). Daha çevreci enerji kaynakları ile gerçekleştirilen üretim sayesinde çevre kirliliği azaltılabilir. Artan üretim kapasitesi hem tüketimi hem de çevre kalitesini artırıyorsa, ekonomik büyüme herhangi bir sınır olmadan devam edebilir (Stokey, 1998: 2).

Gelir düzeyi yükseldikçe, yatırım için mevcut kaynaklardaki artışla birlikte çevresel kalitedeki iyileşme talebi de artacaktır (World Bank, 1992: 39). Kıt kaynakların bol ve çevreci kaynaklar ile ikame edilebilmesi sayesinde hem çevre kirliliği azalacak hem de mevcut ekosistem korunabilecektir.

Ekonomik gelişim süreci ve çevre kirliliği arasındaki bu ilişkiler teknik etki, ölçek ve kompozisyon etkisi olmak üzere üç şekilde sınıflandırılabilir.

1.5.1.1. Teknik Etki, Ölçek ve Kompozisyon Etkisi

Hem yükselen gelir düzeyi hem de düşen kirlilik seviyelerini öngören herhangi bir büyüme modeli, ölçek, kompozisyon etkisi ve teknik etki olmak üzere üç kanaldan biri aracılığıyla kirlilik yaratan emisyonların azaltılması ile ilgili çalışmak zorundadır (Brock ve Taylor, 2005: 1757). Denklem 1’de bu üç etkinin incelenebildiği temel model gösterilmektedir.

$$E = \sum_{i=1}^n a_i s_i Y, \quad \sum_{i=1}^n s_i = 1 \quad (1)$$

Denklemde a_i sanayi sektöründeki çıktı başına düşen emisyon miktarını, s_i çıktıdaki sanayi üretiminin oranını, Y ulusal çıktı düzeyini ve E toplam emisyon miktarını ifade etmektedir. Değişkenlerdeki değişim miktarları denklem 2’de belirtilmektedir.

$$\hat{E} = \sum_{i=1}^n \pi_i [\hat{a}_i \hat{s}_i] + \hat{Y}, \quad \pi_i = \frac{E_i}{E} \quad (2)$$

Ekonominin yapısında ya da teknolojisinde herhangi bir değişiklik olmazken ekonominin ölçeğindeki saf büyüme, kirlilik ve diğer çevresel etkilerde de büyümeye yol açmaktadır. Sadece üretimdeki artış sebebiyle gerçekleşen bu kirlilik ölçek etkisi olarak nitelendirilmektedir (Stern, 2004: 1421). Denklemde x üzerindeki bir “^” [d_x/d_t]/ x ’i ifade etmektedir. Denklemde ilk olarak ölçek etkisinin ne kadar olduğunu belirlemek için teknik etki ve kompozisyon etkisi sırasıyla $\hat{a}_i=0$ ve $\hat{s}_i=0$ sabit sayılarla tespit edilmektedir. Ölçek etkisi ekonomik aktiviteler arttıkça emisyonun da artacağını ifade etmektedir.

İkinci olarak ölçek etkisi ve teknik etki sırasıyla $\hat{Y}_i=0$ ve $\hat{a}_i=0$ olarak sabit sayıldığında kompozisyon etkisi tespit edilmektedir. Denklem 3’te bu durum ifade edilmektedir.

$$\hat{E} = \sum_{i=1}^n \pi_i \hat{s}_i. \quad (3)$$

Eğer bir ekonomi, daha önce üretilen ürünlerden ortalama olarak daha temiz olan bir mal grubu üretmeye doğru hareket ederse, kompozisyon etkisi ile emisyon düzeyi azalacaktır (Brock ve Taylor, 2005: 1758). Kompozisyon etkisi tam olarak denklem 4’te belirlenmektedir.

$$\hat{E} = \sum_{i=1}^n \hat{s}_i [\pi_i s_i]. \quad (4)$$

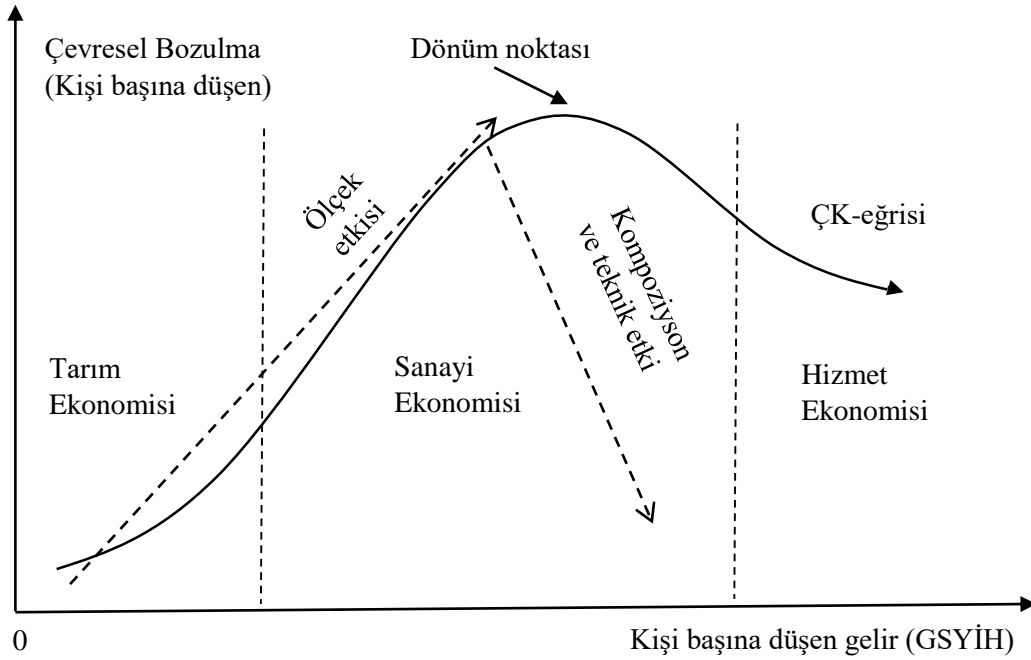
Denklem 4, kompozisyon etkisiyle toplam emisyonun daha temiz endüstrilerde üretim gerçekleştirilince düştüğünü, aksi takdirde ise yükseldiğini ifade etmektedir. Son olarak denklem 5’te çıktı ve bileşimi sabit kalsa bile üretim tekniklerinin daha temiz hale geldiğinde, emisyonun azaltılması olarak ifade edilen teknik etki gösterilmektedir.

$$\hat{E} = \sum_{i=1}^n \hat{s}_i s_i. \quad (5)$$

Denklemde ölçek ve kompozisyon etkisi sırasıyla $\hat{Y}_i=0$ ve $\hat{s}_i=0$ olarak sabit varsayıldığında teknik etki tespit edilmektedir. Bu durumda üretim sürecinde daha çevreci teknolojiler geliştirilerek hem çıktı başına düşen hem de toplam emisyonunda azalış sağlanmaktadır.

Mal üretimindeki teknolojik ilerleme, emisyon artış hızını yükselten bir ölçek etkisi gerçekleştirmekte, çevre kirliliğini azaltmadaki teknolojik ilerleme ise emisyonları aşağıya doğru iten saf bir teknik etki yaratmaktadır (Brock ve Taylor, 2005: 1754). Kişi başına düşen gelir düzeyi dönüm noktasını aştığında, daha iyi teknikler kullanılmakta, çevre kalitesi için talep artmakta ve kompozisyon etkisinin ölçek etkisinden daha ağır basması ile çevre kalitesinde artış gerçekleşmektedir (Asghari, 2012: 615).

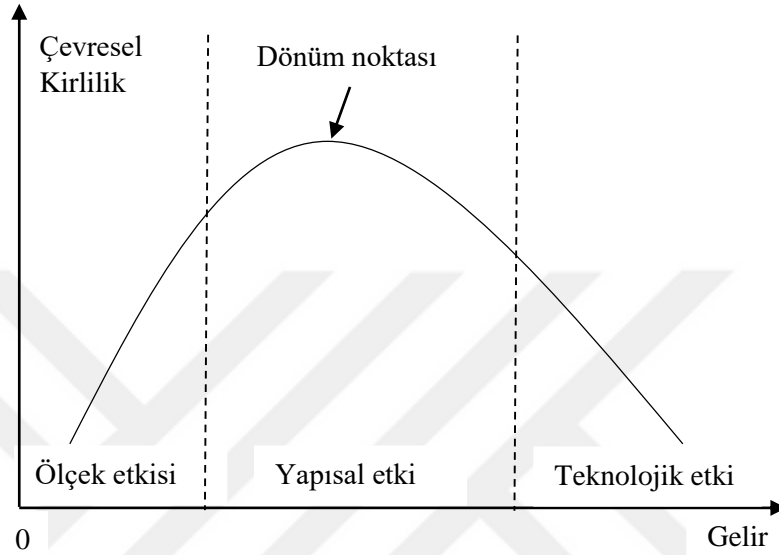
Şekil 3: Ölçek, Kompozisyon Etkisi ve Teknik Etki



Kaynak: Kaika ve Zervas, 2013: 1396

Çevre kirliliği zamanla ekonomik büyüme haricinde, teknolojik gelişme ve ekonomideki yapısal değişimden dolayı da azalabilir. Bu durum Şekil 3’de aşağı doğru olan kompozisyon etkisi ve teknik etki ile gösterilmektedir. Ölçek etkisi ise sanayi üretim sürecinde ekonomik büyüme ile birlikte çevre kirliliğinin de arttığını göstermektedir.

Şekil 4: Ölçek Etkisi, Yapısal ve Teknolojik Etki



Kaynak: Bilgili vd., 2016: 839

Şekil 4’te ölçek etkisi, teknoloji veri iken daha fazla enerji ve girdi kullanılması sebebi ile ekonomik gelişimin başlangıç sürecinde çevre kirliliğinin de artan üretim ile birlikte devam ettiğini göstermektedir. Yapısal veya kompozisyon olarak adlandırılan etki ise ekonomik büyüme devam ettikçe, sanayi sektöründen daha çevreci üretim gerçekleştirilen hafif sanayi ürünlerinin üretildiği hizmet sektörüne dayalı bir ekonomi sayesinde çevre kirliliğinin azalmaya başlayacağını belirtmektedir. Son olarak teknolojik veya teknik olarak adlandırılan etki, yüksek gelir düzeyinde araştırma ve geliştirme faaliyetlerindeki artışla beraber daha çevreci üretim gerçekleştirilerek çevre kirliliğinde azalma yaşanacağını ifade etmektedir.

1.5.1.2. Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Büyümenin Çevre Kirliliğine Etkisi

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çevre kirliliğindeki yapısal farklılıklar sanayi sektöründe kullanılan teknoloji ve mevcut bilgi düzeyindeki farklılıklar ile de ifade edilebilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde sanayi sektöründeki eski ve zamanı geçmiş teknolojiler ile fabrikalar gelişmiş ülkelerde faaliyet gösteren yeni ve son teknoloji ile çalışan fabrikalara göre daha fazla enerji tüketmekte ve bu durum CO₂ salımı ile çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir. Enerji tüketimi de CO₂ salımına sebebiyet veren en önemli etkenlerden biridir. Kömür, petrol ve benzeri yenilenemez

enerji kaynaklarının tüketimi hem doğal kaynakların azalmasına hem de CO₂ salımının artmasına sebebiyet vermektedir. Gelişen ağır sanayi sektörü enerji tüketiminin artışına, hem sanayi sektörü hem de enerji tüketiminin yükselmesi de CO₂ salımının ve çevre kirliliğinin artmasına neden olmaktadır.

Tablo 1 ve 2’de G7 ve E7 ülkelerine ait hem kişi başına düşen hem de toplam CO₂ salımları ile GSYİH’ları 1971-1986-2001 ve 2014 yılları için gösterilmektedir. İlk olarak Tablo 1’de G7 ülkelerinin 44 yıllık dönemde kişi başına düşen GSYİH’larının önemli derecede arttığı görülmektedir. Japonya hariç geriye kalan gelişmiş 5 ülkede kişi başına düşen metrik ton CO₂ salımının azaldığı gösterilmektedir. Almanya’nın 1971 ve 1986 döneminde verileri mevcut olmadığından değerlendirilememiştir.

Tablo 1: G7 ve E7 Ülkelerinde Kişi Başı GSYİH ve CO₂ Salımı (Mt)

Ülke	1971		1986		2001		2014	
	GSYİH	CO ₂	GSYİH	CO ₂	GSYİH	CO ₂	GSYİH	CO ₂
Almanya	20202	-	28738	-	38577	10,366	45022	8,889
ABD	23775	20,980	33133	18,720	45047	19,636	50871	16,490
Fransa	20951	8,811	28887	6,749	38928	6,153	41374	4,573
İngiltere	18481	11,823	25185	10,034	36341	9,233	40908	6,497
İtalya	17890	5,762	27261	6,474	36801	7,904	33615	5,270
Japonya	19328	7,545	31473	7,534	42239	9,464	46484	9,538
Kanada	25262	16,290	34737	15,457	43964	16,985	50221	15,117
Brezilya	5109	1,050	8315	1,435	8777	1,898	11870	2,594
Çin	237	1,042	578	1,939	1905	2,742	6108	7,543
Endonezya	804	0,330	1438	0,722	2190	1,374	3692	1,819
Hindistan	362	0,363	458	0,572	785	0,971	1645	1,730
Meksika	5412	2,351	7182	3,731	8843	4,006	9536	3,866
Rusya	-	-	-	-	6850	10,669	11680	11,857
Türkiye	4350	1,336	5936	2,331	7631	3,030	13312	4,491

Kaynak: Dünya Bankası, 2018

Not: Kişi başına düşen GSYİH düzeyi 2010 sabit fiyatları ile milyon dolar olarak ifade edilmiştir.

Kişi başına düşen GSYİH düzeyi yüksek gelişmiş zengin ülkeler için çevresel Kuznets (ÇK)-eğrisinin gelir düzeyi arttıkça CO₂ salımının azalmaya başlayacağı öngesinin tablodaki verilere bakıldığında bu 7 ülkenin 5’inde geçerli olduğu düşünülebilir. Sanayileşme süreci devam eden, gelişmekte olan E7 ülkelerine bakıldığında ise analiz döneminde kişi başına düşen GSYİH düzeyleri artan bu ülkelerin 2014 yılına gelindiğinde kişi başına düşen CO₂ salımları da 1971 yılına göre artış göstermiştir. 2001 yılı ile 2014 yılı kıyaslandığında Meksika haricinde geriye kalan 6 ülkede kişi

başına düşen CO₂ salımı artmıştır. Gelişmiş ülkelere bakıldığında 2001 yılında kişi başına düşen GSYİH düzeyleri İtalya hariç diğer 6 ülkede artış göstermiş, Japonya hariç diğer G7 ülkelerinde kişi başına düşen CO₂ salımı 2001 yılına göre de 2014 yılında azalmıştır. Gelişmiş ülkelerde kişi başına düşen CO₂ salımının gelir artışı ile beraber azalmaya başlamış olması, gelişmekte olan ülkelerde ise süregelen CO₂ salımı artışının günümüzde hala devam etmesi ÇK-eğrisi hipotezini destekler niteliktedir.

Tablo 2’de 1971-1986-2001 ve 2014 yıllarında G7 ve E7 ülkelerinde toplam GSYİH ve CO₂ salımı düzeyleri gösterilmektedir. G7 ülkelerinde GSYİH düzeyi 1971 yılına göre 2014 yılında artış göstermiştir. CO₂ salımı ise ABD ve Japonya’da artmış, geriye kalan 4 ülkede azalmıştır. Almanya’nın 1971 ve 1986 verisi Dünya Bankası’nda mevcut olmadığından dolayı iki yıldaki değişim kıyaslanamamıştır. Aynı dönemde gelişmekte olan ülkelere bakıldığında E7 ülkelerinde Rusya hariç geriye kalan 6 ülkede hem GSYİH hem de CO₂ salımı önemli ölçüde artmıştır. Rusya’nın verileri 1971 yılında mevcut olmadığından ötürü kıyaslama yapılamamıştır.

2001 yılı ile 2014 yılı kıyaslandığında ise G7 ülkelerinde İtalya hariç GSYİH düzeyi artmıştır. CO₂ salımı ise Japonya ve Kanada harici geriye kalan 5 ülkede azalmıştır. Gelişmekte olan E7 ülkelerinin tamamında ise hem GSYİH hem de CO₂ salımı artış göstermiştir. Kişi başına düşen değerlerde olduğu gibi Tablo 2’de toplam değerlere bakıldığında gelişmiş olan zengin ülkelerin CO₂ salımını azaltabildiği, yeni sanayileşen gelişmekte olan ülkelerde ise CO₂ salımı artışının devam ettiği görülmektedir.

Her iki tabloda gelişmiş ve gelişmekte olan ülke örnekleri incelendiğinde verilere dayanarak gelir düzeyi ile CO₂ salımı arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin geçerli olabileceği görülmektedir. Gelişmiş ülkeler, yüksek teknoloji ve bilgi düzeyleri, çevresel maliyetleri karşılayabilecek finansmana sahip olmaları, daha gelişmiş çevre bilinci ve benzeri avantajlar sayesinde CO₂ salımını azaltabilmektedir. Gelişmekte olan ve sanayileşme aşamalarını tam olarak tamamlayamamış ülkelerde ise ağır sanayi ürünleri üretildiğinden dolayı CO₂ salımı artışı devam etmektedir. Tablo 1’de görüldüğü üzere bu ülkelerin kişi başına düşen gelir düzeyleri ve CO₂ salımları artış göstermektedir. Ekonomik büyüme, çevre kirliliğini de beraberinde getirmekte ve CO₂ salımı gerekli teknolojik altyapıya sahip olunamadığından ve bu salımı önlemek için gereken yüksek maliyetler karşılanamadığından dolayı artarak devam etmektedir.

Kişi başına düşen GSYİH düzeyi ülkelerin refah düzeylerini daha iyi yansıttığından dolayı ÇK-eğrisi hipotezinin testinde kullanılan ölçüt olmaktadır. Bu nedenle Tablo 1’deki veriler ile çıkarımlar ve analizler gerçekleştirmek daha gerçekçi sonuçlara ulaşmayı sağlayacaktır. ÇK-eğrisi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde farklılık arz ettiğinden dolayı CO₂ salımını etkileyen makroekonomik değişkenler ifade edilirken E7 ve G7 ülkelerinin karşılaştırılmasına devam edilmiştir. Nihayetinde

gelişmekte bir ülke olan Türkiye'nin konumu ve ÇK-eğrisi hipotezinin geçerliliğinin testi amaçlanmıştır.

Tablo 2: G7 ve E7 Ülkelerinde Toplam GSYİH ve CO₂ Salımı (Kt)

Ülke	1971		1986		2001		2014	
	GSYİH	CO ₂	GSYİH	CO ₂	GSYİH	CO ₂	GSYİH	CO ₂
Almanya	1,582	-	2,233	-	3,176	853662	3,646	719883
ABD	4,937	4356770	7,956	4495463	12,837	5595794	16,208	5254279
Fransa	1,099	462434	1,650	385614	2,388	377535	2,743	303275
İngiltere	1,033	660863	1,427	568777	2,148	545862	2,643	419820
İtalya	967	311588	1,542	366454	2,096	450347	2,043	320411
Japonya	2,042	797543	3,823	915334	5,370	1203377	5,916	1214048
Kanada	546	352607	910	405053	1,366	527926	1,784	537193
Brezilya	499	102635	1,151	198883	1,560	337433	2,424	529808
Çin	200	876633	616	2068969	2,423	3487566	8,333	10291926
Endonezya	94	38987	242	121740	469	294907	942	464176
Hindistan	205	205869	366	457571	841	1041152	2,128	2238377
Meksika	290	126339	566	294559	911	412977	1,184	480270
Rusya	-	-	-	-	1,000	1557506	1,706	1705345
Türkiye	155	47733	297	116881	489	194552	1,025	345981

Kaynak: Dünya Bankası, 2018

Not: Toplam GSYİH düzeyi 2010 sabit fiyatları ile milyon dolar olarak ifade edilmiştir.

1.5.2. Finansal Gelişmenin Çevre Kirliliğine Etkileri

Finansal gelişme çevresel performansta belirleyici bir rol oynayabilir. Daha fazla finansal sektör gelişimi ile birlikte, çevresel projelere yapılan yatırımlar da dahil olmak üzere daha düşük maliyetlerle daha fazla finansman sağlanabilir (Tamazian vd., 2009: 248). Bu yönüyle finansal gelişme çevre kalitesi için yararlıdır. Güçlü bir finansal sektör, enerji sektöründeki teknolojik yenilikleri teşvik edebilir. Bu durum ise enerji kirleticilerinin önemli ölçüde azaltılmasına yardımcı olabilir (Shahbaz, 2013: 537).

Finansal gelişme şirketlere daha fazla yatırım yapma, yeni makine ile ekipman satın alma konusunda daha düşük finansman maliyetleri, daha iyi ve büyük finansman ağları sağlayabilir. Bu durum da daha fazla enerji tüketimi ile birlikte CO₂ salımı artışına sebebiyet verebilir (Dogan ve Turkekul, 2016: 1204). Sağlanan ucuz imkanlarla daha fazla tüketim malı, taşımacılık faaliyetleri için araç, ucuz iş gücü elde edilebilir ve daha fazla üretim gerçekleştirilebilir. Bu nedenle finansal gelişme ekonomik büyümeyi ve enerji talebini arttırabilir (Sadorsky, 2010: 2529). Finansal gelişme

kirliliği azaltıcı teknolojilerden ve ölçek ekonomilerinden daha az yararlanan küçük firmaların üretimini teşvik edebilir ve böylece kirlilik artışına neden olabilir (Yuxiang ve Chen 2011: 96). İki açıdan da bakıldığında finansal gelişme çevre kirliliğine hem neden hem de bir çözüm olarak yer alabilir. Bundan dolayı finansal gelişmenin CO₂ salımı üzerindeki olumlu veya olumsuz etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Tablo 3: G7 ve E7 Ülkelerinde Finansal Sektör Tarafından Sağlanan Yerel Krediler (GSYİH %)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	132	120	128	161	136	139
ABD	216	235	234	231	247	250
Fransa	106	137	140	145	143	146
İngiltere	146	171	208	197	179	166
İtalya	104	124	146	164	172	172
Japonya	296	281	315	322	338	345
Kanada	196	149	-	-	-	-
Brezilya	76	87	90	95	100	103
Çin	132	125	141	140	155	167
Endonezya	46	40	36	36	43	43
Hindistan	60	62	72	76	77	75
Meksika	31	36	42	44	48	49
Rusya	20	23	34	36	44	47
Türkiye	43	47	61	66	72	75

Kaynak: Dünya Bankası, 2018

Tablo 3'te G7 ve E7 ülkelerinde finansal gelişmenin GSYİH'ya oranı gösterilmektedir. Kanada'nın 2007'den itibaren finansal sektör tarafından sağlanan yerel krediler ile ilgili verileri Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri'nde mevcut değildir. Finansal sektörün gelişimi gelişmiş ülkelerde, gelişmekte olan ülkelere göre oldukça yüksektir. G7 ülkelerinin hepsinde yerel kredilerin GSYİH'daki oranı %100'ün üzerindedir. Gelişmekte olan ülkelerin finans sektöründe daha ilerleyecek çok yolları bulunmaktadır.

1.5.3. Kentleşmenin Çevre Kirliliğine Etkileri

Günümüzde ekonomik gelişim, tarıma dayalı kırsal kesimden sanayiye ve hizmet sektörüne dayalı kentsel kesime göçle gerçekleşmeye devam etmektedir. Tarımda emek tasarruf eden teknoloji ve makinelerin gelişmesi, ayrıca tarımsal verimliliğin artması ile beraber tarım sektöründe işgücü fazlası meydana gelmiştir. Bu işgücü fazlası kentleşme ile birlikte sanayi ve hizmet sektöründeki iş

imkanlarından faydalanmaya başlamıştır (Mishra vd., 2009: 213). Böylece kentleşme olarak adlandırılan kırdan kente göç olgusu hem ekonomik hem de toplumsal birtakım değişiklikleri beraberinde getirmiştir.

Bir yerleşke geliştikçe, varlığı nihayetinde hakim olduğu atmosferik çevre üzerinde bir etki yaratmaktadır. Şehirlerdeki ortalama sıcaklıklar genellikle evlerin, taşımacılığın ve sanayinin atık ısısı nedeniyle yaklaşık 1 santigrat derece daha yüksektir. Ayrıca kentsel alanların üzerinde daha büyük hava türbülansı ve daha yüksek toz parçacıkları konsantrasyonu olduğundan dolayı yağış miktarı şehirlerde yaklaşık %10 daha fazladır (Pacione, 2009: 549). Kentleşmedeki yıllık ortalama artış hızı 2000-2010 döneminde tüm dünyada %2,16 iken gelişmiş ülkelerde yaklaşık %0,56, gelişmekte olan ülkelerde ise %2,85 olarak gerçekleşmiştir (Keleş, 2015: 65). Dünya nüfus artışının yaklaşık %90'ı kentsel alanlarda gerçekleşmektedir (World Bank, 1992: 8). Artan nüfus, tüketim ve servet çevreyi de etkilemektedir (Rosa ve Dietz, 2012: 581). Hükümetler artan nüfus için gerçekleştirilmesi gereken altyapı ve insan ihtiyaçlarını hemen karşılayamadığından dolayı hızlı nüfus artışı çevre kirliliğine sebebiyet verebilmektedir (World Bank, 1992: 7). Nüfus artışı ile birlikte toplumsal tüketimdeki artış; ormanlık alanların tahribatına, şehirleşme neticesinde doğal alanların ve tarım alanlarının azalmasına neden olmaktadır (Aydın ve Eren, 2018: 69). Kentsel alanlara yerleşimler sonucunda kentlerin ve kasabaların çevresel değerleri hiçe sayılarak enerji israfı ve çevre kirliliği artmaktadır (Keleş vd., 2015: 92).

Ponce de Leon Barido ve Marshall (2014)'a göre kentleşmenin CO₂ salımı üzerindeki etkisi ülkenin sahip olduğu gelir düzeyine bağlıdır. Yüksek gelirli ülkelerde kentleşme CO₂ salımını azaltırken, düşük gelir düzeyine sahip ülkelerde ise kentleşme CO₂ salımını arttırmaktadır. Kentsel enerji tüketimi ve enerji ile ilgili problemler önümüzdeki yüzyıl boyunca yoğunlaşacaktır. Günümüzde birçok şehirde yaşayan insanlar sağlıksız enerjilerden kaynaklanan kirliliğe maruz kalmaktadır. Yaklaşık olarak 1 milyar insan, hava kirliliği düzeylerinin tavsiye edilen sağlık standartlarını taşımadığı kentsel yerleşim yerlerinde yaşamaktadır (Pacione, 2009: 833).

Kentleşme, kentsel yaşamı, altyapı yetersizliğini ve çevre koşullarını etkilemektedir. 2000'li yılların başında %47'ye yükselen kentleşme oranının 2020 yılında %56,7'ye yükselmesi beklenmektedir (Keleş, 2015: 65). Şehirler, küresel ısınmayı ortaya çıkaran CO₂ salımı ve asit yağmuruna sebebiyet veren SO₂ ile NO₂ gibi gazlara neden olduğundan dolayı, gelecek nesiller için çevrenin kalitesini tüketmede başlıca etkenlerdir (Pacione, 2009: 252). Kentleşme enerji tüketimini arttırarak CO₂ salımı artışına sebebiyet verebilmektedir. Kentleşmenin iki nedenden dolayı elektrik tüketimi arttırması beklenmektedir (Holtedahl ve Joutz, 2004: 203). Bunlardan ilki kentlerden yaşayan insanlar santralden daha rahat bir şekilde elektrik temin ettiklerinden dolayı enerji tüketimleri artmaktadır. İkincisi ise kentsel alanlarda yaşamaya başlayan insanlar televizyon, radyo, fan, klima ve modern ev aletleri gibi yeni teknolojik ürünler satın alacaklarından dolayı bu ürünlerin kullanımı ile birlikte elektrik tüketimi de yükselecektir. Her iki sebepten ötürü kentleşme ile beraber

elektrik tüketiminde artışlar yaşanmaktadır. Burada önemli olan husus tüketilen elektriğin üretiminin hangi kaynaklar ile gerçekleştirildiğidir. Dünyada elektrik enerjisi üretiminin büyük bir kısmı kömür ve doğalgaza bağlıdır. Bu nedenle elektrik enerjisi tüketimi artışı çevre kirliliğini de beraberinde getirebilmektedir.

Kentleşme hızı, şehirler için büyük çevresel zorluklar doğurmaktadır (World Bank, 1992: 29). Dünyadaki şehirlere enerji sağlama sürecinde açığa çıkan GHG emisyonları, küresel iklim değişikliği sorununu da beraberinde getirmektedir (Pacione, 2009: 835). Kentleşme, kırsal çevre üzerindeki baskıyı azaltmaya yardımcı olsa da sanayi sektöründe büyüme nedeniyle emisyonlar ve atıklar ile ilgili farklı zorluklar yaratmaktadır (World Bank, 1992: 8). Hızlı kentsel büyüme, altyapı geliştirme, kaynakları harekete geçirme ve yönetme mücadelesinin çevre için olumsuz sonuçlara yol açtığı kentleri boğma eğilimindedir (UNEP, 2011: 461). Kentleşme böylelikle bu kentlerde yaşayan insanlara zarar veren bir yapıya bürünmektedir.

Kentsel alanların yerel iklim üzerindeki etkisi, araçların ve fosil yakıtlı santrallerin sayısı arttıkça ve kentsel büyüme ilerledikçe artmaya eğilimli görünse de kamu görevlileri tarafından kentsel hava koşullarını yönetmek veya etkilerini düzeltmek adına çok az şey yapılmıştır (Pacione, 2009: 549). 2008 yılında ilk defa dünya genelinde kentsel nüfus kırsal nüfusu aşmıştır (Seto vd., 2010: 170). Kentlerin geleceği ve şehirlerde yaşayan insanların refah düzeyi ile ilgili kaygılar, şehirlerin artan sayısı ve büyüklüğü ile birçok kentsel çevrenin bozulması, şehirde yaşamının yarattığı sorunların gündeme getirilmesini sağlamıştır (Pacione, 2009: 541).

20. yy'ın sonlarına doğru hızlı sanayileşme, kentleşme ve kapitalist gelişme gelişmiş ülkelerde çevre korunmasını ekonomik ve toplumsal sorunlar arasına sokmuştur (Keleş, 2015: 112). GHG etkisi ve ozon tabakasının yoğunluğunun azalması, hammadde ile enerji tüketen ve çevresel açıdan zararlı atık ürünleri üreten kentleşme ve sanayileşme süreçlerinin sonuçlarıdır (Pacione, 2009: 252). Hızlı nüfus artışının yol açtığı çeşitli sorunları gidermek için insani yetenekleri geliştirici, üretkenliği arttırıcı ve dolayısıyla gelir düzeyini yükseltici politikalar uygulamaya koyulmalıdır (World Bank, 1992: 8). Daha büyük popülasyonlar, trafik sıkışıklığı gibi CO₂ salımını arttıran olaylara sebebiyet verebilmektedir (Rosa ve Dietz, 2012: 582). Nüfus artışı mal ve hizmetlere olan talebi arttırmakta ve eğer eski uygulamalar değiştirilmeden sürdürülürse, çevre kirliliğinin artmaya devam etmesi öngörülmektedir (World Bank, 1992: 26). Daha fazla insan daha fazla üretim, atık ve dolayısıyla CO₂ salımı demektir. Hızlı sanayileşme ve kentleşme, özellikle enerji tüketimi ve CO₂ salımı yoluyla çevre için büyük zorluklar yaratmaktadır (Xu ve Lin, 2015: 188).

Kentsel plan ve politikalar uzun dönemli olguları dikkate alarak gerçekleştirilmelidir. Ancak uzun dönemde sosyal ve çevresel öncelikler ile ekonomik gelişim için uygulamaya konulacak politikalar ters düşebilmektedir. Ayrıca milyonlarca yoksul insanın hayatta kalmak için günlük mücadele verdiği bir dünyada, gelecekteki çevreyi korumak için ekonomik büyümeyi kısıtlamak

zordur. Hem çevreci hem de ekonomik gelişimi sürdürebilen politikalar geliştirebilmek ülke ekonomileri için oldukça önemlidir. Tüm bu nedenlerden dolayı sürdürülebilir gelişim sadece kirlilik vergisi uygulamaya koyularak, teknik gelişme desteklenerek veya araçlarda ve üretim sürecinde kullanılan enerji tüketimine kısıtlama getirilerek sağlanamaz. Sürdürülebilir kentsel gelişim için iki yaygın görüş mevcuttur (Pacione, 2009: 252):

1. Kaynak tüketimini azaltmak ve kalkınmanın çevresel etkisini en aza indirmek için bir belediye programı ile gerçekleştirilen çevre koruma yaklaşımı.
2. Ekolojik bir bileşeni (çevreye duyarlı politikaların öneminin vurgulanması), ekonomik yönleri (kalkınma faaliyetleri ve mali konular) ve sosyal eşitlik konularını (kaynakların adil bir şekilde dağıtılması ve politikaların dağıtım etkisi) içeren bütünsel bir yaklaşım.

Bu iki politika ile birlikte daha geniş açıdan bakılacak olunursa, ideal sürdürülebilir bir toplum şu üç özelliğe sahiptir (Pacione, 2009: 253):

1. Çevresel Bütünlük: Temiz hava, toprak ve su, uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlayan uygulamalarla sürdürülen tür ve habitat çeşitliliği; doğal kaynakların kullanılma biçiminin, bireysel, kurumsal ve toplumsal eylemlerin doğal süreçlere olan etkisinin doğrudan yaşam kalitesini etkilediğinin kabul edilmesi.
2. Ekonomik Canlılık: Değişen koşullara cevap veren, yeni yatırımları çekebilen ve hem kısa hem de uzun dönemde istihdam olanakları sağlayabilen geniş tabanlı bir rekabet ekonomisi.
3. Sosyal Refah: Güvenlik, sağlık, barınma, toplumsal hizmetler ve rekreasyon faaliyetlerine eşit erişim, kültürel ve manevi ihtiyaçlar için tam ödenek.

İdeal bir topluma yüksek refah seviyesinde ulaşabilmek için sahip olunması gereken üç özellik iyi bir kentsel yapıyı gerekli kılmaktadır. İyi bir kentleşme süreci, hem toplumsal refahın yükselmesine hem de çevre kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Kentleşme süreci, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde farklılık arz etmektedir.

Gelişmiş ülkelerde geçmişe göre kentleşme, çevre kalitesinin artmasını sağlayarak CO₂ salımının azaltılmasına yardımcı olmuştur. Ancak birçok gelişmekte olan ülke için böyle bir durum söz konusu değildir. Kentleşme sürecinde oluşabilen çeşitli çevresel sorunlar mevcuttur. CO₂ emisyonu gelire doğrudan ilişkilidir. Kişi başına düşen gelir genellikle şehirlerde kırsal alanlara göre daha yüksektir ve bu şehirlerde CO₂ salımına sebebiyet veren ürünlerin talebi artmaktadır. Ancak talepteki bu artış belirli bir gelir seviyesine kadar devam etmektedir (UNEP, 2011: 461). Gelir seviyesi belirli bir ortalama seviyeyi aşınca, bireyler tarafından CO₂ salımına daha az sebebiyet veren ürünler üretilmekte ve tüketilmektedir.

Tablo 4: G7 ve E7 Ülkelerinde Kentlerde Yaşayan Kişi Sayıları (Bin Kişi)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	62660267	62833410	62877220	61940177	62242278	62510392
ABD	236200507	241795278	247276259	252257346	257095490	259623192
Fransa	48730233	49690036	50547202	51373797	52228040	52650998
İngiltere	48269624	49351705	50463084	51600299	52650556	53218629
İtalya	39267369	39722857	40308358	40641670	41548775	42109853
Japonya	109856670	112827761	115228215	116416235	116262976	116208079
Kanada	25889021	26440579	27157761	27850621	28535991	28861099
Brezilya	154831127	159407908	163798391	168150531	172470371	174585892
Çin	554367818	595670841	637407288	678933504	719587859	740239259
Endonezya	104156362	110751388	117597550	124315715	130943362	134288263
Hindistan	334483094	352795471	371408805	390085540	409178263	419003394
Meksika	82772988	86024517	89539653	93022403	96434582	98126368
Rusya	105433013	105037426	105149982	105407907	105998510	106354643
Türkiye	46065671	48059010	50109357	52415819	54969310	56291672

Kaynak: Dünya Bankası, 2018

Tablo 5: G7 ve E7 Ülkelerinde Kentleşme (%)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	75,980	76,378	76,771	77,160	77,180	77,190
ABD	79,928	80,269	80,606	80,944	81,299	81,483
Fransa	77,130	77,621	78,117	78,622	79,135	79,394
İngiltere	79,915	80,479	81,031	81,570	82,102	82,365
İtalya	67,738	67,974	68,209	68,444	68,979	69,272
Japonya	85,978	88,146	89,989	91,069	91,226	91,304
Kanada	80,122	80,396	80,758	81,096	81,178	81,218
Brezilya	82,834	83,448	84,044	84,631	85,209	85,492
Çin	42,522	45,199	47,88	50,511	53,013	54,259
Endonezya	45,942	47,535	49,134	50,595	51,955	52,635
Hindistan	29,235	29,906	30,587	31,276	32,003	32,384
Meksika	76,308	76,92	77,52	78,111	78,699	78,993
Rusya	73,463	73,553	73,642	73,732	73,863	73,95
Türkiye	67,840	69,053	70,241	71,402	72,531	73,077

Kaynak: Dünya Bankası, 2018

Tablo 4'te E7 ve G7 ülkelerinde kentlerde yaşayan kişi sayıları gösterilmektedir. Hem E7 hem de G7 ülkelerinde son 10 yılda kentsel nüfus önemli ölçüde artmıştır. Özellikle Çin ve Hindistan'daki kentsel nüfus artışı dikkate değerdir. Diğer bir husus da gelişmekte olan ülkelerdeki kentsel nüfusun artış hızı gelişmiş ülkelerden daha fazladır. Yine de bu değerler kentleşme açısından net bir ölçüt değildir. Toplam nüfusun içerisinde kent nüfusu, kentler ile çevre arasındaki ilişkiler açısından daha belirleyicidir.

Tablo 5'te G7 ve E7 ülkelerinde kentleşme oranlarına bakılacak olursa, gelişmiş ülkelerde bu oranın gelişmekte olan ülkelerin büyük bir kısmından daha çok olduğu gözlemlenmektedir. G7 ülkelerinde en düşük kentleşme oranı İtalya'da, E7 ülkelerinde ise Hindistan'dadır.

G7 ülkelerinde kentleşme düzeyi 10 yıldır sabit bir seyir izlemektedir. Buna karşın aynı dönemde gelişmekte olan ülkelerde ise kentleşme oranları daha net bir şekilde artmıştır. Bu durum gelişmiş ülkelerin kentleşme süreçlerini gelişmekte olan ülkelere daha erken tamamladıklarının bir göstergesi olabilir.

İki tablo genellenecek olursa, gelişmiş ülkeler sanayileşme süreçlerini daha erken tamamladıklarından ötürü, bu ülkelerdeki kentleşme oranları ile kentsel nüfus gelişmiş ülkelere göre daha önce artış göstermiştir. Gelişmekte olan ülkelere ise sanayileşme süreci devam ettiğinden ötürü kırdan kente göç ile birlikte kentleşme oranlarında hızla artışlar sürmektedir.

1.5.4. Sanayileşmenin Çevre Kirliliğine Etkisi

Sanayi devriminden itibaren, insanların çevre üzerindeki etkileri daha da artmıştır. Genelde 10 yıllık kısa bir süreçte ortaya çıkan bu etkiler hava kirliliği, su kirliliği, ozon tabakasının incilmesi, iklim değişikliği, temiz suyun tükenmesi, toprak kayması, sahil ve denizlerin kirletilmesi, ormansızlaşma, canlı türlerinin yok edilmesi, toksit ve tehlikeli atıkların artması olarak sınıflandırılabilir (Goldemberg, 1998: 729). Sanayi devrimi ile birlikte hammadde ve üretim miktarı artmış, bu artış da çevreye atılan zararlı madde miktarını geçmişle kıyaslanamayacak bir şekilde yükseltmiştir (Keleş vd., 2015: 64). Hızlı sanayileşmeyle ilişkili çevresel problemleri üç faktör yoğunlaştırmaktadır (World Bank, 1992: 126):

1. Mevcut faaliyetlerden kaynaklanan emisyonlar arttıkça, bu emisyonlar çevre tarafından kolayca asimile edilebilecekleri noktayı geçmektedir.
2. Sanayi kentleri geliştikçe daha fazla insan kirliliğe maruz kalmaktadır.
3. Tekstil, odun ve yiyecek gibi ürünlerin üretildiği sanayi yapısı zamanla metal, kimyasal madde ve kağıt gibi üretim sürecinde daha fazla kirliliğe sebebiyet veren ürünlerin üretildiği bir yapıya dönüşmektedir.

Sanayileşmenin ilk aşamasında insanlar temiz hava ve suya göre, iş ve kazanılacak gelire daha fazla önem verdiğiinden dolayı kirlilik düzeyi hızla artmaktadır (Dasgupta vd. 2002: 147). Gelişmekte olan ülkeler sanayileşmenin önemli ölçüde kirlilik yaratan aşamasını geçerek üretimlerini gerçekleştirebilir. Bu ülkelerin sanayileşmiş ülkelere temin ettikleri daha çevreci teknolojilerle ve bu teknolojiler ile kurulacak olan fabrikalarla beraber, sanayileşme aşamasında daha iyi bir çevrenin var olması sağlanabilecektir (World Bank, 1992: 115). Sanayileşme sürecinde daha iyi bir çevrenin gerçekleşmesi için çevre vergileri uygulanmalı, gelişmekte olan ülkelerde yeni kurulan fabrikaların üretim sürecinde çevreye verdiği zararlar denetlenmeli ve buna göre gerekli tedbirler alınmalıdır. Ayrıca bu süreçte yüksek enerji tüketimi ile çevre kirliliğine sebebiyet veren yüksek miktarda üretim çeşitlendirilmelidir.

Gelişmekte olan ülkelerde sanayi ürünlerinin üretimi ve tüketimi hızla artmakta ve bu durum kişi başına düşen gelir düzeyi yükseldikçe devam etmektedir (World Bank, 1992: 114). Gelir düzeyi arttıkça tüketim kalıpları da değişmektedir. Kişi başına düşen GSYİH ile hesaplanan ekonomik gelişim düzeyi ile sanayi sektörünün GSYİH içerisindeki payı ve sanayi sektörünün yapısı arasında oldukça sıkı bir ilişki söz konusudur (Panayotou, 1993: 2). Düşük gelirli ülkelerde sanayi sektörünün ekonomi içerisindeki payı yok denecek kadar azdır. Orta gelir seviyesine ulaşmış ülke ekonomilerinin 3'te 1'i demir, çelik ve benzeri ürünlerin işlendiği ağır sanayi sektöründen oluşmaktadır. Yüksek gelir düzeyine ulaşan ülkelerde gerekli gelişmeler sağlanıp ağır sanayi ürünlerinin üretildiği sanayi sektöründen, bilgi ve teknoloji yoğun ürünlerin üretildiği hizmet sektörüne doğru bir dönüşüm gerçekleşmektedir. Sanayi veya enerji ile ilgili aktivitelerde gerçekleştirilecek reformlar, doğal kaynak kullanımında etkinliğin artmasını sağlamak ve böylece çevre kirliliği de azalmaktadır (Munasinghe, 1999: 91). Kirlilik orta gelir aralığında artmakta ve daha sonra zengin toplumlarda sanayi üretimi öncesi seviyelere kadar düşmektedir (Dasgupta vd. 2002: 147). Ancak bu olgunun oluşabilmesi için uzun dönemde gerekli makroekonomik reformların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Gelir düzeyi arttıkça lider sanayi sektörleri daha temiz hale gelmekte ve insanların çevreye daha fazla değer vermesi ile düzenleyici kurumların da devreye girmesi sonucunda çevre kirliliği azalmaktadır (Dasgupta vd. 2002: 147).

Büyük fabrikaları denetlemek daha kolayken, küçük fabrikaların faaliyetlerini denetlemek ve yarattıkları kirlilik düzeyini tespit etmek oldukça zordur. Bu nedenle sanayi üretiminden kaynaklanan kirlilik ve atıkla mücadele etmek için gözlemlenebilen büyük ve gözlemlenemeyen küçük fabrika ayrımının yapılması gerekmektedir (World Bank, 1992: 19). Özel sektörde faaliyette bulunan firmalar kar oranları düşebileceğinden dolayı çevre kirliliğine karşı önlem almayı istememektedir. Bu nedenle hükümetler için her iki firma düzeyinde de çevre kirliliğini önleyici kanunlar çıkarıp yürürlüğe koymak önem arz etmektedir. Sanayi sektöründe GHG salımını azaltmak için alınan önlemler üretim sürecinde ek maliyetlere sebebiyet vermektedir. Ancak uzun dönemde enerji ve kaynak kullanımındaki etkinlik artışı ile birlikte bu maliyetlerin azaltılması mümkündür.

Tablo 6: G7 ve E7 Ülkelerinde Sanayileşme (%)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	26,602	27,471	24,947	27,456	27,086	27,402
ABD	21,222	21,453	19,629	20,004	20,065	20,228
Fransa	19,609	19,136	18,304	17,978	17,971	17,745
İngiltere	19,725	19,301	18,005	18,050	18,154	17,829
İtalya	23,295	23,791	21,933	21,738	21,327	21,017
Japonya	30,199	29,882	27,272	26,881	26,937	27,688
Kanada	-	29,075	25,445	27,521	27,016	27,533
Brezilya	24,172	23,125	21,878	23,102	21,224	20,472
Çin	47,023	46,861	45,883	46,400	44,008	43,102
Endonezya	46,541	46,799	47,652	43,913	42,635	41,928
Hindistan	30,723	31,731	31,141	30,161	28,404	27,656
Meksika	32,783	33,835	31,894	33,556	31,856	31,494
Rusya	32,629	31,222	29,326	29,258	28,205	27,904
Türkiye	25,301	26,456	24,055	26,935	27,696	28,195

Kaynak: Dünya Bankası, 2018

Tablo 6’da G7 ve E7 ülkelerine ait sanayileşme oranları gösterilmektedir. Gelişmiş olan ülkelere bakıldığında sanayi sektörünün GSYİH içerisindeki payının azalmakta olduğu görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde ise bu pay sadece Türkiye’de artmıştır. Diğer E7 ülkelerinde ise gelişmekte olan ülkeler gibi sanayi sektörünün GSYİH içerisindeki payı azalma eğilimindedir. Ancak Brezilya haricinde geriye kalan 6 gelişmekte olan ülkedeki sanayileşme oranları, gelişmiş ülkelere genel itibarıyla daha yüksektir. Bu da kirlilik yaratan sanayi sektörünün gelişmiş ülkelerdeki GSYİH yaratım sürecinde daha fazla etkili olduğunu göstermektedir.

1.5.5. Enerji Tüketiminin Çevre Kirliliğine Etkisi

Toplumların evrimi ve gelişimi kullandıkları enerji kaynaklarına bağlıdır. Gelecekte ekonomik ve toplumsal gelişim de enerji üretimi ve tüketiminin yeterliliğine dayanacaktır. Ancak enerji üretimi, tüketimi, dönüşümü ve aktarımı çevre kirliliğine sebebiyet verebilmektedir (Keleş vd., 2015: 104). Gaz emisyonları ile sıkı bir ilişki içinde olan enerji tüketimi gelişmekte olan ülkeler için ciddi bir problemdir (Abdallah, 2013: 35). Gelişmekte olan ekonomiler büyüdükçe, yüksek gelir düzeyindeki ülkelerin enerji tüketimi ve endüstriyel üretim seviyelerini yakalamaya başlayacaklardır (World Bank, 1992: 114). Gelişmekte olan ülkelere artacak olan yenilenemez enerji tüketimi ise çevre düzenini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Sanayi ve konutlarda kullanılan yenilenemez enerji kaynaklarının yanmasından kaynaklanan CO₂ ve kükürt dioksit salımı, doğal denge ile insan sağlığının bozulmasına sebebiyet verebilmektedir (Keleş, 2015: 22). Fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi arttıkça da çevre kirliliği daha fazla artacaktır. CO₂ salımındaki artışın en önemli sebebi özellikle petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlardan kaynaklanan enerji tüketimi olarak görülmektedir (Saboori ve Sulaiman, 2013: 892).

Atmosferik GHG konsantrasyonlarını dengeleyecek uzun vadeli bir stratejide, CO₂ salımındaki büyüme ve ekonomik büyüme birbirinden ayrılmalıdır (World Bank, 1992: 161). Bunun yolu da özellikle çıktı başına düşen enerji tüketimini ve fosil yakıt kullanımını azaltmaktan geçmektedir. Farklı enerji kaynakları ekonomik büyüme ve CO₂ salımı üzerinde farklı etkilere sahip olabileceğinden dolayı ayrıştırılmış enerji tüketimi (elektrik, petrol, gaz, hidroelektrik vb.), ekonomik büyüme ve CO₂ salımı arasındaki ilişkilerin incelenmesi ekonomik ve çevresel politikalar için önemlidir (Saboori ve Sulaiman, 2013: 893).

Enerji üretiminin ve tüketiminin çevre üzerindeki etkisini azaltmaya yönelik politikalarda iki tamamlayıcı yaklaşım benimsenmektedir (World Bank, 1992: 116). Birinci yaklaşımda ekonomik enstrümanlar kullanılarak ve kurumsal reformlar gerçekleştirilerek enerji kullanımında etkinlik arttırılabilir. İkinci yaklaşımda ise geleneksel yakıtların kirletici etkilerini azaltan ya da daha az kirletici ikame maddeleri kullanan teknolojiler geliştirilebilir. Her iki politikanın da etkin bir şekilde kullanılarak CO₂ salımındaki artışın önlenmesi günümüzde bir zaruriyettir.

Tablo 7’de G7 ve E7 ülkelerine ait toplam nihai enerji tüketimi değerleri gösterilmektedir. Rusya Uluslararası Enerji Ajansı’na (IEA) üye olmadığından dolayı toplam enerji tüketimi boş bırakılmıştır. 1970’li yıllara göre bütün ülkeler toplam nihai enerji tüketimlerini arttırmış olsalar da gelişmiş ülkeler son 10 yıllık süreçte Kanada haricinde enerji tüketimlerini azaltma veya istikrarlı hale getirme niyetindedirler. Gelişmekte olan E7 ülkelerine bakıldığında ise durum farklıdır. Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika ve Türkiye’de son 10 yılda enerji tüketimi gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında önemli ölçüde artış göstermiştir. Diğer bir dikkate değer nokta ise Türkiye’nin toplam enerji tüketimi E7 ülkeleri içinde oldukça düşüktür. Ancak enerji tüketimindeki artış hızı diğer ülkelere göre fazladır.

Türkiye’de GHG salımının en önemli sebebi enerji üretim ve tüketim faaliyetleridir. Ülkedeki GHG salımında enerji sektörünün payı %68’dir. Bu durum CO₂ salımı açısından ise %82’nin üzerindedir (Keleş vd., 2015: 106).

Tablo 7: G7 ve E7 Ülkelerinde Toplam Enerji Tüketimi (ktep)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	230674	220378	215086	218496	225334	216322
ABD	1563038	1576042	1451927	1498781	1506431	1531428
Fransa	168588	163940	156673	149245	156465	145627
İngiltere	148714	142217	132164	126255	129725	122452
İtalya	141278	138671	130794	127822	121007	116571
Japonya	329173	326071	299377	302168	302776	294493
Kanada	195719	198796	185121	195382	197660	196249
Brezilya	171861	187743	190950	218023	228054	232247
Çin	1184158	1368733	1480672	1692063	1816852	1868170
Endonezya	132687	138051	143787	147004	158136	162069
Hindistan	361098	400585	457207	501003	533381	556044
Meksika	105985	113509	110930	120319	119571	118720
Rusya	-	-	-	-	-	-
Türkiye	65535	76595	73423	81747	85270	85545

Kaynak: IEA, 2018

1.5.5.1. Fosil Yakıt Kaynaklı Enerji Tüketimi

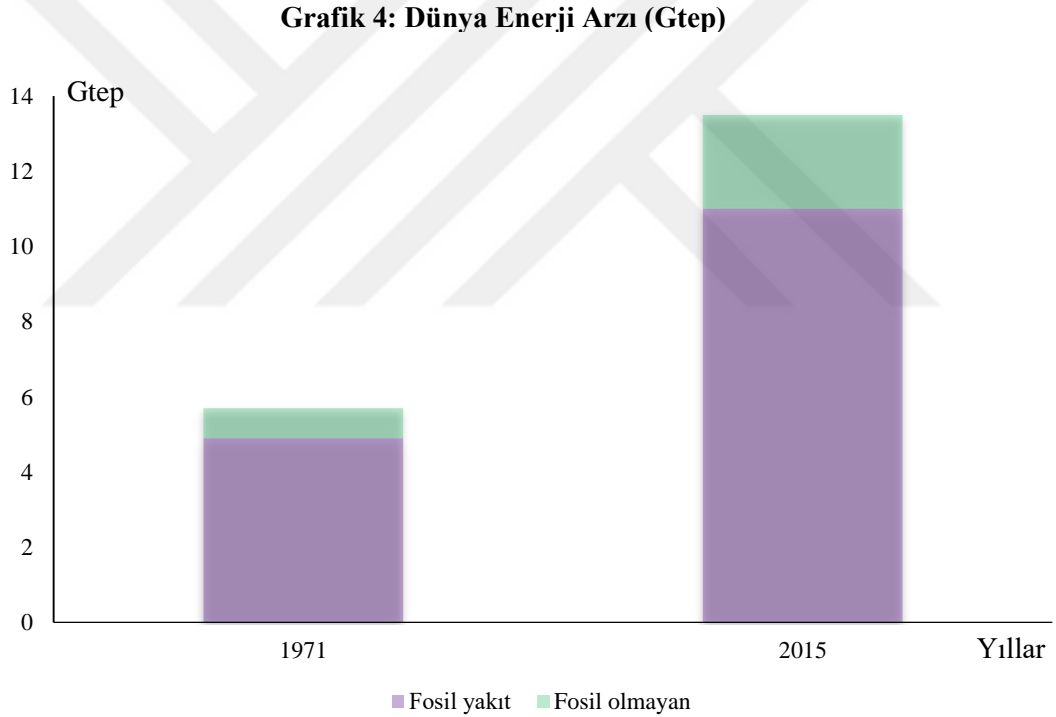
Fosil yakıtlar, gömülü ölü organizmaların anaerobik ayrışması ve benzeri doğal süreçlerden oluşan petrol, kömür ve doğalgaz gibi yakıtlardır (Munir ve Khan, 2014: 328). Canlıların yaşamının bir parçası olan biyolojik yanma haricinde geriye kalan yanma türleri yüksek ısıda gerçekleşerek CO₂, kükürdioksit ve benzeri zararlı gazların açığa çıkmasına sebebiyet vermektedir. Fosil yakıtların yanması, CO₂ salımındaki artışa katkı sağlayan en büyük etkidir (Lotfalipour vd., 2010: 5115). Sanayi devrimi ile gerçekleşen yoğun üretim süreci petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtı dayalı enerji tüketimini arttırmış, bu da yaşam ortamları ve çevrenin zarar görmesine neden olmuştur (Keleş, 2015: 50). Fosil yakıtların tekrar var olması milyonlarca yıl sürdüğünden ve mevcut rezervler keşfedilenlerden çok daha hızlı tükendiğinden dolayı bu enerji kaynakları, yenilenemeyen enerji kaynakları olarak nitelendirilmektedir (Munir ve Khan, 2014: 328). Yenilenebilir enerji kaynakları dışında kalan tüm fosil yakıt kaynaklı enerji üretim ve tüketim çeşitleri yanma ile hava kirliliğine neden olmaktadır (Keleş vd., 2015: 116).

Günümüzde yüksek karbon yoğunluğu olan enerji sistemi, birçok ülkede ulusal enerji güvenliği ile ilgili endişelere yol açan, daha zor ve daha pahalı hale gelen fosil yakıtların sınırlı bir arzına bağlıdır (UNEP, 2011: 204). Bu sınırlı enerjilerden doğalgaz, kömür ve petrol gibi fosil yakıt türleri, daha kaynaktan çıkarılırken bile çevre kirliliği oluşmaktadır (Keleş vd., 2015: 106).

Tarımda artan kimyasal kullanımı, çimento üretimi ve toprak kullanımının değişmesinin yanı sıra GHG salımının %70'inden fazlasına uygun olarak kullanılmayan fosil yakıtlar sebebiyet vermektedir. Yeni sanayileşen ülkelerle birlikte artmaya devam eden küresel CO₂ salımının kısa dönemde azaltılması mümkün görülmemektedir (Kaygusuz, 2009: 266).

Hava kirliliği, asit yağmurları ve iklim değişikliği temel olarak elektrik ve taşımacılık faaliyetleri için kullanılan fosil yakıt tüketiminden kaynaklanmaktadır (Goldemberg, 1998: 729). Fosil yakıtların daha verimli kullanılması ve kömürden daha düşük karbonlu yakıtlara geçiş, çıktı başına düşen CO₂ salımını önemli ölçüde azaltabilir (World Bank, 1992: 122).

Grafik 4'te 1971-2015 dönemi arasında fosil ve fosil olmayan yakıt arzındaki değişim gösterilmektedir. Toplam enerji arzı ile hesaplanan ağırlıklı olarak fosil yakıt kaynaklı küresel enerji talebi bu dönemde yaklaşık %150 oranında artmıştır (IEA, 2017: 10).



Kaynak: IEA, 2017: 10

Fosil olmayan enerji kaynaklarındaki (nükleer, hidro enerji ve diğer yenilenebilir kaynaklar) büyümeye ve özellikle bu kaynakların elektrik üretiminde %34 oranında kullanılmasına rağmen, fosil yakıt enerji kaynaklarının toplam enerji arzının içerisindeki payı yaklaşık olarak son 40 yıldır değişmemiştir (IEA, 2017: 10).

Tablo 8'de E7 ve G7 ülkelerinde fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi değerleri gösterilmektedir. Japonya haricinde gelişmiş ülkelerin hepsinde 10 yıllık süreçte fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi

azalmıştır. E7 ülkelerinde ise tam tersi bir durum söz konusudur. Gelişmekte olan beş ülkede de çevre kirliliğine sebebiyet veren fosil yakıt tüketimi aynı süreçte artış göstermiştir.

Tablo 8: G7 ve E7 Ülkelerinde Fosil Yakıt Kaynaklı Enerji Tüketimi (ktep)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	188819	179105	171998	175605	182719	172431
ABD	1344502	1349324	1221858	1254690	1249442	1270086
Fransa	88166	84733	79670	72376	75849	67292
İngiltere	130982	127391	115394	107943	108832	101187
İtalya	126869	122284	110980	107964	96762	91608
Japonya	268690	272265	243235	271294	286571	278835
Kanada	147156	149163	138917	145899	144629	144038
Brezilya				218023	228054	232247
Çin	1016868	1196380	1297597	1501404	1599845	1634289
Endonezya	86241	89159	94210	95996	103230	106259
Hindistan	238287	271930	325273	358075	385528	408488
Meksika	93943	100910	100479	108846	108296	107083
Rusya	-	-	-	-	-	-
Türkiye	57709	69315	66006	73582	75235	76628

Kaynak: IEA, 2018

Rusya ve Brezilya'nın verileri IEA'da mevcut değildir. Dünya bankasından elde edilen verilerde iki ülkenin fosil yakıt tüketiminin toplam enerji tüketimi içerisindeki payı 2014 yılı itibariyle sırasıyla %94 ve %59 olarak gerçekleşmiştir (Dünya Bankası, 2018). Rusya E7 ülkeleri arasında toplam enerji tüketiminde fosil yakıt kaynaklı enerji tüketiminin payı en yüksek, Brezilya ise en düşük olan ülkedir. G7 ve E7 ülkelerinin toplam enerji tüketimi içerisindeki fosil yakıt kaynaklı enerjinin payı Tablo 9'da yer almaktadır.

Sonuç itibariyle her iki tablodan da yola çıkarak gelişmiş ülkelerin istisnalar haricinde fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimlerini azaltmaya, gelişmekte olan ülkelerin ise arttırmaya meyilli oldukları söylenebilir.

Tablo 9: G7 ve E7 Ülkelerinde Fosil Yakıt Kaynaklı Enerji Tüketimi (ktep)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	81,85	81,27	79,96	80,37	81,08	79,71
ABD	86,01	85,61	84,15	83,71	82,94	82,93
Fransa	52,29	51,68	50,85	48,49	48,47	46,20
İngiltere	88,07	89,57	87,31	85,49	83,89	82,63
İtalya	89,80	88,18	84,85	84,46	79,96	78,58
Japonya	81,62	83,49	81,24	89,78	94,64	94,68
Kanada	75,18	75,03	75,04	74,67	73,17	73,39
Brezilya	54,25	52,66	51,31	54,56	58,01	59,11
Çin	85,87	87,40	87,63	88,73	88,05	87,48
Endonezya	64,99	64,58	65,52	65,30	65,27	65,56
Hindistan	65,98	67,88	71,14	71,47	72,28	73,46
Meksika	88,63	88,90	90,57	90,46	90,57	90,19
Rusya	90,68	90,54	90,16	90,90	90,74	90,22
Türkiye	88,05	90,49	89,89	90,01	88,23	89,57

Kaynak: Dünya Bankası, 2018

1.5.5.1.1. Petrol Tüketimi

Petrol en önemli enerji kaynağıdır (Kömür Atlası, 2017: 10). Sanayi devrimi ile birlikte petrol çıkarımı ve tüketimi artmıştır. Sanayi sektöründeki endüstriyel üretim süreci önemli miktarda petrol gerektirmektedir. Son yıllarda petrol, esnekliği ve evrensel gücü nedeniyle baskın bir enerji kaynağı olmuştur. Petrolün kullanımı, sanayi sektörünün ve ülkeler gelişmesi, ayrıca yaşam kalitesinin yükselmesiyle artmıştır (Park ve Yoo, 2014: 218).

Petrol kullanımı arttıkça ülkeler bu enerji kaynağına ekonomik ve sosyal olarak bağımlı bir duruma gelmişlerdir. Petrol ihracı bazı ülkelerin en önemli gelir kaynağı olurken, petrol ithalatı ise ülkelerin cari açığını olumsuz yönde etkileyen büyük bir ekonomik sorun olarak yer almıştır. 1970’li yıllarda oluşan petrol krizi ile bu enerji kaynağının ülke ekonomileri için ne kadar önemli olduğu gözler önüne serilmiştir.

Petrol üretimde bir girdi olarak ekonomik büyümeyi sağlasa da kullanımı sırasında açığa çıkan yüksek karbon miktarından dolayı çevre kirliliğine sebebiyet verebilmektedir. Özellikle ulaştırma ve sanayi sektöründe petrol kullanımı ile gerçekleşen fazla miktarda CO₂ salımı çevreyi önemli ölçüde tehdit etmektedir.

Tablo 10: G7 ve E7 Ülkelerinde Petrol Tüketimi (ktep)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	104009	91954	93367	91897	94097	92099
ABD	842416	828802	733862	719467	717616	722433
Fransa	80263	77947	72582	69865	68389	67233
İngiltere	63202	61250	55433	53254	51584	52013
İtalya	63462	62476	55764	53657	46529	47834
Japonya	190562	178940	164909	160506	160844	154874
Kanada	88299	91228	85099	90940	91254	89663
Brezilya	78992	84141	85723	100208	107753	109935
Çin	270041	310788	330910	383960	431182	447395
Endonezya	50334	48960	52010	61770	69863	69999
Hindistan	105569	121927	130121	141147	149844	156813
Meksika	67480	73511	72306	74213	72351	73068
Rusya	-	-	-	-	-	-
Türkiye	26101	27948	28604	28229	31091	30541

Kaynak: IEA, 2018

Tablo 10’da G7 ve E7 ülkelerinde 10 yıllık süreçte petrol tüketimi değerleri gösterilmektedir. Gelişmiş ülkelerde Kanada haricinde petrol tüketimi önemli ölçüde düşmüştür. Gelişmekte olan E7 ülkelerinin tamamında ise petrol tüketimi artış göstermiştir. Bu durum gelişmiş ülkelerin çevresel amaçlarla petrol tüketimlerini azalttıklarını, gelişmekte olan ülkelerin ise petrol açısından pek bir çaba göstermediklerini belirtmektedir.

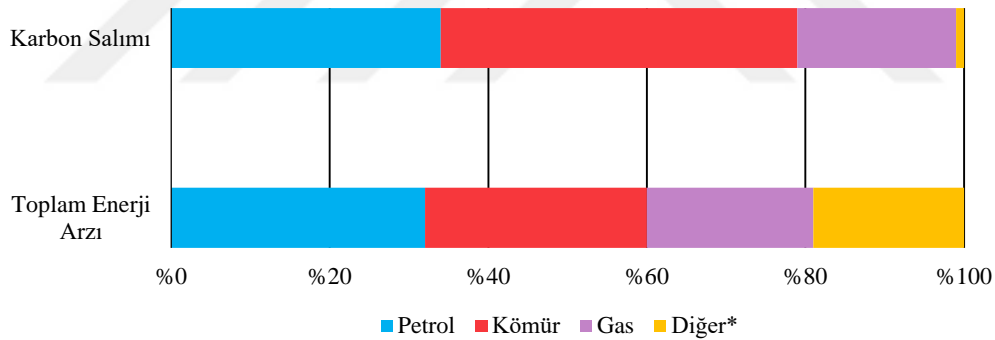
1.5.5.1.2. Kömür Tüketimi

Kömür, güneş enerjisinin bitki kalıntısı olarak saklanmasıdır. Bu enerji kaynağı sanayi devrimine sebebiyet veren en büyük etkenlerden biri olarak yer almaktadır. Kömürle çalışan büyük ölçekli fabrikalarda makineler emeğin yerine almış ve seri üretim süreci başlamıştır. Böylece fabrikalar tarafından maliyet avantajı ile daha uygun ve daha çok ürün üretimi gerçekleştirilebilmiştir. Ancak kömür tüketiminin ekonomik açıdan olumlu yönleri olduğu kadar olumsuz yönleri de söz konusudur. Kömür tüketiminde geçmişten günümüze yaşanan artışın insan ve doğal düzen üzerindeki olumsuz etkileri, olumlu etkilerinden daha çoktur (Kömür Atlası, 2017: 6). Elektrik üretiminde ve ısınmada kömürün yaygın olarak kullanılması, CO₂ salım değerlerinin yükselmesine, çevre kirliliğinin artmasına ve iş güvenliği sağlanmamış madenlerde insan hayatının tehlikeye atılmasına neden olmaktadır (Keleş vd., 2015: 108). Sanayileşme ve küresel büyümenin yakıtı olan kömüre olan talep küresel ölçekte hala artmaktadır. Bu artışın 2019 yılında %2,1’e yaklaşması beklenmektedir (Kömür Atlası, 2017: 6).

Milyonlarca yıllık güneş enerjisini depolayan kömürün yanması ile yüksek miktarda CO₂ ve ağır metalin salımı gerçekleşmektedir (Kömür Atlası, 2017: 10). Kömür ne kadar yillanır o kadar fazla CO₂ salımına sebebiyet veren bir enerji türüdür. Dünyadaki kömür santrallerinin yaklaşık %75'i çevreci olmayan teknolojiler ile üretim yapmaktadır. Bu kömür santrallerinde etkinliğin artırılması CO₂ salımının her yıl ortalama %33 ile %40 arasında yaklaşık olarak 1,7 milyon ton azalmasını sağlayabilir (World Energy Council, 2016: 13). İklim değişikliğini önemli ölçüde etkileyen kömür, dünyada gerçekleşen CO₂ salımının en büyük kaynağıdır (Kömür Atlası, 2017: 7). Kömür tüketimindeki sübvansiyonları azaltmak, etkinlik ve mali anlamdaki kazancın yanı sıra dünya enerji tüketiminden kaynaklanan CO₂ salımının yaklaşık %10 kadarının azaltılmasını sağlayabilir (World Bank, 1992: 12).

Grafik 5'te diğer enerji kaynakları; nükleer, hidro, jeotermal, güneş, rüzgar, biyokütle ve atıkları içermektedir. Kömür, 2015 yılında dünyadaki toplam enerji arzının % 28'ini temsil etmesine rağmen, salınan enerji başına ağır karbon içeriği nedeniyle küresel CO₂ salımının % 45'ine sebebiyet vermektedir (IEA, 2017: 11). Doğalgaz ile kıyaslandığında kömürün emisyon yoğunluğunun 2 kat daha fazla olduğu görülmektedir.

Grafik 5: Dünya Enerji Arzı ve CO₂ Salımındaki Yakıtların Payları (2015, %)



Kaynak: IEA, 2017: 11

Tablo 11'de G7 ve E7 ülkelerine ait 2005'ten 2014'e kadar bazı yıllardaki kömür tüketimi değerleri gösterilmektedir. Gelişmiş ülkelerde Japonya haricinde 10 yıllık süreçte kömür tüketiminin azaldığı görülmektedir. Gelişmekte olan bütün ülkelerde ise 10 yıl öncesine göre kömür tüketimi artmıştır.

Özellikle Çin'in kömür tüketimi çok yüksektir. Dünya kömür tüketiminin yarısından Çin sorumludur (BP, 2018). Çin'in kömür tüketimi ABD'nin yaklaşık olarak beş katıdır. Türkiye'de kömür tüketim düzeyi Brezilya ve Meksika'nın oldukça üzerindedir. Kömür tüketiminin CO₂ salımının önlenmesi için azaltılması gerekmektedir. Bu konuda gelişmiş ülkeler kısmen tüketimlerini azaltmaya başlamış olsalar da gelişmekte olan ülkeler kömür tüketimlerini arttırmaya devam

etmektedirler. Sonuç olarak kömür tüketimine karşı alınan önlemlerin şuanlık istenilen düzeyde çözüm üretmek için yeterli olmadığı söylenebilir.

Tablo 11: G7 ve E7 Ülkelerinde Kömür Tüketimi (mtep)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	81	86	71	78	82	79
ABD	574	573	496	495	454	453
Fransa	13	12	10	9	11	8
İngiltere	37	38	29	31	36	29
İtalya	16	16	12	15	13	13
Japonya	114	117	101	109	121	119
Kanada	30	30	23	21	20	19
Brezilya	13	13	11	15	16	17
Çin	1324	1584	1685	1903	1969	1954
Endonezya	24	36	33	46	57	45
Hindistan	211	240	280	304	352	387
Meksika	11	11	10	14	12	12
Rusya	94	93	92	94	90	87
Türkiye	22	29	30	33	31	36

Kaynak: BP, 2018

1.5.5.2. Yenilenebilir Enerji Tüketimi

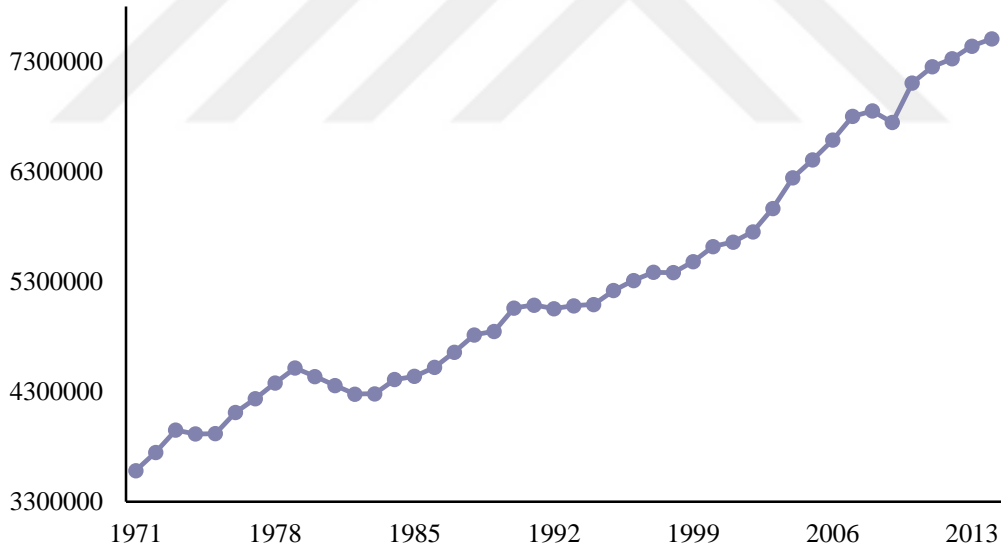
Yenilenebilir enerji doğal kaynaklardan elde edilen ve çevre kirliliğine sebebiyet vermeyen enerji türü olarak nitelendirilmektedir. Bu enerji, kullanımı esnasında kendini yenileyerek fosil yakıtlar gibi tükenmemektedir. Yenilenebilir enerji geleneksel enerji türlerinin aksine temiz, güvenli ve tükenmez olarak tanımlanmaktadır (Sebri ve Ben-Salha, 2014: 14). Yenilenebilir enerji kaynaklarından bahsedildiğinde özellikle güneş, rüzgar ve su öne çıkmaktadır (Keleş vd., 2015: 105). Dalga, güneş, rüzgar, jeotermal, hidro, biyokütle ve gelgit gibi enerjiler yenilenebilir enerji kaynakları olarak nitelendirilmektedir.

Ülkeler sürdürülebilir ekonomik gelişim hedeflerini gerçekleştirebilmek için yenilenebilir enerjinin gelişiminde ve kullanımda çaba sarfetmelidirler (Chen ve Lei, 2018: 1). Yenilenebilir enerji kullanımı enerji üretimi ve dağıtımındaki etkinliği arttırmaktadır (REN21, 2018: 165). GHG salımının önlenmesi için fosil yakıt tüketiminin azaltılarak yenilenebilir enerjinin üretimi ve tüketiminin gerçekleştirilebilir hale getirilmesi gerekmektedir (Keleş vd., 2015: 120). İklim değişikliğinin zararlı etkilerini hafifletmek, yerel hava kirliliğini azaltmak, enerji güvenliğini kuvvetlendirmek, iş imkanları sağlamak, aydınlanma ve ısınma için sürdürülebilir enerji temin etmek

gibi amaçlarla yenilenebilir enerji kullanımı günümüzde teşvik edilmektedir (IRENA vd., 2018: 19). Yenilenebilir enerji kullanımı dünya genelinde gün geçtikçe artmaktadır. 2014 yılında yenilenebilir enerji dünyadaki toplam nihai enerji tüketiminin yaklaşık olarak %19,2'sini oluşturmuştur (Chen ve Lei, 2018: 1).

Bir ülke fosil yakıtların yerine daha az emisyonu veren alternatif enerji kaynaklarını ikame ettiği takdirde sanayi ağırlıklı üretim gerçekleştirse dahi artan gelir düzeyi ile emisyonu azaltabilir (Coondoo ve Dinda, 2002: 354). Teknolojik gelişme ile birlikte enerji talebinin karşılanması ve enerji tüketiminin yapısının değiştirilmesi için yenilenebilir enerji kullanımı daha kolay hale gelmiştir (Chen ve Lei, 2018: 2). 2017 yılında yenilenebilir enerji santrallerinin kapasiteleri, düşen maliyetler ve gelişen teknoloji sayesinde gerçekleştirilebilen yatırımlarla birlikte rekor düzeyde artmıştır (REN21, 2018: 29). Ancak yenilenebilir enerji tüketiminin toplam nihai enerji tüketimi içerisindeki payı çok fazla artmamıştır. Bunun temel nedeni 2009 krizi haricinde fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi ile toplam enerji tüketiminin yüksek düzeyde artmaya devam etmesidir.

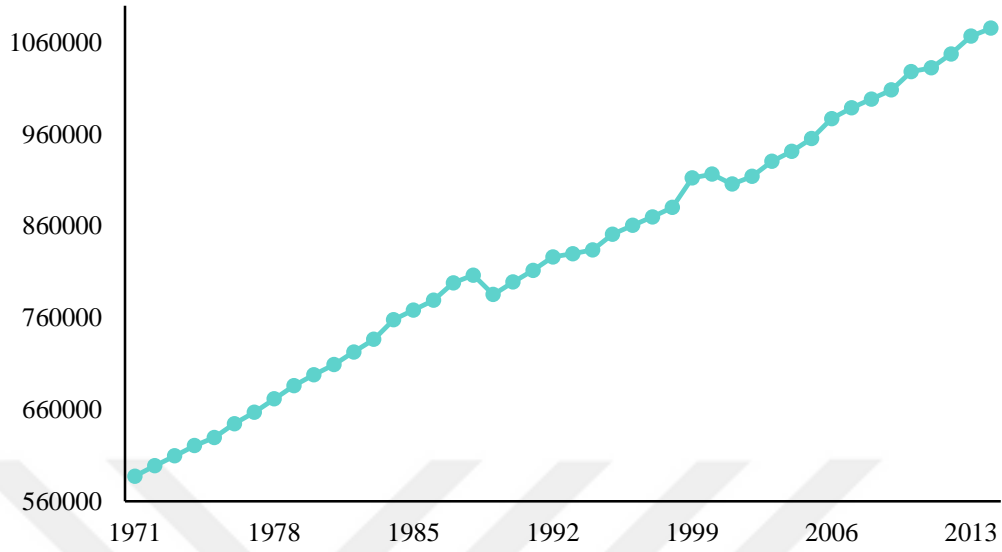
Grafik 6: Dünyada Fosil Yakıt Kaynaklı Enerji Tüketimi 1971-2014 (ktep)



Kaynak: IEA, 2018

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki teknolojik gelişmeye rağmen fosil yakıt tüketimi yıldan yıla artmaktadır. Grafik 6'da dünyada 1971'den 2014'e kadar süregelen fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi gösterilmektedir. 2000'li yıllardan itibaren küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele adımları her ne kadar atılmış olsa dahi fosil yakıt kaynaklı enerji kullanımının artarak devam ettiği görülmektedir. 1971 yılına göre fosil yakıt kaynaklı enerji kullanımı 3 kattan fazla artmıştır.

Grafik 7: Dünyada Yenilenebilir Enerji Tüketimi 1971-2014 (ktep)



Kaynak: IEA, 2018

Tablo 12: G7 ve E7 Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi (ktep)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	9115	12037	11964	13065	13560	14241
ABD	56114	63885	66319	72420	83347	84455
Fransa	9243	8993	10838	10069	12326	11027
İngiltere	692	1102	1881	2696	3186	3417
İtalya	4605	7169	9291	6785	8776	7724
Japonya	3439	3552	3050	3658	3820	3851
Kanada	12673	12377	11251	12757	13592	13876
Brezilya	46619	52566	55719	57379	57971	59033
Çin	206691	209060	212453	214619	220520	220694
Endonezya	49860	51004	51867	52872	57031	58022
Hindistan	152728	153358	166132	179400	170683	166052
Meksika	7834	7671	7315	7293	7753	7161
Rusya	-	-	-	-	-	-
Türkiye	6633	6332	6260	5639	5937	5553

Kaynak: IEA, 2018

Grafik 7’de dünyada 1971’den 2014’e kadar ktep olarak gerçekleştirilen yenilenebilir enerji tüketimi gösterilmektedir. Dünyada yenilenebilir enerji tüketimi hızla artmaktadır. Ancak bu artış hızı yüksek olsa da fosil yakıtın egemenliği sarsılmış değildir. 2014 yılında 1075659 ktep olarak

gerçekleşen yenilenebilir enerji tüketimi, aynı yılda 7506749 ktep olarak gerçekleşen fosil yakıt kaynaklı enerji tüketiminden neredeyse 7 kat daha azdır.

Tablo 12’de E7 ve G7 ülkelerine ait yenilenebilir enerji tüketimi değerleri ktep olarak gösterilmektedir. 10 yıllık süreçte gelişmiş ülkelerin yenilenebilir enerji tüketimleri önemli ölçüde artış göstermiştir. Ancak gelişmekte olan ülkelere bakıldığında gerçekleşen artış gelişmiş ülkeler kadar yüksek değildir. Türkiye ve Meksika’da ise yenilenebilir enerji tüketiminin azaldığı görülmektedir. Sürdürülebilir gelişim hedefleri için yenilenebilir enerji tüketiminde görülen bu azalışlar, arzu edilen bir durum değildir. Türkiye başta güneş olmak üzere yenilenebilir enerji türlerinden potansiyelinin oldukça altında faydalanmaktadır (Keleş vd., 2015: 109). Gelişmiş ülkeler kadar gelişmekte olan ülkelerin de yenilenebilir enerji tüketimini desteklemeleri gerekmektedir.

1.5.5.2.1. Hidro Enerji Tüketimi

Hidro enerji suyun belirli bir yükseklikten düşmesi veya akması ile su tribünlerinin döndürülmesi sayesinde gerçekleştirilen elektrik üretimini, hidroelektrik enerji santralleri (HES) ise bu işlemin gerçekleştirildiği tesisleri ifade etmektedir (Ürker ve Çobanoğlu, 2012: 66). Barajlarda oluşturulan elektrik enerjisinin miktarını suyun akış hızı belirlemektedir. Hidro enerji, yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak çevre için zararlı olmaması ve havayı kirletme olasılığının çok düşük olması nedeniyle tercih edilmektedir (Keleş, 2015: 185).

Hidro enerjinin temini için kurulan barajların nehirler ve yakın çevre üzerindeki etkileri beş alt başlık halinde gösterilebilir (Berkün vd. 2008: 43).

- Su kalitesi ve fiziksel değişimler
- Balıklar üzerindeki etkiler
- Göller üzerindeki etkiler
- Balıkların göçleri üzerindeki etkiler
- Sosyoekonomik etkiler

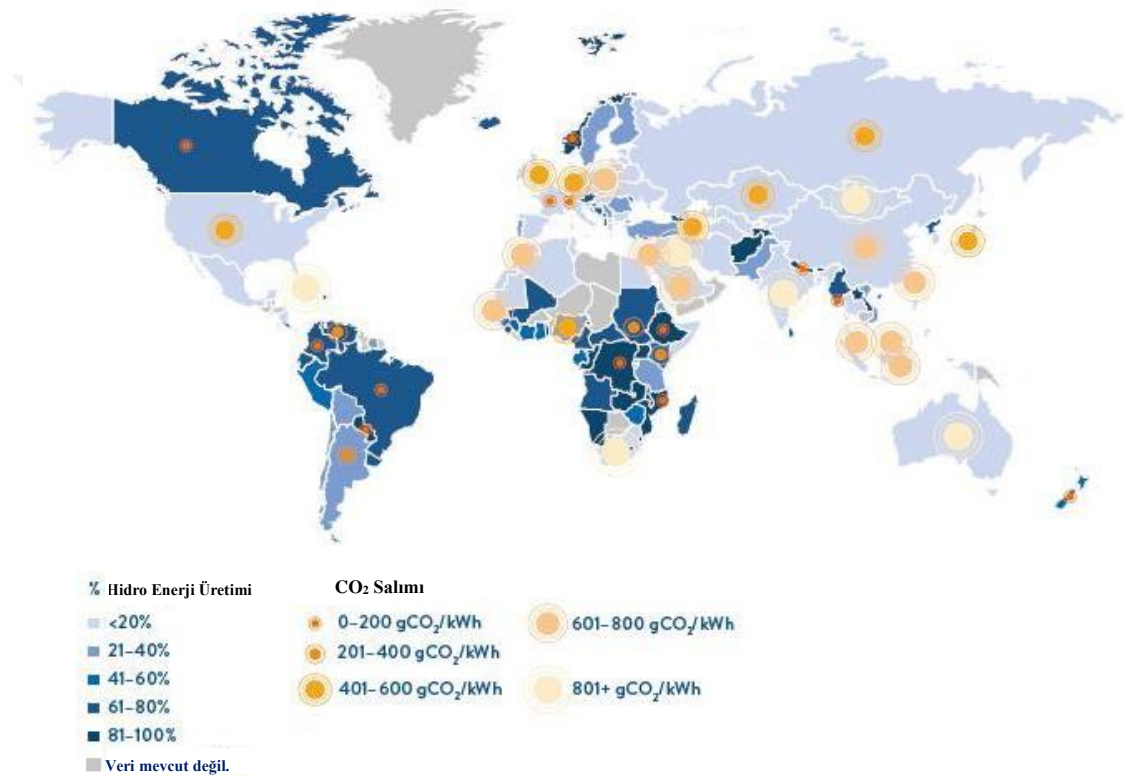
HES elektrik üretiminin yanı sıra istihdam artışı yaratarak da ekonomiye katkı sağlamaktadır. Barajların yapımı esnasında gerçekleşen istihdam ile uyumlu olarak oluşturulan yapısal ve sosyal tesisler ile birlikte bölge ekonomisi canlanmaktadır. Böylece ilgili bölge sosyokültürel olarak da gelişim göstermektedir. Hidro enerji ile beraber çevreci ve dış kaynaklara bağlı kalmadan enerji üretimi ve tüketimi gerçekleştirilebilmektedir.

Küresel toplam kurulu hidro enerji kapasitesi 2005 yılından 2015 yılına gelindiğinde yıllık ortalama %4 büyüyerek %39 artış göstermiştir (World Energy Council, 2016: 20). Bu artış

gelişmekte olan ülkelere sadece temiz enerjiyi değil, aynı zamanda enerji güvenliğini ve su hizmetlerini getirmiştir. Şekil 5'te dünya çapında hidro enerji üretimi ve bu üretimin CO₂ salımının azaltılmasında katkısı gösterilmektedir.

Hidro enerji kullanılarak küresel yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretiminin yaklaşık %71'i gerçekleştirilmektedir. Grafikte hidroelektrik enerji üretiminin yoğun olduğu yerlerde CO₂ salımının göreceli olarak düşük, bu enerji kaynağının üretiminin az olduğu yerlerde ise CO₂ salımının nispeten daha yüksek olduğu görülmektedir.

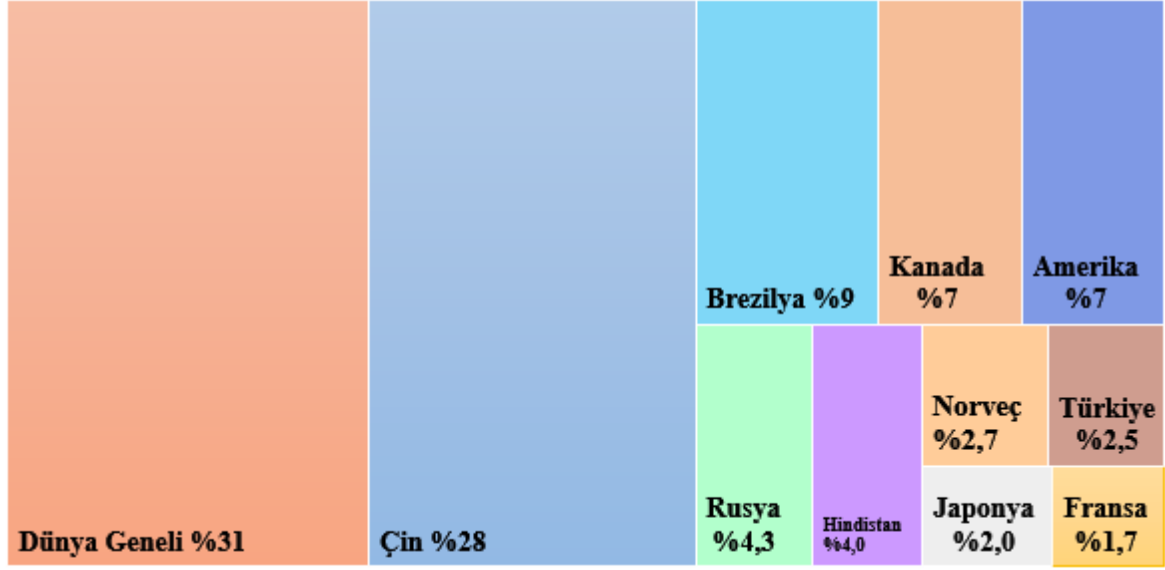
Şekil 5: Hidroelektriğin Düşük Karbon Salımının Geleceğine Katkısı



Kaynak: World Energy Council, 2016: 21

Grafik 8'de 2017 yılında dünyada en çok hidro enerji kapasite sahip ilk 9 ülke gösterilmektedir. Türkiye dünyada 8. ve avrupada en çok hidro enerji potansiyeline sahip 2. ülke konumundadır. Türkiye elektrik üretiminin yaklaşık olarak %25'ini hidro enerji ile gerçekleştirmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji üretim ve tüketimi ile gerçekleştirilebilecek olan sürdürülebilir gelişim hedeflerinde hidro enerji önem arz etmektedir. Türkiye 2023'e kadar hidro enerji kapasitesinin tamamına yakınına aktif hale getirmeyi planlamaktadır (Ozcan, 2016: 836).

Grafik 8: Dünyada Hidro Enerji Kapasitesi En Yüksek Ülkeler (%)



Kaynak: REN21, 2018: 83

Tablo 13'te G7 ve E7 ülkelerine ait 10 yıllık süreçte hidro enerji tüketimi değerleri gösterilmektedir.

Tablo 13: G7 ve E7 Ülkelerinde Hidro Enerji Tüketimi (TWh)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	19	21	19	17	23	19
ABD	266	243	271	316	266	255
Fransa	51	58	57	46	70	62
İngiltere	4	5	5	5	4	5
İtalya	36	32	49	45	52	58
Japonya	77	74	68	80	78	80
Kanada	362	367	368	375	391	382
Brezilya	337	374	391	428	391	373
Çin	397	485	615	688	909	1051
Endonezya	10	11	11	12	16	15
Hindistan	97	122	106	131	132	139
Meksika	27	27	26	36	28	38
Rusya	174	179	176	164	179	174
Türkiye	39	35	36	52	59	40

Kaynak: BP, 2018

Tablo'da görüldüğü üzere Almanya ve Rusya'nın hidro enerji tüketimi sabit kalmış, ABD'nin ise azalmıştır. Diğerlerine bakıldığında, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ayrımı yapılmaksızın bütün ülkelerde hidro enerji tüketiminde 10 yıllık süreçte bir artış olduğu görülmektedir. Hidro enerji ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermemektedir.

1.5.5.3. Elektrik Tüketimi

Elektrik, sosyoekonomik gelişimde hayati öneme sahip yapısal girdilerden birini oluşturan en esnek enerji biçimidir (Ghosh, 2002: 125). Ülkelerin elektrik altyapısı ekonominin giderek daha önemli bir bileşeni haline gelmektedir (Yoo, 2006: 3573). Elektrik enerjisinin bulunuşu ile beraber yeni bir dönem başlamıştır. Elektrik enerjisi 19.yy'ın son çevreğinde ve 20.yy'ın başından itibaren ikinci sanayi devrimi olarak nitelendirilmektedir (Rosenberg, 1998: 8). Kitle üretim faaliyetleri elektrik enerjisi ile birlikte sağlanmış ve dünya genelinde ekonomik bir dönüşüm gerçekleşmiştir. Elektrik enerjisi çeşitli enerji kaynakları kullanılarak üretilen ikincil bir enerji türüdür. Elektrik enerjisi üretime katkı sağlayarak ekonomik bir girdi görevi görmesine rağmen üretiminde kullanılan enerji kaynağına göre de çevreye zararlı olabilmektedir. Bu enerji türü güneş, rüzgar, hidro enerji ve nükleer enerji gibi kaynaklarla üretildiğinde CO₂ salımına sebebiyet vermemektedir. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar ile elektrik enerjisi üretildiğinde ise çevreye fazla miktarda zarar veren GHG salımları artmaktadır.

Dünyadaki elektrik üretiminin yaklaşık %40'ı kömür ile sağlanmaktadır ve önümüzdeki otuz yıl boyunca bu durumun devam etmesi beklenmektedir (World Energy Council, 2016: 11). Kömür ile elektrik üretimi gazla çalışan santrallerden iki kat daha fazla CO₂ salımına sebebiyet vermektedir (Kömür Atlası, 2017: 16).

Geçmişte elektrik enerjisinin kullanımı sınırlı olsa da günümüzde teknolojik gelişme ve üretim artışı ile birlikte sanayi sektöründe, evlerde ısınmada, aydınlanmada, kısacası enerjinin gerekli olduğu birçok alanda kullanılabilmektedir. Hatta araçlar dahi petrol kullanılmadan elektrik enerjisi ile çalışır hale getirilmektedir. Tarım, sanayi ve hizmet sektörünün tamamında elektrik ekonomik bir girdi olarak kullanılmaktadır. Birçok üretim ve insan faaliyeti elektrik ile gerçekleştirilmektedir. Toplumların devamı için elektrik artık bir zaruriyettir. Ancak bu zaruriyet karşılanırken çevresel kalitenin de göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Elektrik enerjisinde etkinlik artırılarak ve yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik enerjisi üretilerek çevresel zararlar önlenabilir. Bu nedenle dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki elektrik üretim ve tüketim düzeyleri önem arz etmektedir. Tablo 14'te G7 ve E7 ülkelerine ait toplam elektrik tüketimi değerleri gösterilmektedir.

Tablo 14: G7 ve E7 Ülkelerinde Elektrik Tüketimi (GWh)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	588685	594711	558341	584504	582062	569751
ABD	4049930	4114051	3961560	4127198	4110051	4137101
Fransa	483503	480991	474823	472623	486268	460202
İngiltere	378775	374214	351433	346148	346910	331435
İtalya	332229	339195	317247	327466	310758	304092
Japonya	1091055	1114892	1026972	1035396	1018105	995262
Kanada	546476	548692	519591	537223	552585	552416
Brezilya	375195	412128	425993	480119	516427	531233
Çin	2323636	3065304	3477859	4432946	5121945	5357549
Endonezya	113292	126912	141727	166748	194895	207141
Hindistan	537111	640990	728807	871254	978821	1042332
Meksika	211628	223530	224399	256486	254776	259645
Rusya	828118	897680	870331	927210	938422	949592
Türkiye	136750	163353	165087	197935	209222	219889

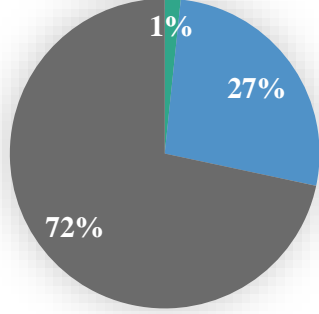
Kaynak: Dünya Bankası, 2018

Gelişmiş G7 ülkelerinde ABD hariç 10 yıllık süreçte elektrik tüketiminin bariz bir şekilde azaldığı görülmektedir. Gelişmekte olan E7 ülkelerinin birçoğunda ise elektrik tüketimi neredeyse 2 kata kadar artış göstermiştir. Gelişmiş ülkelerde daha az elektrik ile aynı miktarda çıktı sağlanabildiği söylenebilir. Enerji etkinliğindeki artış ile birlikte daha az enerji kullanımından dolayı gelişmiş ülkelerde elektrik tüketimi kısmen azalmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler ise sanayileşme süreçlerini henüz tam olarak tamamlamadıklarından ötürü elektrik tüketimleri artarak devam etmektedir.

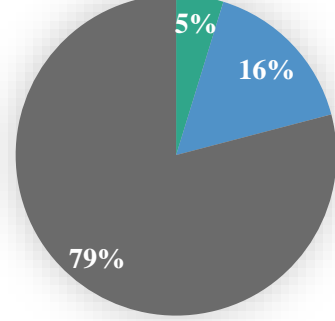
Grafik 9'da Türkiye'de 1971 ve 2014 yıllarında elektrik üretiminde yer alan enerji kaynaklarının oranları gösterilmektedir. 1971 yılında hidro enerji, elektrik enerjisi üretiminin neredeyse 3'te 1'ini oluşturmaktadır. Petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlar ise elektrik enerjisi üretiminde %72 oranında önemli bir paya sahiptir. Türkiye'de ve dünyada 70'li yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına gereken önem verilmediği için hidro enerji hariç diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı %1'dir. 2014 yılına gelindiğinde ise hidro enerjinin elektrik üretimindeki payı %27'den %16'ya düşmüştür. Hidro enerji harici diğer yenilenebilir kaynaklar ile gerçekleştirilen elektrik üretimi %1'den %5'e yükselmiş, ancak fosil yakıt kaynaklı elektrik enerjisi üretiminin payı %80'e yaklaşmıştır. Bu noktada kullanılan fosil kaynaklı enerjilerin dağılımı önem arz etmektedir. Bu dağılım Grafik 10'da gösterilmektedir.

Grafik 9: Türkiye’de Elektrik Üretiminde Kullanılan Enerji Kaynakları (%)

1971



2014



■ Yenilenebilir enerji (hidro enerji hariç)
■ Hidro Enerji
■ Petrol, Doğalgaz ve Kömür

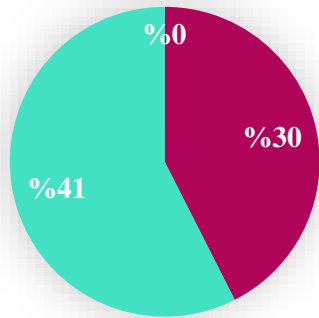
■ Yenilenebilir enerji (hidro enerji hariç)
■ Hidro Enerji

Kaynak: Dünya Bankası, 2018

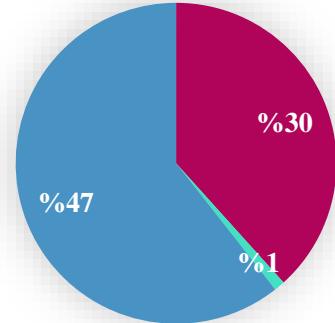
Grafikte görüldüğü üzere 1971 yılında elektrik üretiminde doğalgaz kullanımının yeri yoktur. Bu tarihte Türkiye’de elektrik üretiminin %41’ini petrol ile karşılarken, %30’unu da kömür ile elde etmiştir. Ancak geçen 40 yıl sonucunda Türkiye’de fosil yakıt ile elektrik enerjisi üretiminde büyük bir değişim yaşanmıştır. Kömürün payı aynı seyrederken petrolden doğalgaza doğru bir dönüşüm gerçekleşmiştir.

Grafik 10: Türkiye’de Elektrik Üretiminde Kullanılan Fosil Enerji Kaynakları (%)

1971



2014



■ Kömür ■ Petrol ■ Doğalgaz

■ Kömür ■ Petrol ■ Doğalgaz

Kaynak: Dünya Bankası, 2018

Doğalgaz, kömür ve petrole göre daha az çevre kirliliğine ve CO₂ salımına sebebiyet vermektedir. Bu yönden elektrik üretiminde doğalgaza doğru bir dönüşüm olumludur. Ancak ülkenin elektrik üretiminde kullandığı doğalgazın yaklaşık olarak %98'i diğer ülkelere bağımlı bir şekilde ithal edilmektedir (Ozcan, 2016: 833). Böylesine bir dışa bağımlılık cari açığa sebebiyet vermektedir. Bu durum elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları ile çeşitliliği arttırarak giderilebilir.

1.6.Çevre Kirliliği ve CO₂ Salımını Azaltmak İçin Alınabilecek Tedbirler

Ekonomiler Adam Smith'in temellerini attığı Klasik iktisadi görüşün savunduğu gibi kendi hallerine bırakılırsa CO₂ salımı gitgide artacaktır. Bu nedenle Keynes'in ekonomiye devlet müdahalesinin olması gerektiği görüşü çevre kirliliği için de geçerli bir argümandır.

Günümüzde çevre kirliliği ve özellikle CO₂ salımının azaltılması için alınabilecek çeşitli yöntemler mevcuttur. Atmosferdeki net CO₂ salımını azaltmak için kullanılacak teknolojik seçenekler aşağıda yer almaktadır (IPCC, 2005: 53):

- Enerji kullanımının etkinliğini arttırarak ve daha az enerji yoğun ekonomik faaliyetler geliştirerek CO₂ salımına sebebiyet veren enerji kaynaklarının tüketimi azaltılabilir.
- Karbon yoğunluğu daha az olan yakıtlara geçiş sağlanabilir. Örneğin kömür yerine doğalgaz tüketimi teşvik edilebilir.
- Neredeyse hiç CO₂ salımına sebebiyet vermeyen yenilenebilir ve nükleer enerji kaynaklarının tüketimi arttırılabilir.
- Ormanlarda ve topraklarda biyolojik emme kapasitesi arttırılarak CO₂ salımı depolanabilir.
- Kimyasal veya fiziksel olarak CO₂ salımı yakalanıp depolanabilir.

CO₂ salımının azaltılabilmesi için bu yöntemlerden hangisi veya hangilerinin kullanılacağına seçimi maliyet, kapasite, çevresel etki, mevcut teknoloji düzeyi ve kamu tarafından kabul görme gibi sosyal faktörlere bağlıdır. Kişilerin çevre kirliliğine yönelik davranışlarını değiştirmek için tasarlanan politikalar iki şekilde sınıflandırılabilir (World Bank, 1992: 13):

1. Teşviklere dayalı olan, kirletenleri yaptıkları zarar miktarına göre vergi veya ücretlendiren piyasa temelli politikalar.
2. Niceliksel kısıtlamalara dayalı olan komuta ve kontrol politikaları.

Piyasaya dayalı araçlar prensipte ve pratikte en iyisidir. Bu ilk yöntem en düşük kontrol maliyetine sahip olan kirleticileri teşvik etmekte ve böylece ekonomiye daha az yük getirmektedir. İkinci yöntem ise ekonomi üzerinde daha maliyetlidir ve daha çok kirletici sayısının fazla olduğu

bölgelerde kullanımı tercih edilmektedir. Bu bölgelerde niceliksel kısıtlama daha etkin bir araç olarak yer almaktadır.

İlk yöntem kapsamında çevre kirliliğinin azaltılması için hükümetler tarafından özellikle kirleten öder prensibi uygulanabilir. Kirleten öder prensibi, kirliliğe, özellikle en fazla CO₂ salımına neden olanların, neden olunan miktara göre ücretlendirilmesi gerektiğini ifade etmektedir (Giddens, 2009: 63). Bu prensip iklim değişikliği vergileri ve karbon piyasalarının arkasında yatan temel olup, aynı zamanda geçmişte GHG'ye en çok katkıda bulunan ülkelerin bugün en büyük kesintileri yapmalarını sağlamaktadır.

Günümüzde ülkeler daha iyi olanaklara sahip olduğundan dolayı çevresel politikalarda geçmişte olduğu gibi hatalar yapılmayabilir. Ülkelerin elinde politika aracı olarak çok daha fazla seçenek mevcuttur. Bu araçlar ile birlikte kaynaklar daha etkin kullanılabilir, sınırlı kaynakların tüketimi üzerindeki sübvansiyonlar kaldırılabilir ve çevre kirliliğini önleyici teknolojiler kullanılarak üretim süreci devam ettirilebilir.

Özellikle CO₂ salımının azaltılması için alınabilecek önlemlerden; çevre vergileri, karbon yakalama ve depolama teknolojileri, enerji verimliğinde artış sağlama ve karbon piyasaları detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

1.6.1. Çevre Vergileri ve Sınırlamalar

Küresel ısınmanın zararlı etkilerinin sonucunda, politika yapıcıları 1997 Kyoto Protokolünde GHG salımı azaltma hedeflerini tutturmak için çevre vergilerine daha fazla önem vermeye başlamışlardır (Abdullah ve Morley, 2014: 27). Çevre vergilerinden biri olan karbon vergisi, CO₂ salımını azaltmada etkili ve düşük maliyetli bir yoldur (OECD, 2016: 22). Ekonomik açıdan bakıldığında karbon vergisinin amacı, gelecek nesillere yansıtacak maliyetler de dahil olmak üzere, dışsallıkların ortadan kaldırılmasına yardımcı olmaktır (Giddens, 2009: 150). Bu yöntem ile tüketilen bir birim enerjiye veya ortaya çıkan CO₂ salımına vergi koyulmaktadır. Böylelikle karbon yoğun enerjilerin fiyatları arttırılmaktadır. Artan enerji fiyatları ile birlikte firmalar ve hane halkı daha az CO₂ salımına sebebiyet veren enerjilere yönelmektedir. Her iki karar birimi de karbon fiyatlamasına karşı karar verirken günümüz koşullarında iyi derecede bilgiye sahiptir.

CO₂ salımı vergi koyularak olduğu gibi miktar kısıtlaması getirilerek de azaltılabilir. CO₂ salımını sınırlamaya yönelik alınacak önlemlerden ikisi, uluslararası iktisat literatüründe ithalatı sınırlandırmak için uygulanan gümrük tarifeleri ve ithalat kotalarına benzemektedir. Emisyon üst sınırı ve ticareti ile CO₂ salımı miktarının direkt ve karbon vergileri ile ise dolaylı olarak azaltılması amaçlanmaktadır. Firmalar karbon vergisini gider olarak yansıtabilir. Ancak karbon sınırlaması için böyle bir durum söz konusu değildir. Bu sebeple, iş dünyası için karbon vergisi, karbon sınırlamasına

göre daha avantajlıdır. Ancak bu argümana karşı da karbon vergisi CO₂ salımının azalmasını garanti etmezken, karbon sınırlaması bunu garanti etmektedir. Bu yönüyle de karbon sınırlaması daha etkin bir araçtır (Sumner vd., 2011: 927).

Karbon vergisi ilk defa 1990 yılında Finlandiya’da ortaya çıkmış olup, 1991 yılında Norveç ve İsveç, 1992 yılında Danimarka ve neredeyse 10 yıl sonra İngiltere’de uygulanmaya başlanmıştır (Sumner vd., 2011: 292). Karbon fiyatlamasının CO₂ salımını azaltma derecesi, fiyatın yüksekliğine ve sübvansiyonlara bağlıdır (OECD, 2016: 28). Yüksek fiyat artışları genelde CO₂ salımında yüksek azalışlar sağlamaktadır. Gerekli sübvansiyonların olmaması halinde CO₂ salımındaki azalışlar sadece yüksek karbon fiyatlaması durumunda geçerli olacaktır. Düşük maliyetle sübvansiyonlar sağlandığında ise, düşük karbon fiyatlaması olsa dahi CO₂ salımını azaltmada başarı sağlanabilir. Ayrıca ekonomideki bütün sektörlerde uygulanan eş zamanlı karbon fiyatlaması ile CO₂ salımını azaltma, daha düşük maliyetler ile gerçekleştirilebilir.

Politika yapıcılarının karbon vergisinin hangi sektöre uygulanacağını, vergi oranının ne olacağını, tüketicilere bu verginin nasıl yansıtılacağını ve uygulamada başarının nasıl sağlanacağını belirlemeleri gerekmektedir. CO₂ salımını ekonomik büyüme ve çevresel etkileri ile ele almış diğer programlar gibi etkileyen birçok faktör olduğundan dolayı, karbon vergisinin toplam etkisinin belirlenmesi oldukça zordur (Sumner vd., 2011: 936). Karbon vergisi yürürlüğe konulmadığında, çevresel maliyetler dikkate alınmadığı için aşırı fosil yakıt tüketimi gerçekleşmekte ve bu durum çevreye zarar vermektedir (Çiçek ve Çiçek, 2012: 99). Karbon fiyatlaması firmaların, hane halkının, özel sektör ve kamudaki kurum ve kuruluşların gerçekleştirdikleri CO₂ salımının vergilendirilmesiyle, ekonomide kaynak dağılımının sağlanmasına yardımcı olur (OECD, 2016: 30). Karbon fiyatlaması uygulamaya konulmadığında, genellikle enerji kullanıcıları marjinal fayda ile marjinal maliyetlerini birbirine eşitleyecek düzeyde enerji tüketmektedirler. Bu durumda açığa çıkan CO₂ salımı toplumsal bir maliye yaratmaktadır. Karbon fiyatlaması ile birlikte bu dışsal maliyetler içselleştirilmektedir. Bu durum ekonominin genelinde net bir yarar sağlamaktadır.

Karbon fiyatlaması üreticileri caydırıcı şekilde planlanmalıdır. Karbon salımı için ödenmesi gereken vergi, üreticinin ödememesi durumunda uğrayacağı zarardan az olmalıdır. Karbon vergisini gereğinden düşük bir oranda uygulamak bu verginin ödenmemesine ve CO₂ salımının devam etmesine, gereğinden yüksek uygulamak ise üretim yapan firmaların maliyetlerini arttırarak karlarının azalmasına sebebiyet verebilir.

Enerjiyi vergilendirmek nispeten kolaydır ve birçok ülke gelir kaynağı olarak enerji vergilerine güvenmektedir (World Bank, 1992: 162). Bu yolla kömür ve petrol gibi CO₂ salımına en çok sebebiyet veren enerji kaynaklarının çevreye verdikleri zararlı etkiler azaltılabilir ve aynı zamanda belirli bir miktarda gelir de elde edilebilir.

Tablo 15'te çevre vergilerinin GSYİH'ye oranı G7 ve E7 ülkeleri için gösterilmiştir. Rusya ve Endonezya'nın çevre ile ilgili vergi verileri OECD'de mevcut olmadığından ötürü tabloda yer almamıştır. Meksika bu ülkeler içerisinde çevre vergilerinin GSYİH'ye oranının en düşük olduğu ülke konumundadır. Türkiye'nin uyguladığı çevre vergilerinden elde ettiği gelirin GSYİH içerisindeki payı diğer ülkelere göre oldukça yüksektir.

Tablo 15: G7 ve E7 Ülkelerinde Çevre Vergileri (%GSYİH)

Ülke	2005	2007	2009	2011	2013	2014
Almanya	2,43	2,18	2,27	2,18	2,06	2,00
ABD	0,86	0,82	0,79	0,79	0,76	0,72
Fransa	2,01	1,87	1,88	1,89	1,96	1,97
İngiltere	2,30	2,26	2,39	2,41	2,36	2,32
İtalya	2,68	2,60	2,79	3,41	3,68	3,85
Japonya	1,69	1,62	1,61	1,53	1,47	1,40
Kanada	1,21	1,16	1,21	1,17	1,15	1,15
Brezilya	1,01	1,02	0,81	0,92	0,66	-
Çin	0,82	0,84	1,30	1,37	1,37	1,33
Endonezya	-	-	-	-	-	-
Hindistan	1,28	1,10	1,02	1,06	0,97	0,95
Meksika	0,39	-0,19	0,25	-0,79	-0,35	0,06
Rusya	-	-	-	-	-	-
Türkiye	4,12	3,62	3,53	3,74	4,06	3,83

Kaynak: OECD, 2018

2014 yılında Türkiye, 34 OECD ülkesi ve 5 ortak ülke (Brezilya, Hindistan, Endonezya, Çin ve Güney Afrika) arasında çevre vergilerinin GSYİH içerisindeki payının %3,83 ile en yüksek olduğu ikinci ülke konumundadır (OECD, 2017). 39 ülkede çevre vergileri içindeki enerji vergilerinin payı ortalama %70'tir. Türkiye'de ise %68 olarak gerçekleşen bu pay ortalamaya yakın seyretmektedir. Ayrıca Türkiye'de enerji tüketiminden kaynaklı CO₂ salımının yaklaşık %68'i vergilendirilmektedir. Elektrik ve karayolu taşımacılığı sektörlerinde oluşan CO₂ salımının tamamı vergiye tabidir.

Karbon vergisinden elde edilen gelir üç şekilde kullanılabilir (Sumner vd. 2011: 294):

1. Elde edilen gelirlerle karbon azaltma programları desteklenebilir.
2. Gelir vergisi azaltılarak bireylere aktarılabilir.
3. Hükümet bütçesini desteklemek için kullanılabilir.

Üçüncü yol seçilirse, karbon vergileri çevresel fayda sağlamaktan ziyade devlet gelirini artırmanın bir yolu olarak kullanılabilir ve bu durum ekonomik açıdan verimli olmayacak bir vergi oranı yaratılmasına sebebiyet verebilir. Etkili bir vergi, karbon salımının sebebiyet verdiği marjinal hasara göre belirlenmelidir (Sumner vd., 2011: 296).

Bahsi geçen birçok olumlu etkisinin yanı sıra, CO₂ salımının vergilendirilmesi iki olumsuz etkiye de sebebiyet verebilir (Advisory Scientific Committee, 2016: 9):

- Karbon vergisi nedeniyle azalan enerji arzı ve artan enerji faaliyetleri, makroekonomik faaliyetleri sektöre uğratabilir.
- Reel veya finansal varlıklarının değerleri fosil yakıt çıkarım ve kullanımına bağlı olan finansal kuruluşlar karbon vergisinden olumsuz yönde etkilenebilir.

Enerji fiyatlarında, karbon vergisinden dolayı oluşabilecek şokların makroekonomik etkiler söz konusudur. CO₂ salımını azaltmak için uygulanan önleyici politikalar enerji arzının azalmasına ve bu durum da enerji fiyatlarında artışa sebebiyet verebilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlar ile ikamesi ve var olan enerjinin etkin kullanımı, fiyat artışının etkilerini minimize etmeye yardımcı olacaktır. Ancak günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı özellikle gelişmiş ülkeler için yüksek maliyetlidir. Ayrıca bu ülkeler, mevcut enerjiyi tam olarak etkin kullanmamaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı fosil yakıtların kullanımının azaltıldığı ve enerji fiyatlarının arttığı bu geçiş döneminde enerji kıtlığı ülke ekonomilerine zarar verebilir.

Artan enerji maliyetleri ekonomik büyümeyi hem talep hem de arz açısından olumsuz yönde etkileyebilir (Advisory Scientific Committee, 2016: 10). Enerjinin yoğun olarak kullanıldığı taşımacılık ve imalat sektörleri, girdi fiyatlarının artışından dolayı zarar görebilir. Artan fiyatlar, hane halkının da tüketim mallarına harcayabileceği geliri azaltacaktır. Ayrıca petrol ve diğer benzeri fosil yakıtların ihracatçısı olan ülkeler de artan fosil yakıt fiyatları ve azalan tüketim nedeniyle olumsuz yönde etkilenecektir.

Yine de tüm bu olası olumsuz etkilere rağmen, fosil yakıtlara karbon vergisi eklenerek yenilenebilir enerjinin tüketimine geçişi teşvik edilmektedir. Kısa dönemde bu durum, enerji fiyatlarında artışa sebebiyet verse de orta ve uzun vadede yenilenebilir enerjinin daha etkin kullanımı ve gelişen teknoloji ile maliyetlerin azalması, enerji fiyatlarının da düşmesini sağlayabilir.

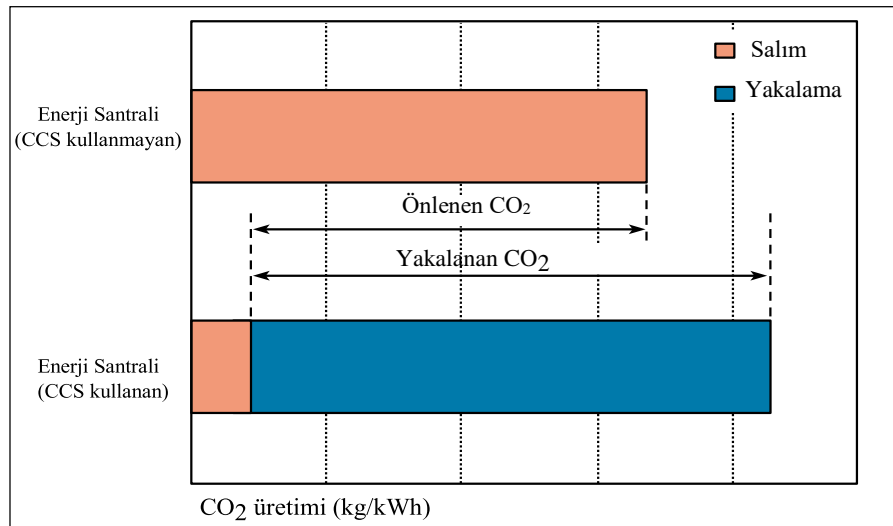
Herhangi bir nedenle enerji fiyatlarının yükseldiği durum, karbon vergisi görevini görecektir ve fosil yakıt tüketiminin azalmasını, yeni teknolojilerle alternatif enerji kaynaklarının tüketiminin artmasını sağlayacaktır. Ancak bu durum karbon vergisine göre bir nebze dezavantajlıdır. Karbon vergisi ile devlet ek gelir elde edebilirken, enerji fiyatlarının artması yoluyla azaltılan fosil yakıt

tüketimi ek gelir sağlamamakla beraber enflasyona ve yeni maliyetlere yol açabilir (Giddens, 2009: 155). Karbon vergisi bundan dolayı herhangi bir arz şoku sebebiyle artan enerji maliyetlerine göre sürdürülebilir gelişim için daha ılımlı bir politika aracıdır. Karbon vergisinin tüketicilerin harcanabilir gelirlerini azaltmaması için hükümet tarafından tüketicilerin ödedikleri diğer vergiler azaltılabilir veya direkt olarak gelir vergisi indirilebilir. Böylece karbon vergisinin tüketiciler için yaratacağı gelirden kısıtıcı etkinin önüne geçilebilir.

1.6.2. Karbon Yakalama ve Depolama

Petrol, kömür ve benzeri fosil yakıtların yanması nedeniyle açığa çıkan karbonun oksijenle birleşmesi CO₂ salımına sebebiyet vermektedir. İklim değişikliğine neden olan CO₂ salımlarını yakalayıp ve depolayıp çevreye verilen zararı azaltmak mümkündür. Karbon yakalama ve depolama, CO₂ salımının sanayi ve enerji kaynaklarından ayrıştırılıp depolama alanına taşınması ve uzun dönemde atmosferden izole edilmesini sağlamaktadır (IPCC, 2005: 3). Carbon capture and storage (CCS) olarak adlandırılan, üç aşamadan oluşan bu sistemde ilk olarak karbon yakalanmakta, sonrasında yakalanan karbon yeraltında bulunan kayalara pompalanmakta ve son olarak depolanmaktadır. Orta vadede, tükenmiş petrol ve doğalgaz rezervleri, kazılamaz durumda olan kömür damarları ve derin tuzlu su oluşumları CO₂'nin depolanması için en iyi seçeneklerdir (IEA, 2008: 17). Derin tuzlu su oluşumları yüzyıllar boyunca gerçekleşen CO₂ salımını depolama kapasitelerine sahiptir.

Grafik 11: Enerji Santrallerinden CO₂ Yakalanması ve Depolanması



Kaynak: IPCC, 2005: 4

Grafik 11'de enerji santralinde CCS kullanılan ve kullanılmayan durumlarda ortaya çıkabilecek olan ve yakalanan CO₂ salımı gösterilmektedir. CCS kullanılan santrallerde görüldüğü üzere CO₂ salımı önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

Kömür ile çalışan elektrik santralleri, küresel ısınmanın en büyük kaynaklarından biridir. Bu santraller karbon yakalama ve depolama teknolojileri ile donatılmazsa küresel ısınma ile verilen mücadele ciddi şekilde engellenir, hatta kaybedilebilir (Giddens, 2009: 134). Karbon yakalama ve depolama özellikle elektrik üretiminin çoğunluğunu fosil yakıtlarla gerçekleştiren ülkeler için belirli sanayi üretimi süreçlerinde CO₂ salımını azaltmak için günümüzde mevcut tek teknolojidir (World Energy Council, 2016: 34; IEA, 2008: 15). Bu teknoloji kolay uygulanabilir olmasına rağmen maliyeti oldukça yüksektir. Yakalanan CO₂ salımları yeraltı kaynakları arasına sıkışmış ve kullanılmayan petrol yataklarına pompalanarak ham petrol arzının artmasına yardımcı olmaktadır. Bu şekilde maliyetlerin bir kısmı telafi edilmektedir.

Mevcut teknolojiler ile yakalama tesislerinde, CO₂ salımının yaklaşık olarak %85-%95'i yakalanıp depolanabilir. CO₂ salımının yakalanıp depolanması için daha fazla enerji kullanımı gerektiğinden dolayı CCS teknolojisini içeren enerji santrallerinde hem CO₂ salımı hem de enerji kullanımı artmaktadır. CCS teknolojisi kullanan enerji santralleri, bu teknolojinin kullanılmadığı santraller ile karşılaştırıldığında atmosferdeki CO₂ salımının yaklaşık %80-%90'ını azaltabilme kabiliyetine sahiptir. Ancak CCS kullanılan enerji santrallerinde ekstra enerjiye ihtiyaç olduğundan dolayı etkinlik düşebilmekte ve daha fazla CO₂ salımı gerçekleşebilmektedir.

Biyokütle veya fosil yakıt tüketimi ile gerçekleşen CO₂ dört şekilde yakalanabilir. (IPCC, 2005: 108):

- Sanayi üretim sürecinde yakalama
- Yanma sonrası yakalama
- Oksi-yakıt yakma
- Yanma öncesi yakalama

Bu dört CO₂ yakalama Şekil 6'da detayları ile gösterilmiştir. Yanma öncesi yakalama bir yakıtın, karbon monoksit ve hidrojenden oluşan esas olarak bir sentetik gaz veya yakıt gazı vermesi için oksijen, hava ve/veya buhar ile tepkimeye sokulmasını içerir. Bu süreçte karbon monoksit, CO₂ ve daha fazla hidrojen vermesi için vites değiştirici olarak adlandırılan katolik bir reaktörde buhar ile reaksiyona girer. Daha sonra CO₂ salımı genellikle fiziksel veya kimyasal absorpsiyon işlemi ile ayrılır. Sürecin sonunda kazanlar, fırınlar, gaz türbinleri, motorlar ve yakıt hücreleri gibi birçok uygulamada kullanılabilen hidrojen açısından zengin bir yakıt elde edilir.

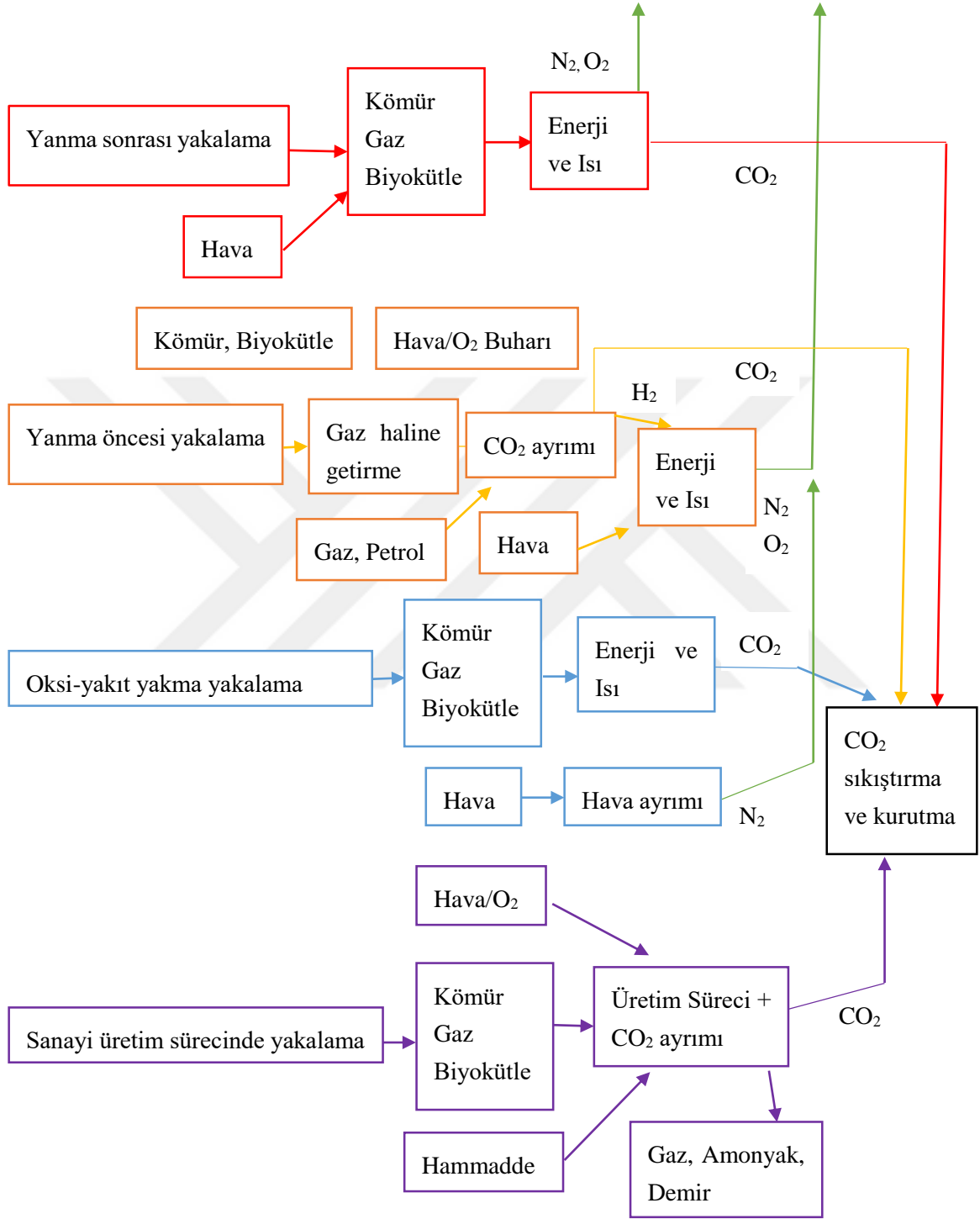
Yanma sonrası yakalamada havadaki fosil yakıtların ve biyokütlenin yakılmasıyla üretilen baca gazlarından CO₂ salımının yakalanması gerçekleştirilir. Süreçte yanma ürünlerinden atmosfere havalandırılmadan hemen önce açığa çıkan CO₂'nin çoğunun atılması için yeni bir son işlem aşaması uygulanır (Gibbins ve Chalmers, 2008: 4318). Bu yöntemle CO₂ salımı bir depolama rezervuarına beslenir ve kalan baca gazı atmosfere boşaltılır (IPCC, 2005: 108-109). Yanma sonrası yakalamada, yanma öncesi yakalamaya göre daha fazla enerji harcanmaktadır.

Oksi-yakıt yanma işlemi ise bir hava ayırma biriminden elde edilen neredeyse saf oksijendeki hidrokarbonların yanmasını içerir (IEA, 2008: 51). Bu işlemde yanma için hava yerine neredeyse saf oksijen kullanılır ve CO₂ ile H₂O açığa çıkar. Yakıt saf oksijen ile yakıldığında alev sıcaklığı aşırı derecede yüksek olmakta; fakat CO₂ ve H₂O açısından zengin baca gazı, bu işlem sırasında ısıyı azaltmak için yanma esnasında geri dönüştürülebilmektedir. Oksi yakıt yakma yakalama sistemlerinin uygulandığı santral sistemleri, yanma sonrası yakalama sistemleri için Şekil 6'da belirtilmiş olanlarla aynıdır.

Şekilde sanayi üretim sürecinde yakalama doğalgazın arıtılması ve amonyak, alkoller ve sentetik sıvı yakıt üretimi için hidrojen içeren sentez gazının üretiminden doğan CO₂ salımları genelde yanma öncesi yakalama tekniği ile yakalanmaktadır. Diğer çimento, çelik üretimi ve yiyecek ile içecek fermantasyon süreçleri gibi durumlarda ise CO₂ yanma öncesi, yanma sonrası ve oksi-yakıt yakma ile yakalanabilir.

CO₂ salımının hangi yöntem ile yakalanıp depolanacağı; gaz akışındaki CO₂ konsantrasyonu, gaz akımının basıncı ve yakıt türüne (katı veya gaz) bağlıdır. Yanma sonrası yakalama sürecinde enerji santrallerinde oluşan baca gazından CO₂ salımı, uygun vergi rejimi ve gelişmiş teknolojilere sahip ekonomilerde yakalanmaktadır. Yanma öncesi yakalama için gerekli teknoloji yaygın olarak gübre ve hidrojen üretiminde kullanılmaktadır. Yanma öncesi yakalama ayrıntılı ve maliyetli olmasına rağmen, gaz akımındaki daha yüksek CO₂ konsantrasyonları ve basınç ayrımı bu yöntemi daha kolay hale getirmektedir. Son olarak oksi-yakıt yanma yakalama sürecinde yüksek saflıkta oksijen kullanılmaktadır. Bu yöntemde de gaz akımındaki daha yüksek CO₂ konsantrasyonları ve oksijenin havadan ayrılması, enerji ihtiyacını arttırarak ayrımı daha kolay hale getirebilmektedir.

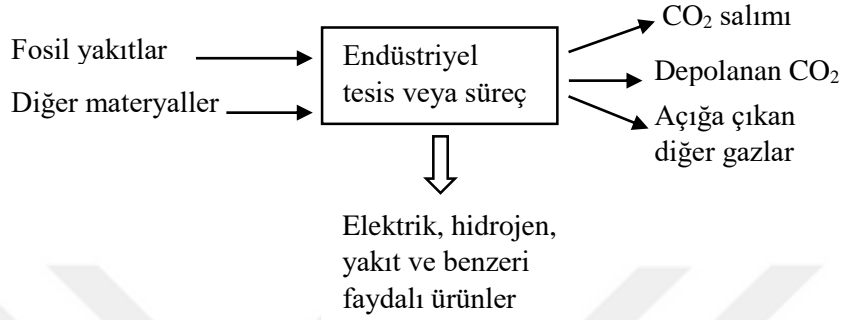
Şekil 6: CO₂ Yakalama Sistemleri



Kaynak: IPCC, 2005: 108

Karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin kullanılıp kullanılmayacağına yaşam döngüsü analizi (YDA) ile karar verilebilir (IPCC, 2005: 62). Bu analiz ile karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin kullanıldığı ve kullanılmadığı iki durum karşılaştırılır. Süreç Şekil 7’de gösterilmektedir.

Şekil 7: Karbon Yakalama ve Depolama Teknolojisi ile Üretim Süreci

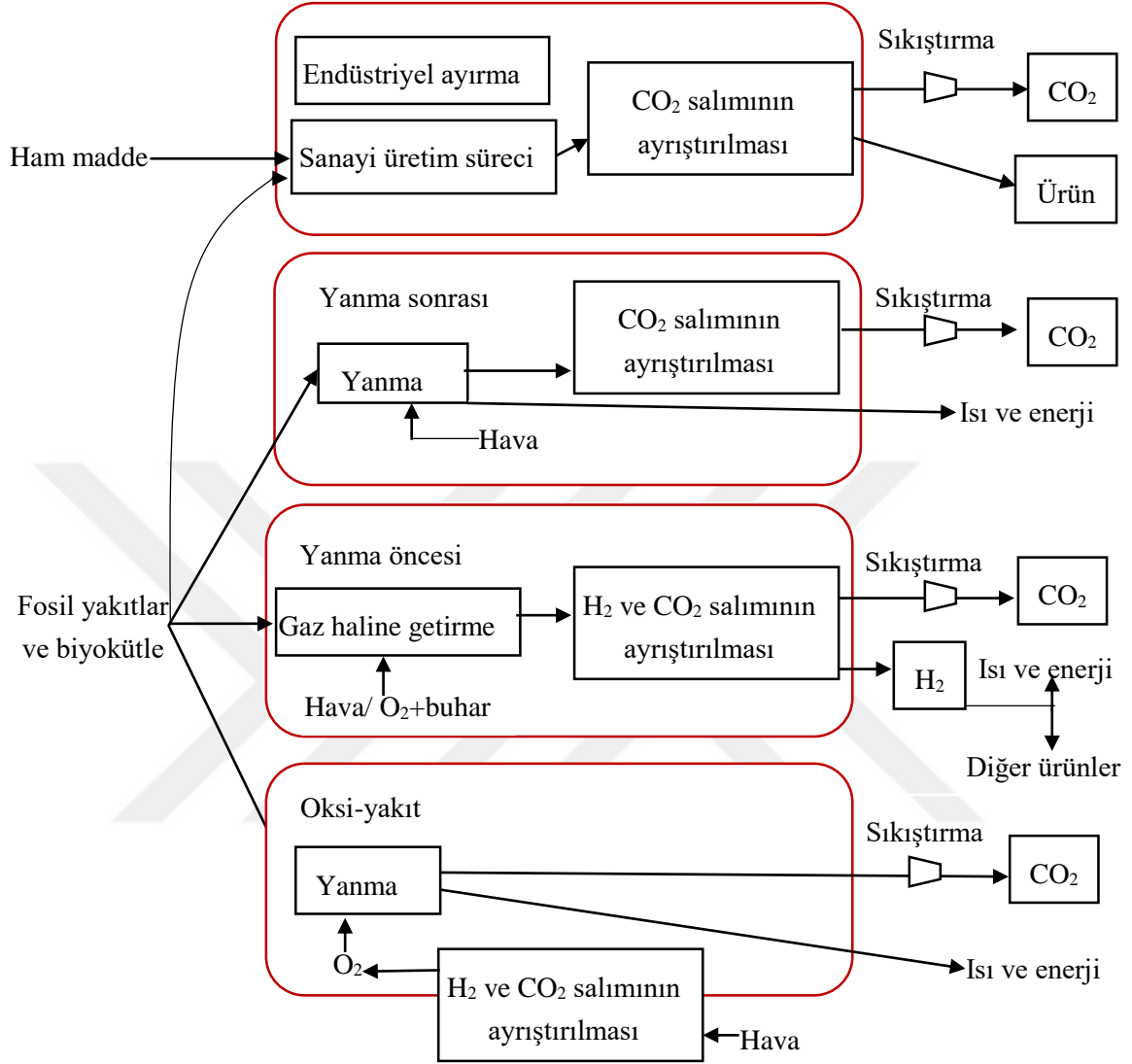


Kaynak: IPCC, 2005: 62

Şekilde fosil yakıtlar ve diğer materyaller ile gerçekleştirilen endüstriyel üretim sürecinde elektrik, hidrojen, yakıt ve benzeri faydalı ürünler elde edilmekte, bu ürünler elde edilirken atmosfere salımı gerçekleşen CO₂'nin bir kısmı depolanmaktadır. Karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin kullanılması gerekliliği, maliyeti ve çevreye sağladığı faydalar karşılaştırılarak karar verilebilir.

Şekil 8’de girdi türüne göre yakalama sistemleri gösterilmektedir. Fosil yakıtlar, biyokütle ve hammaddeler üretim sürecinde kullanılmaktadır. Kullanılan bu girdiler üretim sürecinde H₂, O₂ ve CO₂ gazlarından ayrıştırılır. Son aşamada ise sıkıştırma ve depolama faaliyeti ile CO₂ salımı, ısı, enerji ve benzeri üretim sürecinde ortaya çıkarılan ürünler ile ayrıştırılır.

Şekil 8: Girdi Türüne Göre Yakalama Sistemleri



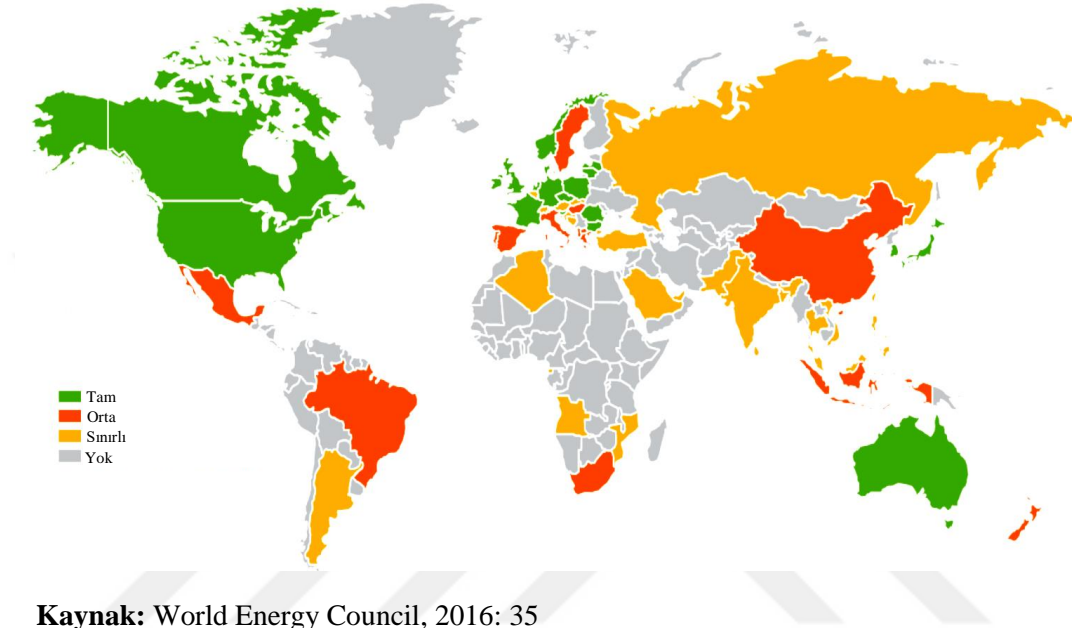
Kaynak: IPCC, 2005: 3

Şekil 9’da karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin dünyada kullanımı harita üzerinde gösterilmiştir. Grafiğe göre Amerika kıtasının büyük bir kısmında, AB ülkelerinde ve Avustralya’da bu teknolojiler yaygın olarak kullanılmaktadır. Çin, Brezilya ve Meksika’da bu teknolojilerin kullanımı ABD ve AB ülkelerine göre daha düşüktür. Türkiye, Rusya, Suudi Arabistan ve Arjantin gibi ülkelerde ise karbon yakalama ve depolama teknolojilerini kullanan tesis sayısı sınırlıdır.

Türkiye’de CO₂ salımı ile elde edilen geliştirilmiş petrol geri kazanımı uygulaması (CO₂-EOR), Batı Raman petrol sahasında üretimi arttırmak için kullanılmaktadır. Bu ülkede başka herhangi bir karbon yakalama ve depolama tesisi mevcut değildir (IEA, 2008: 195). Karbon yakalama ve depolama faaliyetleri, Türkiye’de yaygınlaştığı takdirde göreceli olarak maliyeti düşük olan kömür ve fosil yakıtların kullanımına devam edilerek de sürdürülebilir büyüme sağlanabilir.

Ancak bu teknoloji günümüzde oldukça maliyetlidir. Karbon yakalama ve depolama teknolojileri ile çalışan tesislerin elektrik üretim maliyetleri, bu teknolojiyi kullanmayan tesislere göre daha yüksektir. Bu nedenle Türkiye’de Batı Raman petrol sahasından başka bir yerde karbon yakalama ve depolama faaliyetleri gerçekleştirilmemektedir.

Şekil 9: Depolama Kaynaklarının Coğrafi Kapsamı



1.6.3. Enerji Verimliliği

Gelişmekte olan dünyanın kişi başına düşen enerji tüketiminin gelişmiş sanayi ülkelerinin çok gerisinde olması, gelecek yüzyılda dünya çapında enerji tüketiminde ve CO₂ emisyonlarında önemli bir artış olmasını önlemek için enerji tasarrufu tekniklerinin yaygın olarak benimsenmesine daha fazla ihtiyaç olacağını göstermektedir (Beckerman, 1992: 488). Ancak enerji tasarruf edici politikalar emisyonun önlenmesi için ilk aşamada fayda sağlasa da bu problemin çözülmesi için yeterli değildir (World Bank, 1992: 17).

Bir ülkedeki maddelerin, GHG salımı ve atmosferdeki diğer gaz salımlarındaki artışların kontrolü için enerji üretimi, tüketimi, iletimi ve dağıtımında etkinliğin sağlanması giderek önemli bir hal almaktadır (Kaygusuz, 2009: 255). Aşırı fosil yakıt üretimi ve tüketimi insan ve diğer canlıların yaşamını tehdit etmektedir (Çukurçayır ve Sağır, 2008: 258). Fosil yakıt tüketiminin artarak devam etmesi, CO₂ salınımının da artarak devam edeceğine işaret eder. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları ile gerçekleştirilen enerji tüketiminin azaltılması gerekmektedir. Ancak enerji, ekonomik büyüme için önemli bir girdidir. Enerji tüketiminin azaltılması, ekonomik büyüme için bir engel niteliğindedir. Enerji sektörünün yeşillendirilmesi, enerji verimliliğinde iyileştirme sağlanmasına ve

daha fazla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına bağlıdır. Her iki olgu da GHG emisyonlarının ve diğer kirlilik türlerinin azaltılmasına yardımcı olacaktır (UNEP, 2011: 204). Teknoloji analistleri enerji verimliliğini, enerji hizmetlerinin sağlanmasında bir aksilik yaşanmadan, enerji kullanımının çevresel maliyetlerini azaltmanın bir yolu olarak görmektedirler (Howarth, 1997: 1). Bu noktada enerji verimliliği, üretim sürecinde enerji girdisinin azaltılarak aynı miktarda veya daha fazla çıktı sağlanmaya devam edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Enerji arzında fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçiş, enerji verimliliğinde önemli iyileşmelerle birlikte iddialı emisyon azaltma hedeflerine ulaşmada katkı sağlayabilir (UNEP, 2011: 204). Enerji verimliliği artırılarak fosil yakıt tüketiminin azaltılması, hem ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkilemeyecek hem de CO₂ salımının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

1.6.4. Karbon Piyasaları

Karbon piyasaları, karbon emisyonlarını azaltmak ve fosil yakıt kullanımından kaynaklanan GHG dışsallıklarını belirlemek için kullanılan bir araçtır. Bunlar esas olarak belirtilen kaynakların toplam emisyonlarını sınırlamak için bir grup yükümlülüğü içermektedir. Sınırlı miktarda ticarete konu olan emisyon ödenekleri satılır veya ücretsiz bir şekilde verilir, böylece karbon fiyatının ortaya çıkabileceği yapay pazar yaratılır. Oluşturulan bu fiyat, fosil yakıtların kullanımıyla ilgili ekstra maliyetler getirmekte, fosil olmayan alternatif enerji kaynaklarını ise daha cazip kılmaktadır (UNEP, 2011: 217).

Karbon piyasalarının taslağı ilk kez Kyoto Protokolünde oluşturulmuş ve diğer iklim değişikliği politikalarında olduğu gibi siyasi düşüncelerle şekillenmiştir (Giddens, 2009: 197). Karbon vergisi uygulamasında bir ülke, diğer ülkelere karşı misilleme gerçekleştirebilir. Ancak karbon piyasalarında bu durum söz konusu değildir. Karbon piyasaları GHG salımı azaltımı sonucunda sağlanan kredi ve teşviklerin değiş tokuş edildiği piyasalardır. Kyoto Protokolü ile karbon piyasaları önemli ölçüde gelişim göstermiştir.

Bu protokolde belirtilen CO₂ salımını azaltıcı zorunlu tedbirlerin yanı sıra, ülkeler ve firmalar kar amacı gütmeyen gönüllü karbon piyasası oluşturarak GHG salımının azaltımı için çaba göstermeye başlamışlardır (Öztürk vd., 2012: 307-308). Gönüllü karbon piyasaları zorunlu yükümlülüğü olmayan ülkeler için CO₂ salımını azaltmada iyi bir alternatiftir. Türkiye’de karbon piyasaları son 10 yılda, özellikle 2005 yılından sonra gelişim göstermiştir. Resmi olarak kurulmuş bir karbon piyasası olmasa da ulusal olarak gönüllü yürütülen karbon piyasasına yönelik 308 proje ile 2014 yılında yaklaşık 20 milyon ton emisyon azaltımı sağlanmıştır (Kıvılcım, 2014: 1). Tablo 16’da Türkiye’de karbon piyasası kapsamındaki sektörel projeler ve bu projelerin sağlamış oldukları emisyon azaltım miktarları gösterilmektedir.

Tablo 16: Türkiye’de Karbon Piyasası Kapsamındaki Sektörel Projeler

Proje Türü	Proje Miktarı	Emisyon Azaltım Miktarı
Hidroelektrik	159	8747634 ton
Rüzgar	106	7951391 ton
Biyogaz	27	3069273 ton
Enerji verimliliği	10	432081 ton
Jeotermal enerji	6	405309 ton

Kaynak: Kıvılcım, 2014: 1

Türkiye’de CO₂ salımı, hidroelektrik ve rüzgar enerjisi üzerine gerçekleştirilen karbon piyasası projeleri ile yaklaşık 17 milyon ton azalmıştır. Biyogaz, enerji verimliliği ve jeotermal enerji üzerine gerçekleştirilen projeler oldukça sınırlıdır. CO₂ salımının daha da azaltılması için projelerin çeşitlendirilmesi ve sayı olarak artırılması gerekmektedir.

1.7. Türkiye’de Çevre Kirliliği ile İlgili Atılan Adımlar

Türkiye 1982 anayasası ile birlikte insanlara daha sağlıklı bir çevrede yaşamaları için çeşitli haklar tanımış, ardından 1983 yılında Çevre Kanunu yürürlüğe konmuş ve 1991 yılında Çevre Bakanlığı kurulmuştur (Demirbaş, 2003: 206). Bu gelişmelerle birlikte çevre bilinci artmış ve kamu kurumu haricinde çevre ile ilgili özel kuruluşlar da faaliyet göstermeye başlamıştır.

Türkiye’de 2 Kasım 1986 tarihinde yürürlüğe giren hava kalitesinin korunması yönetmeliği ile birlikte, GHG salımlarının limitleri ve bu limitlere uyulmaması dahilinde verilecek cezalar belirlenmiştir.

Türkiye 1992 yılına gelindiğinde 1960 yılında Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) üyesi bir ülke olduğundan dolayı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)’de hem Ek I hem de Ek II grubundaki ülkeler arasında yer almıştır (Kaygusuz, 2009: 260). Ek I’de yer alan gelişmekte olan ülkelere GHG salımlarını azaltmaları için Ek II’de yer alan ülkelerin finansal ve teknik destek sağlaması kararlaştırılmıştır. Türkiye talebi üzerine 2001 yılında Ek II grubundaki ülkeler arasından çıkarılmış ve Ek I grubundaki ülkeler arasında yer almaya devam etmiştir. Böylece Türkiye 2001 yılında katılıp CO₂ salımı azaltma taahhüdünde bulunmadığı Kyoto Protokolünü 2009 yılında imzalayarak taraf olmuştur.

1998 yılında ulusal çevre stratejisi eylem planı ile birlikte kentlerde ve sanayide doğal kaynakların kullanımının düzenlenmesi ve çevresel bozulmanın önlenmesi amaçlanmıştır.

Türkiye UNFCCC'ye bağlılığını Ocak 2004'te beyan etmiş ve düzenlemelerin etkisi kendini mayıs ayında göstermeye başlamıştır. Ayrıca bu ülke, emisyonların azaltılması için alınacak önlemler hakkındaki raporu 2004 yılının sonunda UNFCCC'ye sunmuştur (Kaygusuz, 2009: 264).

Türkiye'de kaynakların etkin kullanımı ve sürdürülebilir gelişim için gerçekleştirilecek olan yol haritasını Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) belirlemektedir. 2011 yılında Kalkınma Bakanlığı olarak organize edilen bu kurum, 1973-1977 dönemini kapsayan üçüncü beş yıllık kalkınma planı ile birlikte çevre düzenlemelerini gündeme getirmiştir. Sürdürülebilir gelişim kavramı ise DPT'nin hazırladığı 1991-1996 dönemini kapsayan altıncı beş yıllık kalkınma planında ana amaç olarak yer almıştır. 1996-2000 dönemini kapsayan yedinci beş yıllık kalkınma planında ise çevrenin korunması ve geliştirilmesi temel hedefler arasında var olmuştur.

Artan sanayi üretimi ve elektrik tüketimi Türkiye'de CO₂ salımının artmasına sebebiyet vermiştir. Sanayi sektöründeki bazı firmalar, ekonomik imkanlar el vermediğinden ötürü eski ve çevreyi kirleten teknolojiler ile üretimlerini gerçekleştirmektedir. Bu durum, hem hava kalitesine zarar vermekte hem de çalışanların sağlığını tehdit etmektedir. Ağırlıklı olarak ihracata dayalı oluşturulmuş sanayi sektöründe üretim gerçekleştirilirken çevreci enerji kaynakları ve üretim tekniklerinin kullanılması, CO₂ salımının azaltılması için oldukça önemlidir.

Enerji üretimi ve tüketimi ekonomik gelişimi ve refah düzeyinin artışı sağlayan en önemli faktörlerden biri olarak yer almaktadır. Türkiye, enerji kaynakları açısından zengin olan Orta Doğu ve Asya ile Avrupa arasında coğrafi konumu itibari ile köprü görevi görmektedir. Türkiye'nin artan enerji talebi, enerji ithalatını arttırmaktadır. Bu durum da hem çevre tahribatına hem de cari açık sorununa sebebiyet vermektedir. Türkiye'de çevre kirliliğinin önlenmesi için enerji alanında gerekli adımların atılması şarttır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ HİPOTEZİ: TEORİ VE MODELLER

2.1. Çevresel Kuznets Eğrisi

Kuznets (1955, 1965)'e göre kişi başına düşen gelir düzeyi yükseldikçe gelir dağılımındaki eşitsizlik belirli bir noktaya kadar artmakta, bu noktadan sonra ise azalmaktadır. ÇK-eğrisi ise gelir düzeyi belirli bir noktaya kadar artarken çevre kirliliğinin de beraberinde arttığını, bu noktadan itibaren ise çevre kirliliğinin azaldığını ifade etmektedir. Bu durumda kişi başına düşen GSYİH ile kişi başına düşen çevre kirliliği göstergeleri arasında ters-U şeklinde bir ilişki söz konusudur. ÇK-eğrisi, çevre kirliliği ile kişi başına düşen GSYİH arasındaki uzun dönemli ilişkiyi göstermektedir. Ekonomik büyümenin ilk aşamalarında, oluşacak olan çevre problemlerine karşı bir farkındalık ve bu problemleri önlemek için ileri düzey teknoloji mevcut değildir (Dinda, 2004: 434). Bu sebeple ilk aşamada kişi başına düşen GSYİH düzeyi artarken çevre kirliliğinde de artış yaşanmaktadır.

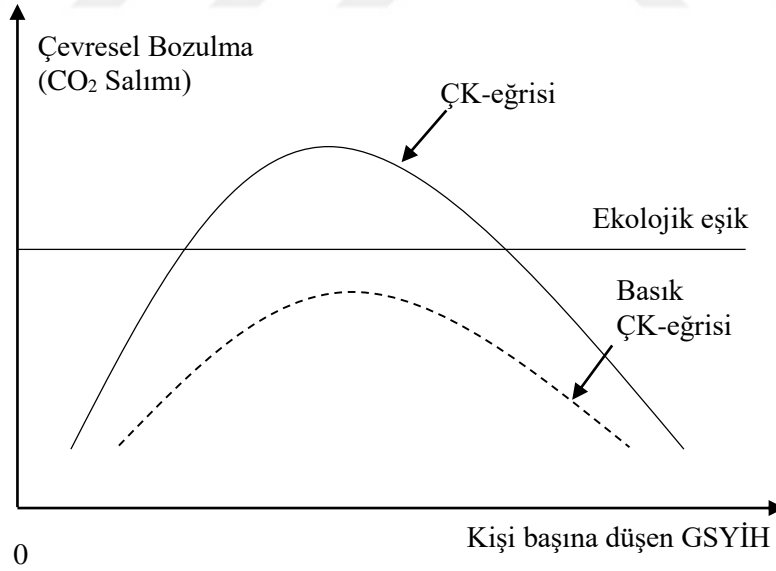
ÇK-eğrisi hipotezi; ekonomik büyümenin, gelişim sürecindeki ilk aşamada gerçekleşen çevresel bozulmayı telafi edeceğini ve gelişmiş ülkelerde bu büyümenin daha iyi çevresel koşullar sağlayacağını belirtmektedir (Stern, 1998: 173). Gelişmekte olan ülkelerde ilk etapta GHG salımına sebebiyet veren sanayi ürünlerinin üretimi ile ekonomik büyüme sağlanmaktadır. Ülkelerin üretimlerini arttırdıkları ilk aşamada halkın da fabrikaların da çevreyi koruma amaçlı alınacak önlemler için harcayacakları gelirleri kıttır. Ekonomik büyüme sağlandıkça, doğal kaynak tüketimi yeniden üretim kapasitesini açacak ve atıklar ile GHG salımı artacaktır. Çevre kirliliğinin ikinci plana atıldığı bu aşamada ekonomik büyümenin artması için çevre kirliliğine bir nevi göz yumulmaktadır. Ülkenin kişi başına düşen GSYİH düzeyi ve refah seviyesi arttıkça, çevreci politikalar gerçekleştirilmekte ve GHG salımının düşürülmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle kişi başına düşen GSYİH belirli bir düzeye ulaştıktan sonra, çevreye karşı bir düşman olan ekonomik büyüme, bir dosta dönüşmektedir (Panayotou, 1993: 14).

ÇK-eğrisine göre gelir düzeyi düşük olan ülkeler, çevre kirliliğinden daha fazla olumsuz yönde etkilenmektedir. ÇK-eğrisine göre belirlenen çevre kirliliğinin sebebi yapısalsa ve bu durum ekonomik büyüme sonucunda kaçınılmaz ise, ekonomik gelişmenin ilk aşamalarında bu kirliliği önlemeye yönelik önlemler sonuçsuz olacağından dolayı uygulanmaması gerekmektedir (Munasinghe, 1999: 96). ÇK-eğrisi hipotezine göre gelişmekte olan ülkelerde CO₂ salımının artışı, ekonomik büyüme sağlanırken gerçekleşen geçici bir olgudur. Ancak CO₂ salımı ve benzeri çevre

kirliliği etmenlerinin çevre kalitesine geri dönüşü olmayan kalıcı zararları olabilmektedir. Özellikle toprak, balıkçılık ve orman faaliyetleri ile uğraşan tarım ve hayvancılığın yoğun olduğu bölgelerde bu kalıcı zararların oluşma riski daha fazladır. Çevre kirliliğine karşı herhangi bir önlem alınmaması ve mevcut doğal düzenin zarar görmesi sonucunda, ekonomik gelişimin ileriki aşamalarında bu zararları telafi etmenin maliyeti oldukça yükselecektir. Bundan dolayı bu zararların minimize edilmesi gereklidir.

Fakirliğin yaşandığı, toplanan vergilerin etkisiz ve çevresel farkındalığın az olduğu ekonomik gelişimin başında olan toplumlarda çevrenin korunması için çok az miktarda fon tahsis edilmektedir (Panayotou, 1993: 4). Tarım sektöründen sanayi sektörüne doğru geçişte doğal kaynaklar hızlı bir şekilde tüketilmekte ve çevre kirliliği de aynı hızda artmaktadır. Ancak çevreyi korumak için gerçekleştirilen harcamalar çevre bilincinin geç yerleşmesinden dolayı gecikmekte ve yeterince yapılamamaktadır. Günümüzde ÇK-eğrisi hipotezinin ülkelerarası geçerliliği, küresel çevresel bozulmanın zamanla ve ekonomik büyüme ile birlikte otomatik olarak azalabileceğini garanti etmemektedir. Sürdürülebilir gelişimi sağlayacak politikalar, küresel ekonominin mevcut büyüme ile çevre kirliliğini kendi kendine çözeceği varsayımı yerine; çevresel bozulmayı azaltmak için açık teşvikler içermelidir (Stern vd., 1996: 1158).

Şekil 10: Çevresel Kuznets Eğrisi



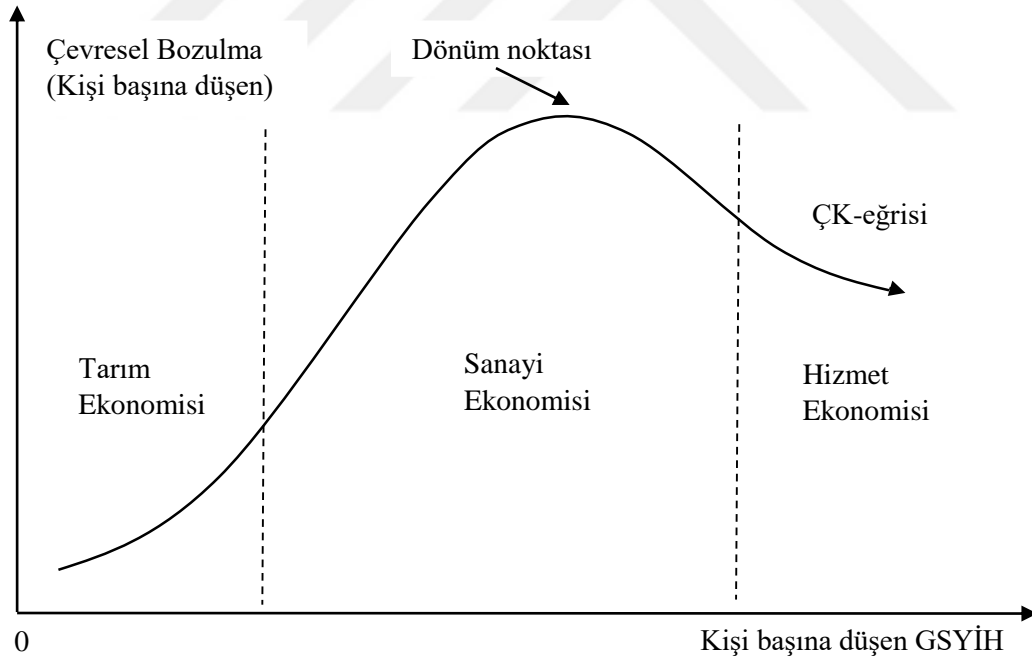
Kaynak: Panayotou, 1993: 16

ÇK-eğrisi hipotezinin savunucuları, ekonomik faaliyetin az olduğu ilk aşamada çevresel etkilerin genellikle düşük olduğunu; ancak gelişim sürecinde arazi kullanımı, kaynak kullanımı ve kişi başına düşen atık üretiminin hızla yükselmesiyle çevresel etkilerin de arttığını ileri sürmektedir (Stern, 1998: 174). ÇK-eğrisi Şekil 10'da gösterilmektedir. Ters-U şeklinde olan bu eğri gelir düzeyi

ile çevresel bozulma arasında ilk başta doğru, sonra ise ters yönlü bir ilişki olduğunu ifade etmektedir. Ancak ekolojik eşğin üzerinde olan daha dik ÇK-eğrisi ne ekonomik ne de çevresel olarak optimum değildir. Daha iyi bir çevre yönetimi ile aynı düzeyde kişi başına düşen GSYİH daha az çevre kirliliği ile elde edilebilir. Bu durumu da daha aşağıda yer alan kesik noktalı basık ÇK-eğrisi ifade etmektedir.

Gelir ile çevre kirliliği arasında var olabilecek ters-U şeklindeki bu ilişki ekonomideki sektörlerin yapısı itibariyle de açıklanabilir. Şekil 11’de tarım ekonomisine dayalı gelişimin ilk aşamalarında ekonomik aktiviteler sınırlıdır. Bu aşamada doğal kaynaklar aşırı kullanılmadığından dolayı bol ve kirliliğe sebebiyet veren atıklar azdır. Sanayi ekonomisine geçişte, kirlilik yaratan ürünlerin üretimi ve fosil yakıtı dayalı enerji türlerinin kullanımı sebebiyle çevre kirliliği aşırı derecede artmaktadır. Dönüm noktasından sonra çevre kirliliğinin azalmaya başladığı görülmektedir. Sanayi sektörü ağırlıklı bir ekonomiden hizmet sektörü ağırlıklı bir ekonomiye geçişle birlikte yüksek gelir düzeyi çevre kirliliğinin azalmasına yardımcı olmaktadır. ÇK-eğrisi hipotezinin bu son süreci çevresel baskıdan ayrışma olarak adlandırılmaktadır.

Şekil 11: Sektörlere Göre Çevresel Kuznets Eğrisi



Kaynak: Kaika ve Zervas, 2013: 1394

İlk etapta tarım sektöründen sanayi sektörüne doğru gerçekleşen düşük-orta gelir düzeyine geçiş ÇK-eğrisinin artan aşamasını, sanayi sektöründen hizmetler sektörüne doğru gerçekleşen orta-üst (yüksek) gelir düzeyine geçiş ise ÇK-eğrisinin dönüm noktasından itibaren çevre kirliliğinin azalan aşamasını göstermektedir. Bu dönüşümden dolayı ekonomik büyüme ile çevre kirliliği

arasında doğrusal olmayan ters-U şeklinde bir ilişkinin var olması mantıklıdır. Toplumların ekonomilerinde sektörler itibarıyla tarımdan sanayiye ve yerleşim türlerinde de köyden kente doğru dönüşüm oldukça, çevre kirliliğinde önemli değişiklikler gerçekleşmektedir.

ÇK-eğrisi hipotezi, iki farklı üretim rejimini göstermektedir. Birincisi, dönüm noktası gelir düzeyinden daha düşük gelir seviyelerine karşılık gelmektedir. Bu rejimde, gelirdeki artış yükselen emisyonla gerçekleşmektedir. İkincisi, dönüm noktası gelir düzeyinden daha yüksek gelir seviyelerine karşılık gelir. Bu rejimde ise gelirdeki artış azalan emisyonla birlikte gerçekleşmektedir. İlk rejimdeki gelir ve emisyon arasında var olan pozitif bir ilişki, sanayileşme evrelerinde günümüz dünyasının gelişmiş uluslarının ortak tecrübesidir. Elde edilen dönüm noktası ülkelerin bir nevi çevre kirliliğini engelleme gücünü yansıtmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler GSYİH arttıkça çevre kirliliğinin azalacağı dönüm noktasına erişememişlerdir (Dinda, 2004: 446). Gelişmiş ülkelerin gelir düzeylerinin ise bu dönüm noktasını aşmış olması beklenmektedir. Çünkü gelişmiş ülkelerde üst düzey teknolojiler ile daha çevreci üretim süreci gerçekleştirilebilmektedir.

Her iki şekilde de gösterilen ÇK-eğrileri kuadratik formda kurulan modeller ışığında ters U şeklindedir. Shafik ve Bandyopadhyay (1992)'in çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri lineer, kuadratik ve kübik olarak analiz ettiği öncü üç model aşağıdaki gibidir:

$$E_t = \alpha_1 + \alpha_2 \log Y + \alpha_3 T + \varepsilon_1 \quad (6)$$

$$E_t = \alpha_1 + \alpha_2 \log Y + \alpha_3 \log Y^2 + \alpha_4 T + \varepsilon_2 \quad (7)$$

$$E_t = \alpha_1 + \alpha_2 \log Y + \alpha_3 \log Y^2 + \alpha_4 \log Y^3 + \alpha_5 T + \varepsilon_3 \quad (8)$$

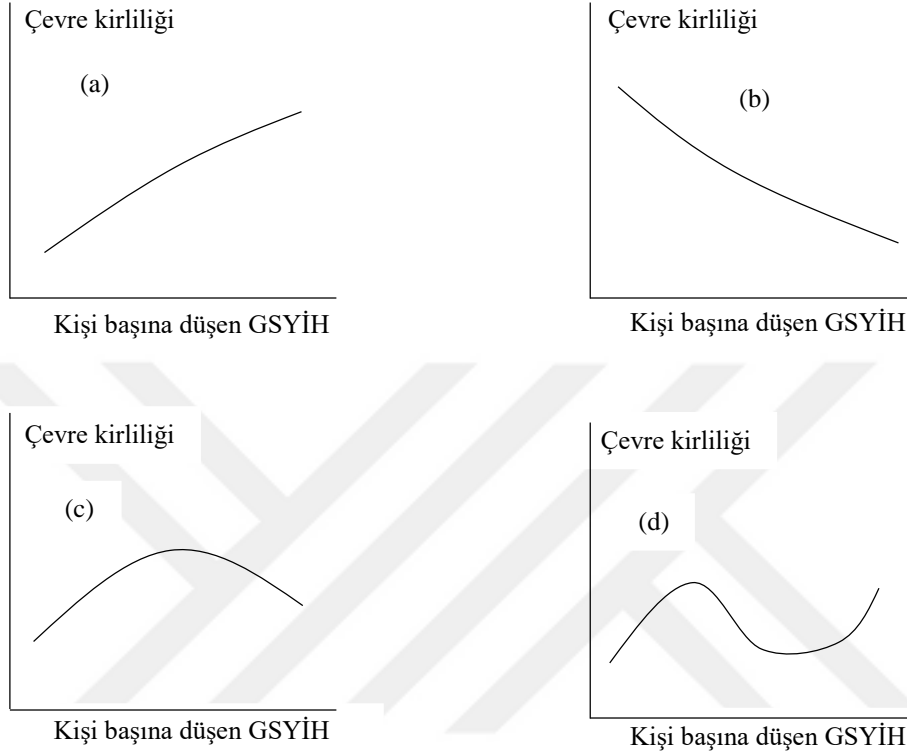
Denklemlerde α_1 sabit terimi, $\alpha_{2,3,4,5}$ katsayıları, Y satın alma gücü paritesi ile kişi başına düşen GSYİH'yi, T trendi, $\varepsilon_{1,2,3}$ hata terimlerini ve E_t çevre kirliliği göstergelerini ifade etmektedir. Üç denklem sırasıyla çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasında lineer, ters U ve N şeklinde bir ilişki olabileceğini belirtmektedir.

Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler monoton ve monoton olmayan ayrımı ile iki şekilde sınıflandırılabilir (De Bruyn, 1998: 162). Bu sınıflandırma Şekil 9'da yer alan dört ayrı panelde gösterilmiştir.

Monoton eğriler gelir seviyesindeki artışla beraber çevre kirliliğinin panel a'daki gibi artacağını veya panel b'deki gibi azalacağını belirtmektedir. Monoton olmayan eğriler ise panel c'de ÇK-eğrisi hipotezini yansıtan ters-U ve panel d'de N şeklindedir. N şeklinde olan ilişki ÇK-eğrisi

hipotezinin aksine, gelir düzeyi arttıkça belirli bir noktadan sonra azalmaya başlayan çevre kirliliğinin ilerleyen dönemlerde tekrar artacağını ifade etmektedir.

Şekil 12: Çevre Kirliliği ve Gelir Arasında Monoton-Monoton Olmayan İlişki



Kaynak: De Bruyn, 1998: 163

Çevre kirliliği ve gelir düzeyi arasındaki Şekil 12’de gösterilen muhtemel ilişkiler denklem 9 ile ifade edilebilir. Denklemde E; çevre kirliliğini, Y; gelir düzeyini, e; normal dağılıma sahip hata terimini, t; trendi, V; çevre kirliliğini etkileyebilecek nüfus ve benzeri diğer değişkenleri ifade etmektedir. Denklemde gelir değişkeninin katsayılarına göre gelir düzeyi ve çevre kirliliği arasında dört farklı ilişki söz konusudur (De Bruny, 1998: 163).

$$E_t = \alpha_t + \beta_1 Y_t + \beta_2 Y_t^2 + \beta_3 Y_t^3 + \beta_4 t + \beta_5 V_t + e_t \quad (9)$$

1. $\beta_1 > 0$ ve $\beta_2 = \beta_3 = 0$ olduğu durumda a panelinde olduğu gibi monoton artan bir ilişki vardır.
2. $\beta_1 < 0$ ve $\beta_2 = \beta_3 = 0$ olduğu durumda b panelinde gösterildiği gibi monoton azalan bir ilişki vardır.
3. $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ve $\beta_3 = 0$ iki değişken arasında kuadratik bir ilişkinin olduğu ÇK-eğrisi hipotezini yansıtmaktadır. Bu durumda çevre kirliliğinin azalmaya başladığı gelir düzeyi (dönüm noktası), $Y_t = -\beta_1 / 2\beta_2$ olarak belirlenmektedir.

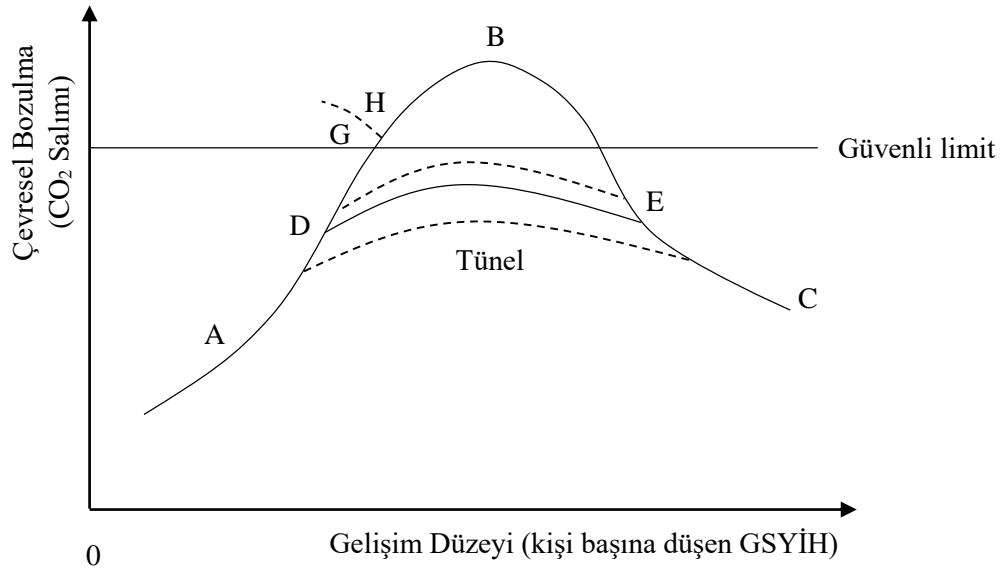
4. $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ve $\beta_3 > 0$ olduğu durumda ise panel d'deki gibi değişkenler arasında N şeklinde bir ilişki mevcuttur.

ÇK-eğrisi hipotezi çevre kalitesi talebinin gelir esnekliği ile de açıklanabilir. Vatandaşlar ve politika yapımcılar için ekonomik büyümenin ilk aşamalarında, gelir düzeyini yükseltmek öncelikli hedeftir. Gelir düzeyindeki artış çevreye zarar vermek pahasına elde edilmektedir. Gelir düzeyi arttıkça insanların yaşam standartları gelişmektedir. Çevre kalitesi talebinin gelir esnekliği gelirle birlikte arttığında, karar birimlerinin çevre koruma talebi de artmaktadır (Magnani, 2001: 157; Aldy, 2005: 51). Bu nedenle, sanayi sektörü ve devlet çevre kalitesinin artmasını teşvik etmektedir. Esneklik yükseldiğinde üretimde daha çevreci teknolojiler kullanılmakta ve tüketim de çevre kirliliğine daha az neden olmaktadır.

2.1.1. Tüneli Çevresel Kuznets Eğrisi

Munasinghe (1999)'nin belirttiği ÇK-eğrisi Şekil 13'te gösterilmektedir. Şekilde gelişmekte olan ülkeler için geçmiş sanayileşme deneyimleri ile az da olsa ekonomik gelişim gerçekleşirken çevre kirliliği artışının önlenebileceği bir tünelin olduğu varsayılmaktadır. Bu sayede güvenli limitin üzerinde yer alan B doruk noktasındaki aşırı çevre kirliliğine geçilmeden, kişi başına düşen gelir düzeyi arttıkça çevre kirliliği azaltılabilir.

Şekil 13: Tüneli Çevresel Kuznets Eğrisi

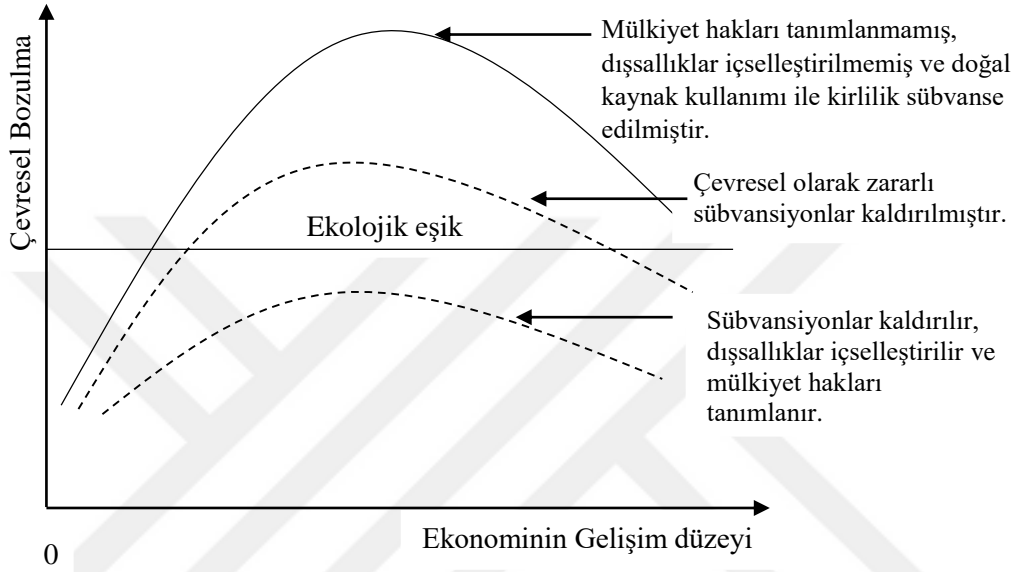


Kaynak: Munasinghe, 1999: 96

2.1.2. Düzleştirilmiş Çevresel Kuznets Eğrisi

Şekil 14'te iki tane ÇK-eğrisi mevcuttur. Ekolojik eşğin üzerinde olan daha dik ÇK-eğrisi ne ekonomik ne de çevresel olarak optimum değildir. Daha iyi bir çevre yönetimi ile aynı düzeyde kişi başına düşen GSYİH daha az çevre kirliliği ile elde edilebilir.

Şekil 14: Çevresel Kuznets Eğrisinin Düzleştirilmesi



Kaynak: Panayotou, 1993: 19

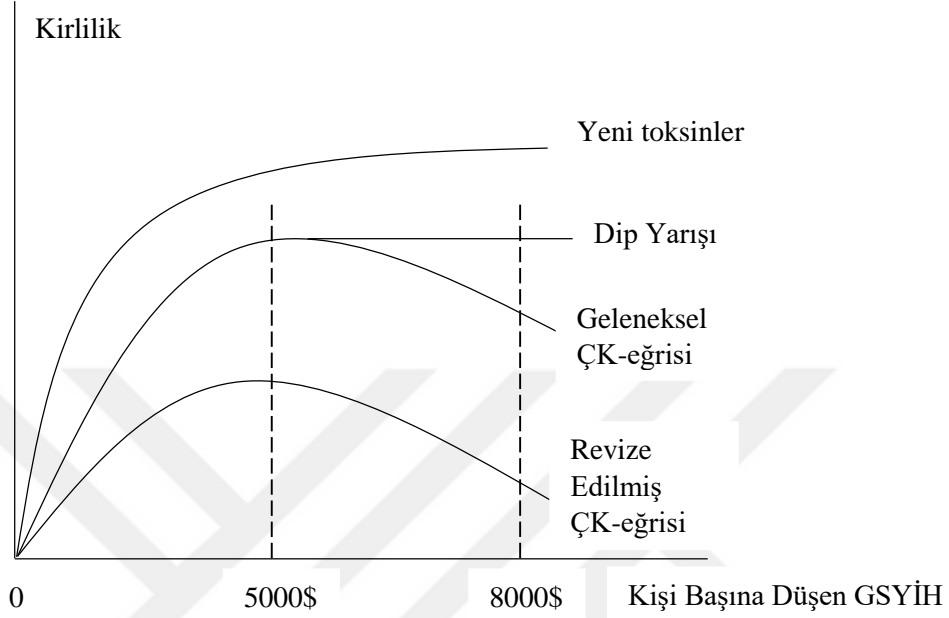
Çevresel maliyetlerin içselleştirilmediği ve kaynaklar üzerindeki mülkiyet haklarının güvenceye alınmadığı toplumlarda yüksek çevresel maliyetler oluşmaktadır (Panayotou, 1993: 15). Şekilde ÇK-eğrisinde sübvansiyonların kalkması ve dışsallıkların içselleştirilmesi durumları gösterilmektedir. Mülkiyet haklarının güvenceye alınmadığı ve doğal kaynak tüketiminin sübvansede edildiği durumda ekonomik gelişme arttıkça çevre kirliliği daha fazla artmaktadır. Çevresel olarak zararlı sübvansiyonlar kaldırılınca ÇK-eğrisi düzleşmektedir. Gelişen teknoloji düzeyi ile birlikte sübvansiyonlar kaldırılıp, dışsallıklar içselleştirildiğinde ve mülkiyet hakları tanımlandığında ise ÇK-eğrisi ekolojik eşğin altında gerçekleşmektedir.

2.1.3. Dip Yarışı ile Çevresel Kuznets Eğrisi

Dasgupta vd. (2002)'ne göre ÇK-eğrisi farklı düzeylerde olabilir. 2002 yılına kadar gerçekleştirilen çalışmalarda araştırmacılar hava ve su kirliliği için dönüm noktasının 5000-8000 dolar arasında olduğunu belirlemişlerdir (Dasgupta vd., 2002: 147). 2002 yılı ve öncesinde belirlenen bu dönüm noktalarının günümüzde yükselen kişi başına düşen gelir düzeyiyle artış göstermesi

olasıdır. Bu dönüm noktasına kadar artan, dönüm noktasından sonra ise gelir düzeyi arttıkça azalan çevre kirliliği, geleneksel ÇK-eğrisini ifade etmektedir.

Şekil 15: Çeşitli Çevresel Kuznets Eğrileri



Kaynak: Dasgupta, 2002: 146

Şekil 15'te kirlilik ve kişi başına düşen gelir düzeyi arasındaki ilişkileri yansıtan dört tane eğri mevcuttur. En üstteki eğri gelir düzeyi arttıkça bazı kirlilik göstergeleri azalsa da yeni toksinlerin ortaya çıkması ile birlikte çevre kirliliğinin artmaya devam edeceğini ifade etmektedir. Dip yarışı olarak ifade edilen ikinci eğri ise küreselleşme ile birlikte ülkelerin daha fazla üretim için çevresel standartlarını hiçe saydıklarından dolayı çevre kirliliğinin azalmaya meyilli olmadığını belirtmektedir (Dasgupta vd. 2002: 148). Son olarak revize edilmiş ÇK-eğrisi kirlilik düzeyinin daha düşük gelir seviyelerinde düşmeye başlamasından dolayı, geleneksel ÇK-eğrisi seviyesinin aslında düştüğünü ve sola kaydığını göstermektedir.

2.2. Çevresel Kuznets Eğrisi ile İlgili Geliştirilen Modeller

2.2.1. Andreoni ve Levinson'un Modeli

Andreoni ve Levinson (2001: 272) tek tüketiciye dayalı bir model öne sürmüşlerdir. Tek bir özel malın (C) ve kirliliğin (P) olduğu fayda fonksiyonunu içeren model denklem 10'da gösterilmiştir.

$$U=U(C,P)$$

(10)

Denklemden $(U_c > 0)$ ve $(U_p < 0)$ 'dır. Kirliliğin tüketimin bir yan ürünü olduğu durumda, tüketici kaynakları harcayarak ya da bir araç kullanarak kirliliği gidermeye çalışmaktadır. Çevresel çabayı ifade eden bu kaynaklar, denklem 11'de E olarak nitelendirilebilir.

$$P = P(C, E) \quad (11)$$

Kirlilik E ile negatif ve C ile pozitif ilişkilidir. Denklemden $(P_c > 0)$ ve $(P_E < 0)$ 'dır. Son olarak tüketicinin C ve E için harcanabilecek kısıtlı bir geliri (M) vardır ve tüketici, gelirinin tamamını bu iki değişken arasında harcamaktadır.

$$U = C - zP \quad (12)$$

$$P = C - C^\alpha E^\beta \quad (13)$$

Denklemin 12'de fayda lineerdir ve kirliliğin sabit marjinal zararı $z > 0$ 'dır. Denklem 13'te ise kirlilik iki bileşene sahiptir. C: azaltılmamış brüt kirliliktir ve tüketim ile doğru orantılıdır. İkinci bileşen olan $C^\alpha E^\beta$ ise kirlilikteki azaltmayı temsil etmektedir. Denklem 13, tüketimin birebir kirliliğe neden olduğunu ifade etmektedir. Ancak çevreyi daha iyi hale getirmek için sarf edilen çabada kullanılan kaynaklar, standart içbükey üretim fonksiyonunda çevre kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu durum $\partial P / \partial C < 0$ olduğunda geçerlidir. Fakat denklem 13, bir kaynak kısıtıdır ve optimumdadır. Bu durumdaki kaynak kısıtı (P, C) boşluğunda pozitif bir eğim ile kayıtsızlık eğrisine teğet olacaktır. Bütün bu nedenlerden dolayı sosyal planlamacının tüketim ve kirlilik seviyelerini $\partial P / \partial C < 0$ olacak şekilde seçmesi, asla optimal olmayacaktır.

Denklemin 13'te yer alan P, denklem 12'ye ilave edilip $z=1$ olarak alındığı durumda, $M = C + E$ gelir düzeyine sahip olan bir birey, $C^\alpha E^\beta$ değerini maksimize etmek isteyecektir. Bu nedenle tüketim ve çevresel çaba, standart Cobb-Douglas fonksiyonu ile çözümlenebilir.

$$C^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M \quad \text{ve} \quad E^* = \frac{\beta}{\alpha + \beta} M \quad (14)$$

Denklemin 14'teki iki değer denklem 13'te yerine koyulduğunda, belirlenen uygun kirlilik miktarı denklem 15'te gösterilmektedir.

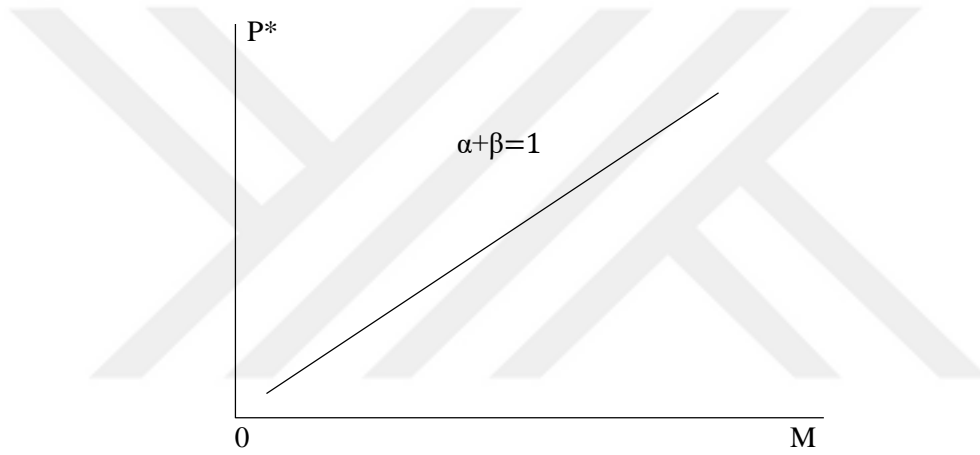
$$P^*(M) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M - \left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right)^\alpha + \left(\frac{\beta}{\alpha + \beta} \right)^\beta M^{\alpha + \beta} \quad (15)$$

Denklem 15'in türevi ÇK-eğrisinin eğimini temsil etmektedir ve eğimin işareti α ve β parametrelerine bağlıdır.

$$\frac{\partial P^*}{\partial M} = \frac{\alpha}{\alpha+\beta} - (\alpha+\beta) \left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta} \right)^\alpha + \left(\frac{\beta}{\alpha+\beta} \right)^\beta M^{\alpha+\beta-1} \quad (16)$$

Denklem 16'da $\alpha+\beta=1$ olduğu durumda, kirliliği azaltmak için harcanan çaba ölçeye göre sabit getirilere tabi olmakla beraber, $\partial P^*/\partial M$ sabittir. $\alpha \geq 0$ ve $\beta \leq 1$ olarak alındığında P^* , M ile birlikte yükselecektir. Şekil 16'da gösterilen bu durumda kirlilik-gelir eğrisinin aşağı doğru eğimli kısmı yoktur.

Şekil 16: Katsayıların Toplamının 1'e Eşit Olduğu Durum



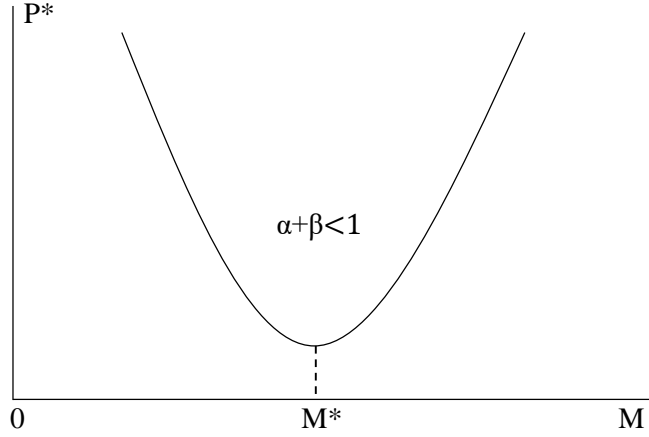
Kaynak: Andreoni ve Levinson, 2001: 273

Denklem 15'in ikinci türevinin alındığı ve $\alpha+\beta \neq 1$ olduğu durum denklem 17'de gösterilmektedir.

$$\frac{\partial^2 P^*}{\partial M} = -(\alpha+\beta-1)(\alpha+\beta) \left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta} \right)^\alpha + \left(\frac{\beta}{\alpha+\beta} \right)^\beta M^{\alpha+\beta-2} \quad (17)$$

$\alpha+\beta < 1$ olduğu durumda kirliliğin azaltılması ölçeye göre azalan getiriye tabidir. Şekil 17'de görüldüğü üzere $P^*(M)$, U şeklinde dışbükey bir yapıya sahiptir.

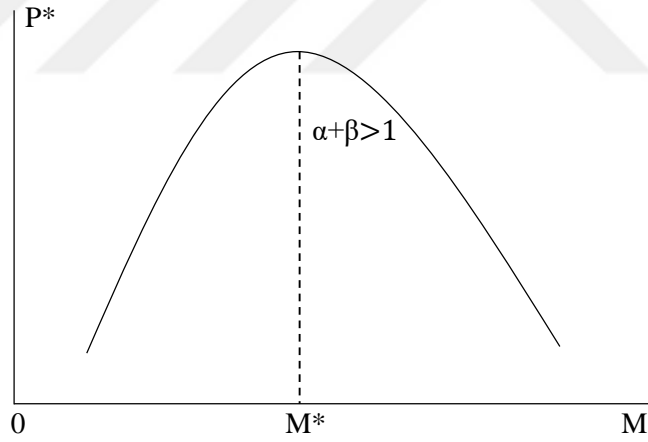
Şekil 17: Katsayıların Toplamının 1'den Küçük Olduğu Durum



Kaynak: Andreoni ve Levinson, 2001: 273

Eğer $\alpha + \beta > 1$ ise kirliliğin azaltılması ölçeğe göre artan getiriye tabidir. Şekil 18’de görüldüğü üzere $P^*(M)$, ters U şeklinde iç bükey bir yapıya sahiptir. Şekil 18 tamamıyla çevresel Kuznets eğrisini ifade etmektedir (Andreoni ve Levinson, 2001:274).

Şekil 18: Katsayıların Toplamının 1'den Büyük Olduğu Durum



Kaynak: Andreoni ve Levinson, 2001: 273

Denklem 12’de z ’nin 1’e eşit olmadığı durum biraz daha karmaşıktır. Ancak azaltma teknolojisi ölçeğe göre artan getirilere sahip olduğu sürece ($\alpha + \beta > 1$) optimum kirlilik-gelir eğrisi ters U şeklinde kalacaktır. Bu durum için tüketim fonksiyonu denklem 18’deki gibi yeniden ayarlanabilir.

$$C^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M + \frac{1 - z}{z(\alpha + \beta) C^{\alpha - 1} (M - C)^{\beta - 1}} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M + B \frac{(1 - z)}{z} \quad (18)$$

Denklemde $B > 0$ ’dır. Eğer $z < 1$ ise, tüketicinin kirlenmeden uğradığı marjinal zarar daha düşüktür. Bu nedenle hem C^* hem de P^* değeri denklem 14’tekinden daha yüksek olacaktır. Eğer

$z > 1$ ise, kirliliğin marjinal zararı yüksek olacak ve bu durumda C^* ve P^* daha düşük değerler alacaktır. Her ne kadar C^* ve P^* 'in alacağı değerler z 'deki değişikliklere göre farklılaşsa da ters-U şeklindeki kirlilik-gelir eğrisinin uygulanışı aynıdır (Andreoni ve Levinson, 2001: 274).

Kurulan bu basite indirgenmiş modelde eğrinin ters-U şeklinde olup olmamasının en önemli etkeni, tüketim malları ve kirlilik ile teknolojik gelişme arasındaki ilişkiler olarak nitelendirilmiştir. Yazarların modelindeki temel dayanağı; tüketim kirliliği arttırmakta ve azaltımı sağlayacak kaynaklar için gerçekleştirilen harcamalar ve sarf edilen çabalar kirliliği azaltmaktadır. Bu da yüksek gelirli bireylerin hem daha fazla tüketim malı talep etmesi hem de kirliliğin azaltılması için toplum tarafından daha çok çaba sarf edilmesi ile olmaktadır. Artan getirilerin mevcut olduğu durumda, bireyler hem tüketimlerini hem de çevre kalitesini arttırmayı daha kolay sağlayabileceklerdir.

İlk kurulan modeli basitleştirmek için tek bir tüketicinin olduğu varsayılmıştır. Ancak bu durum, dışsallıkların ihmal edilmesine yol açmaktadır. Tüketici sayısını birden fazla alıp dışsallıkları dahil ederek oluşturulan model denklem 19'de gösterilmektedir (Andreoni ve Levinson, 2001: 282).

$$\begin{aligned}
 U_i &= C_i - P, & i=1, \dots, N) \\
 P &= C - C^\alpha E^\beta & C = \sum_i C_i, \quad E = \sum_i E_i \\
 M_i &= C_i + E_i, & \alpha \text{ ve } \beta \in (0,1)
 \end{aligned} \tag{19}$$

Bireyler ($1 \dots N$ tane), başkalarının tüketimini kendi tüketimlerinden bağımsız olarak Nash oyuncularını gibi faydalarını maksimize ederek alırlar. İlk sipariş koşullarının çözülmesi ile elde edilen en iyi tepki fonksiyonu denklem 20'deki gibidir.

$$C_i^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M_i + \left[\frac{\alpha}{\alpha + \beta} \sum_{j \neq i} M_j - \sum_{j \neq i} C_j \right] \tag{20}$$

Bütün bireylerin faydalarını maksimize ettiği Nash dengesi durumu, denklem 21'de gösterilmektedir.

$$C_i^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} M_i, \text{ bütün } i \text{ ler için.} \tag{21}$$

Birden fazla bireyin olduğu bu durumda da $\alpha + \beta > 1$ ise tek bir tüketici durumunda olduğu denklem 15'teki gibi kirlilik-gelir eğrisi içbükey olacaktır. Ancak Pareto optimumu sağlanmamaktadır. Bu durum merkezi bir hükümetin, faydaların toplamını maksimize ettiği varsayımı altında denklem 22'de gösterilmiştir.

$$\max \sum_i U_i = \sum_i C_i - NP \quad (22)$$

Buradaki toplulaştırılmış fayda fonksiyonu, denklem 12'ye benzer bir yapıya sahiptir. C yerine $\sum C$ ve z yerine N koyulmuştur. Bu nedenle optimal tüketim C^* için elde edilen çözümler denklem 18'deki ile aynıdır. N sayıda birey olan bu çözümde, tek bir bireyden farklı olarak toplum çok daha fazla tüketim gerçekleştirir ve kirliliğin azaltımı sosyal optimum ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür (Andreoni ve Levinson, 2001: 283). Yine de tüketici sayısındaki artış, kirlilik-gelir eğrisinin ters-U şeklini değiştirmemektedir. Yazarlara göre eğrinin şekli, azaltma teknolojisine bağlıyken, kirliticilerin sayısına ya da tüketim ve çevresel kalitenin nispi marjinal faydalarına bağlı değildir.

Andreoni ve Levinson (2001) gelir düzeyi ve çevre kirliliği arasında ters-U şeklinde bir ilişki olduğunu ifade etseler de kurmuş oldukları model *laissez faire-laissez passer* veya “gelir artışı nihayetinde çevre kirliliğini çözer” şeklindeki ÇK-eğrisi hipotezinin öngörüsünü desteklememektedir.

2.2.2. Stokey'in Modeli

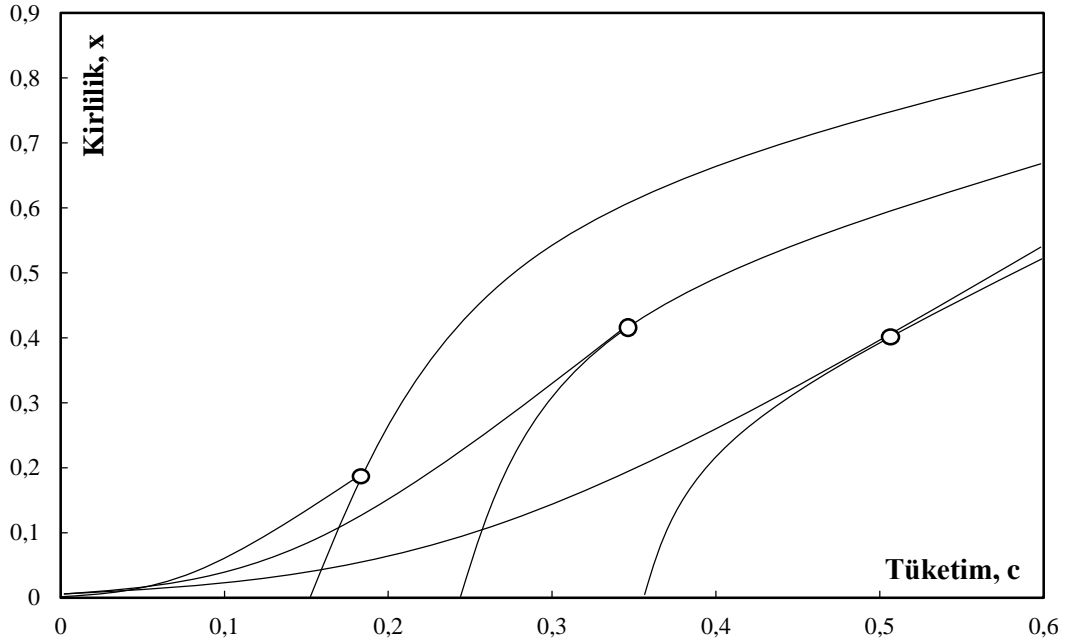
2.2.2.1. Statik Model

Tüketim mallarının ve kirliliğin, ölçeğe göre sabit getirili bir teknolojiye sahip ortak ürünler olduğu varsayımı altında, teknoloji indeksi olarak yer alan $z \in [0,1]$ iken $y =$ kişi başına düşen potansiyel çıktıyı, $c = yz$ kişi başına düşen gerçekleşen çıktıyı ifade etmektedir. z değeri arttığında hem üretim hem de kirlilik artmaktadır. $z=1$ iken tüm üretken kaynaklar en kirli şekilde kullanılarak potansiyel çıktı elde edilir. $x=y\phi(z)$ potansiyel çıktı y olduğunda ve üretim sürecinde z kullanıldığında elde edilen toplam kirliliği ifade etmektedir.

$$\phi(0)=0, \quad \phi'(0)=0, \quad \phi(1)=1, \quad \phi'(1)=\beta < \infty, \quad \phi''(0) > 0. \quad (23)$$

Denklem 23'teki varsayımlar geçerli olduğunda, sabit potansiyel çıktı için kirlilik, gerçekleşen çıktı ile artan ve dışbükey bir ilişki içerisindeydir. En kirli teknoloji ile üretim yapılsa bile kirlilik sonludur ve gerçek çıktının potansiyel çıktı düzeyine yükselmesi sonucunda oluşan kirlilikteki artış oranı β ile sınırlıdır (Stokey, 1998: 4). Şekil 19'da $c-x$ aralığında üç farklı potansiyel çıktı düzeyi için oluşturulan üretim olanakları eğrileri gösterilmektedir.

Şekil 19: Tercihler ve Teknoloji



Kaynak: Stokey, 1998: 5

Şekildeki her bir üretim imkanları eğrisi y_i 'nin sabit, z 'nin 0'dan 1'e doğru arttığı bir yapıya $(y_i, z_i, y_i \phi(z))$ sahiptir. Tüketim ve kirlilik arasındaki tercihler, denklem 24 ile ifade edilebilir.

$$U(c, x) = v(c) - h(x) \quad (24)$$

Denklemden v , $\lim_{c \rightarrow 0} v'(c) = +\infty$ iken içbükeydir ve artmaktadır. Aynı zamanda fayda düzeyi güneydoğu yönünde artmaktayken, $\lim_{x \rightarrow 0} v'(c) = 0$ durumunda da h dışbükeydir ve yükselmektedir.

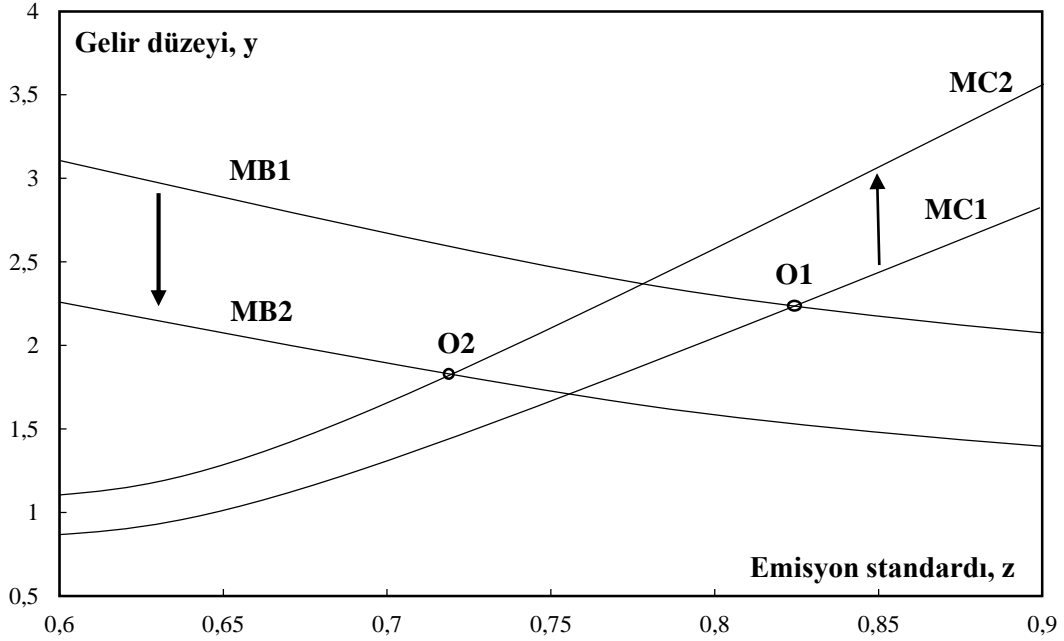
Emisyonlara karşı direkt bir önlem alındığı ve firmaların kanun tarafından koyulan sınırlar ile kar maksimizasyonunu esas alarak üretimini gerçekleştirdiğini varsayalım. Böyle bir durumda kanun, en kirli teknolojiler ile üretimlerini gerçekleştiren firmalara sınırlama getirecektir. Potansiyel çıktı y ve hükümet tarafından hanehalkının faydasını maksimize etmek için koyulan emisyon standartları z olarak ele alındığında, politika yapımcılarının karşısına çıkan problem denklem 25'te gösterilmektedir (Stokey, 1998: 6).

$$\max_{z \in [0,1]} v(yz) - h(y\phi(z)) \quad (25)$$

Şekil 20'deki noktalar optimal durumları göstermektedir. En yüksek potansiyel çıktı için optimum $z^* < 1$ ve $c, x < y$ 'dir. Potansiyel gelir arttığında optimal emisyon standartlarının genel durumu oldukça basit bir hal almaktadır. Yüksek tüketimin kirlilik cinsinden fırsat maliyeti (ϕ'), tüketim ve

kirlilik arasındaki marjinal ikame oranı (v'/h')'na eşittir. Şekilde kirliliğin marjinal faydası ve marjinal maliyeti $y_1 < y_2$ olmak üzere, iki potansiyel gelir düzeyi için z 'nin bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir.

Şekil 20: Büyümenin Potansiyel Çıktıya Etkisi



Kaynak: Stokey, 1998: 6

Marjinal fayda eğrisi, y değeri sabitken z arttıkça azalır, y arttığında ise aşağıya doğru kayar. Marjinal maliyet eğrisi ise sabit y için z arttıkça artar ve y arttıkça yukarıya doğru kayar. $\frac{v'(\hat{y})}{h'(\hat{y})} \equiv \theta'(1)$ 'dir. z değeri 1'e eşit olduğu durumda en kirli teknolojilerle üretim gerçekleştirilmektedir. Şekil 17'de görüldüğü üzere potansiyel gelir, \hat{y} 'nin üzerindeyken gelir düzeyi arttıkça emisyon standartları da katlaşılmaktadır. Bu durumda denklem 26'da ifade edilmektedir.

$$z^*(y)=1, y \leq \hat{y}; \quad z^*(y) < 0, y > \hat{y} \quad (26)$$

Potansiyel gelir düzeyi, \hat{y} değerinin altında olduğunda marjinal gelir ile marjinal fayda eğrileri kesişmemektedir. Tüketim potansiyel gelir düzeyi ile beraber artmaktadır. Denklem 27'de toplam kirlilik düzeyinin seyri gösterilmektedir.

$$x^*(y) \equiv y \theta(z^*(y)) \quad (27)$$

Mevcut gelir düzeyi kritik \hat{y} değerinin altında olduğunda, toplam kirlilik seviyesi yükselmektedir. Gelir düzeyinin \hat{y} değerinin üzerinde olduğu durum denklem 28'de belirtilmektedir.

$$\emptyset(z)=z^\beta, \quad \beta>1; \quad v(c)=\frac{c^{1-\sigma}-1}{1-\sigma}, \quad \sigma>0, \quad h(x)=\frac{Bx^y}{y}, \quad B>0 \quad (28)$$

Denklem 28'den yola çıkarak optimal emisyon standardı $z^*(y)$ ve toplam kirlilik düzeyi $x^*(y)$ aşağıdaki iki durumda belirlenir:

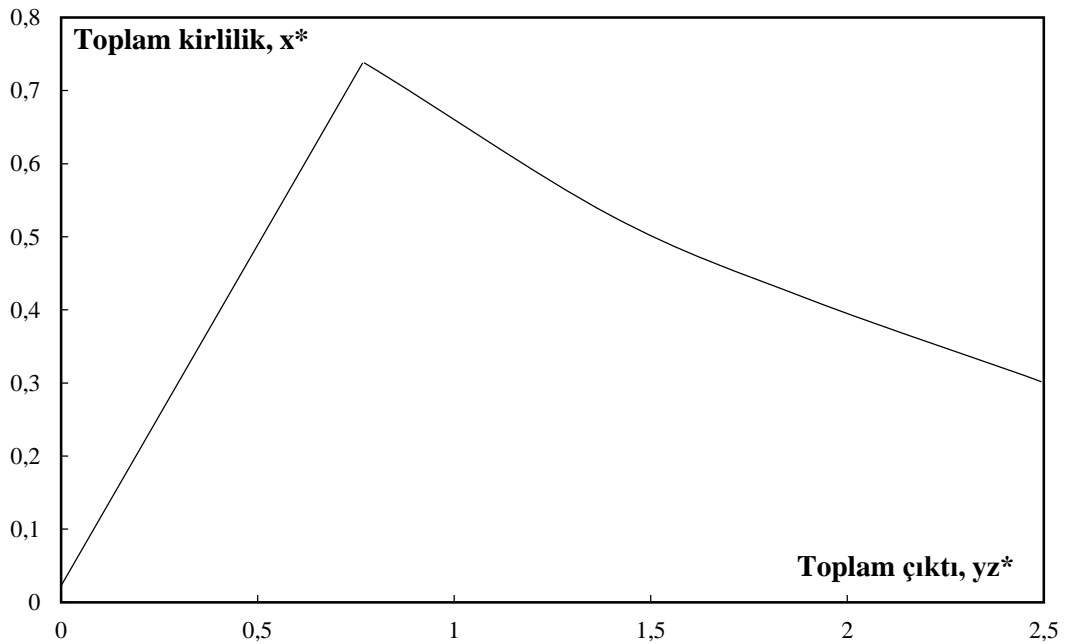
- $y \leq \hat{y}$ olduğu durumda $z^*(y)=1$ ve $x^*(y)=y'$ dir.
- $y > \hat{y}$ olduğu durumda $z^*(y)=(\hat{y}/y)^\mu$ ve $x^*(y)=\hat{y}^{\beta\mu}y^{1-\beta\mu}$ dir.

İki durum için $\hat{y}=(B\beta)^{-1/(\sigma+y-1)}$, $\mu=\frac{\sigma+y-1}{\sigma+\beta y-1} \in (0,1)$ 'dir.

Bu nedenle $y > \hat{y}$ iken $\sigma > 0$ 'sa toplam kirlilik, gelir düzeyi arttıkça azalmaktadır. Ters durumda ise gelir düzeyi arttıkça toplam kirlilik de artmaktadır. Son olarak σ değeri 0 olduğunda kirlilik düzeyi değişmemektedir (Stokey, 1998: 8).

Gelir seviyesi belirli bir kritik düzeyin altındayken kirlilik için herhangi bir tedbir alınmadığından dolayı gelir artışı ile birlikte toplam kirlilik de artmaktadır. Gelir, bu kritik düzeyin üzerinde olduğunda ise katı bir şekilde emisyon standartları uygulanmakta ve toplam kirlilik azalmaktadır (Stokey, 1998: 8). Şekil 21'de toplam kirlilik, gelir düzeyinin bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir.

Şekil 21: Gerçekleşen Büyüme ve Toplam Kirlilik



Kaynak: Stokey, 1998: 9

Şekilde $\sigma=2$, $\beta=2$, $y=1,5$ ve $B=1$ olarak varsayılmıştır. $x^*(y)<y$ olduğu durumda optimal denge koşulu denklem 29'da gösterilmiştir.

$$y^{(1-\sigma)(\beta-1)/\beta} x^*(y)^{(1-\sigma\beta)/\beta} \geq \beta B x^*(y)^{y-1} \quad (29)$$

Denklemden sağ taraf daha fazla kirliliğin marjinal maliyetini, sol taraf ise daha fazla çıktının marjinal faydasını ifade etmektedir. Çıktının marjinal faydası $\sigma<1$ olduğu durumda artmakta, aksi halde azalmaktadır. $\sigma=0$ olduğundan ise fayda düzeyi çıktıdan bağımsız bir şekilde hareket etmektedir. Optimal toplam kirlilik düzeyi $\sigma>0$ durumunda azaltılabilmektedir. Stokey (1998)'e göre şekil 21, Grossman ve Krueger (1991)'in tespit ettiği gibi kirlilik ve gelir düzeyinde ters U şeklinde bir ilişki olduğunu belirtmektedir.

2.2.2.2. Ak Modeli

Ak modelinde politika uygulayıcı, hane halkının faydasını en üst düzeye çıkarmak için tüketim ve kullanılan teknoloji için çeşitli yollar seçmektedir. Modelin basitleştirilmesi adına sermayenin değer kaybetmediği varsayılmaktadır. Politika uygulayıcının problemi; $\{c(t), z(t), t \geq 0\}$ ve $k(0)=k_0$ varsayımları altında denklem 30'da gösterilmiştir.

$$\max \int_0^{\infty} e^{-pt} \left[\frac{c^{1-\sigma}-1}{1-\sigma} - \frac{B}{y} (Akz^\beta)^y \right] dt, \quad \dot{k}=Akz-c \quad (30)$$

Denklemden çevresel düzenlemelerin olmadığı durumda sürdürülebilir büyümenin sağlanması için $A>p$ olarak belirtilmiştir. Sermayenin herhangi bir hızda arttığı ortamda, düşük çıktı artışları ile birlikte toplam kirliliği düşürmek mümkündür. Özellikle $0 < \frac{1}{\beta} \frac{\dot{k}}{k} < -\frac{\dot{z}}{z} < \frac{\dot{k}}{k}$ şartı sağlandığı takdirde toplam kirlilik: Akz^β azalırken, toplam çıktı: Akz artabilir. Sürdürülebilir büyüme optimal olmamasına rağmen, sistem herhangi bir parametre için durağan duruma doğru yönelmektedir. $A/\beta < A-p$ olarak varsayıldığında, durağan durum bağlayıcı çevre düzenlemelerinin varlığını göstermektedir. Bu durum üretimde ve kirliliği azaltmada kullanılan teknoloji düzeyinin (A ve β) yüksek veya hanehalkı sabırlı (p düşük) olduğunda geçerlidir. Ekonomi durağan durum denge düzeyine yönelirken, tüketim ve emisyon standardı denklem 31'de gösterilmiştir.

$$c = \lambda^{-1/\sigma}, \quad z = \begin{cases} 1, & \lambda \geq k^{y-1}/m \\ ((\lambda m k^{1-y})^\psi), & \lambda < k^{y-1}/m \end{cases} \quad (31)$$

Denklemden λ sermayenin gölge değeri, m ve ψ sırasıyla teknoloji ve tercih parametreleridir. Zaman içerisinde sermaye stoku ile birlikte tüketim de artmakta, λ değeri ise düşmektedir. Kirlilik

kontrolleri devreye girdiğinde sermaye stoku için $m\lambda=k^{1-y}$ olan kritik bir seviye söz konusudur. Sermaye stoku bu kritik seviyeye ulaşmadan önce en kirli teknolojilerle üretim gerçekleştirilmektedir ($z=1$). Bu seviyeden sonra ise aşamalı olarak üretim sürecinde daha çevreci teknolojiler kullanılmaktadır (z değeri düşmektedir). Bu süreçte gerçekleşen toplam kirlilik, denklem 32’de belirtilmiştir.

$$x=Akz^\beta=\begin{cases} Ak, & z=1 \\ A((m\lambda)^\beta k^{\beta-1})^\psi, & z<1 \end{cases} \quad (32)$$

Denklemde z , 1’e eşitken toplam kirlilik de artmaya devam etmektedir. Sermaye stoku kritik eşiği aştığı durumda $(\beta \frac{\lambda}{k} + (\beta-1) \frac{k}{k}) < 0$ toplam kirlilik azalmaya başlamaktadır. Bu durum $\sigma > (\beta-1)/\beta$ iken geçerlidir. Kirliliğin ekonomik büyümenin ilk aşamasında arttığını ve ekonominin durağan duruma yaklaşmasıyla azaldığını ifade eden ters-U şeklindeki ilişki için σ ’nın 1’den büyük olması yeterlidir (Stokey, 1998: 11).

Büyüme hızının azalması, sermayenin getirisi ile ilgilidir. Kirliliğin olmadığı durumda sermayenin reel getiri oranı $A=r$ olarak sabittir. $A > p$ varsayımı altında, faiz oranı ek yatırımın gerçekleştirilmesi için yeterlidir. Mevcut modelde çıktı, sermaye stoku ve toplam kirlilik seviyesi ile gerçekleştirilen üretim faaliyetinin bir sonucudur ($y=(Ak)^{1-1/\beta} x^{1/\beta}$). Denklem 33’te sermayenin marjinal ürünü gösterilmektedir.

$$r = \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right) A^{1-1/\beta} k^{-1/\beta} x^{1/\beta} \quad (33)$$

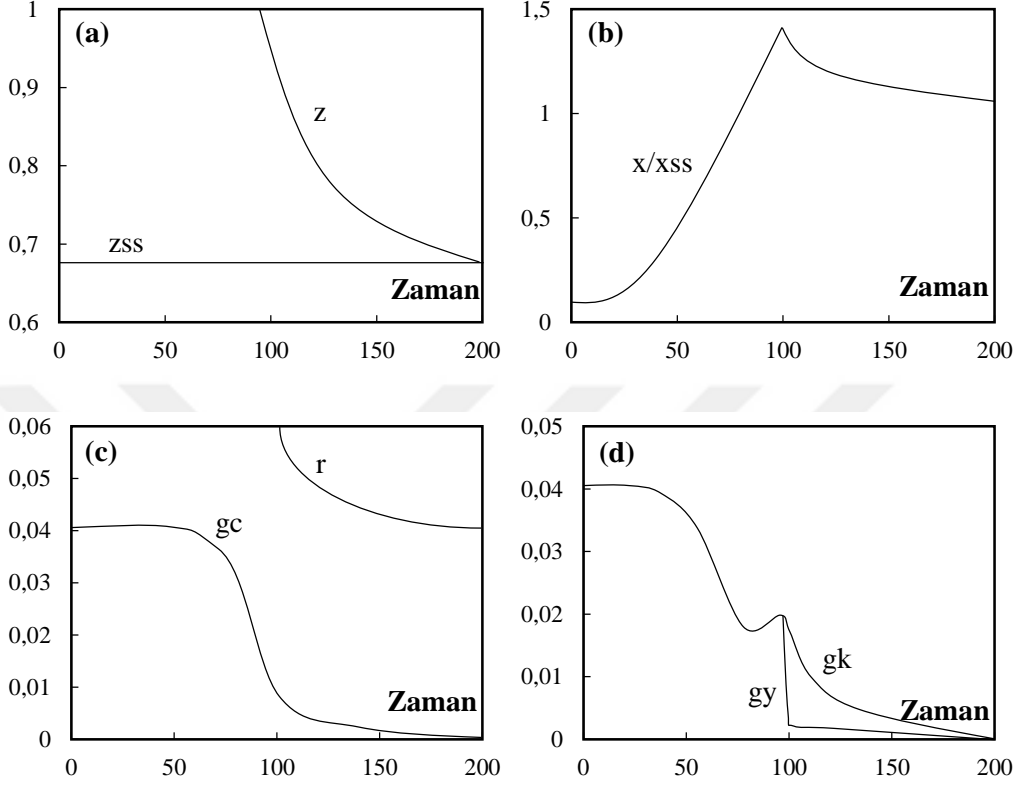
Denklemde sermayenin reel getirisi sabit değildir. Bu getiri, herhangi bir sabit kirlilik düzeyi ile azalmaktadır. Sermayenin reel getirisini sürdürmenin tek yolu, aynı artış oranında bir kirliliğe müsaade etmektir. Toplam kirlilik $x=Akz^\beta$ iken reel faiz oranı ve durağan durumdaki getiri oranı ile emisyon standardı, denklem 34’te ifade edilmiştir.

$$r = \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right) Az, \quad r_{ss} = \left(\frac{\beta-1}{\beta}\right) Az_{ss} = p \quad (34)$$

Sermaye stoku büyüdükçe, optimal emisyon standardı daha da katılarak reel getiri oranını düşürmektedir. Emisyon standardı yeterince katı olduğunda ise sermaye birikimi sona ermektedir. Şekil 22, parametreleri $p = 0,04$, $\sigma = 2$, $B = 1$, $y = 1,2$, $A = 0,12$, ve $\beta = 2,0$ olarak ele alınan bu model için zaman yollarını göstermektedir. Panel (a) emisyon standardını ifade etmektedir. $T=100$ olarak belirtilen kritik zamana kadar herhangi bir kirlilik düzenlemesi söz konusu değildir. T tarihinden sonra emisyon standardı bir süre hızlı bir şekilde artarak uygulanır ve ardından sabit duruma doğru

yavaş yavaş azalır. Panel (b), sabit durum düzeyine göre toplam kirliliği göstermektedir (x/x_{ss}). Bu değer T dönemine gelinceye kadar hızlıca artmakta, T döneminden sonra ise yavaşça düşmektedir.

Şekil 22: Ak Modelinde Kirlilik Düzeyi ve Sermaye



Kaynak: Stokey, 1998: 13

Panel (c) reel faiz oranı ve tüketimdeki artış oranını göstermektedir. Reel faiz oranı T dönemine gelinceye kadar $r=A(\beta-1)/\beta$ olarak sabittir. T döneminden sonra ise durağan duruma doğru gelinen süreçte $r_{ss}=p$ olacak şekilde azalmaktadır. Tüketimdeki artış da faiz oranını $g_c \approx (r-p)/\sigma$ olarak takip etmektedir. Son olarak panel (d)'de ise sermaye ve çıktı artış oranları gösterilmektedir. $\frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{k}}{k} + \frac{\dot{z}}{z}$ olduğundan dolayı T dönemine kadar sermaye ve çıktı artış oranları birlikte azalmaktadır. Bu tarihten sonra z değeri düştüğü için, çıktıdaki artış oranı da keskin bir şekilde düşmektedir. Sermayenin artış oranının T döneminden hemen önce kısa bir yükselen dönüşüme sahip olması oldukça şaşırtıcıdır (Stokey, 1998: 12). Stokey'in teknolojik değişmeyi dışsal olarak dahil ettiği üçüncü modelinde de çevre kirliliği ile çıktı düzeyi arasında ters-U şekline benzer bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle oluşturulan üç model de ÇK-eğrisi hipotezini destekler niteliktedir.

Stokey'in kurduğu modellerde temel olarak düşük üretim düzeyinde tüketimin marjinal faydası fazladır. Kirlilik en yüksek seviyede olsa bile, ek kirlilikten kaynaklanan fayda, maliyetten daha yüksektir. Bu nedenlerden dolayı gelirin ve kirliliğin birlikte arttığı gelir seviyesinin düşük olduğu süreçte, en kirli ve üretken teknolojiler kullanılmaktadır (Stokey, 1998: 23).

Geleneksel girdilerin daha fazla kullanıldığı seviyelerde ise iki olasılık söz konusudur. Tüketimin marjinal faydası esnek ise, kirlilik ve üretimde kullanılan girdiler birbirleri ile ikame edilebilir. Bu durumda kirlilik, gelir düzeyi yükseldikçe azalmaya başlayacaktır. İkinci durumda tüketimin marjinal faydası esnek değil ise, kirlilik ve girdiler tamamlayıcı olacaklarından dolayı gelir düzeyi arttıkça kirlilik düzeyi de artmaya devam edecektir. İlk durumda kirlilik ve gelir düzeyi arasında ters-U şeklinde bir ilişki olmasının nedeni tüketim mallarının gelir elastikiyetidir. Stokey (1998)'e göre bu nedenle çeşitli kirlilik göstergeleri ile gelir arasında dönüm noktaları farklı olsa dahi ters-U şeklinde bir ilişki olacaktır. Yazarın oluşturduğu her üç model için de tercihler esnek olduğunda, zaman içerisinde artış gösteren gelir düzeyi ile kirlilik arasında ters-U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır.

2.2.3. Dinda'nın İçsel Büyümeye Dayalı Modeli

Dinda (2005: 404) oluşturduğu modelde tek mal üretilen kapalı bir ekonomide çevre (E) değişkenini, üretim düzeyi ve faydayı etkileyen bir stok değişken olarak varsaymıştır. Diğer bir basitleştirici varsayım olarak modelde hem üretici hem de tüketici olarak tek bir karar birimi vardır. Faydasını maksimize etmeyi amaçlayan karar biriminin mevcut fayda düzeyi denklem 35'te gösterilmektedir.

$$W = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U(C(t), E(t)) dt; \quad U_c, U_e > 0; \quad U_{cc}, U_{EE} < 0; \quad U_{CE} < 0 \quad (35)$$

Denklemden C tüketimi, E kara, hava, su, flora, fauna ve benzeri çevre stokunu, $\rho < 0$ zaman tercihini ifade etmektedir. Modeldeki ekonominin üretim fonksiyonu denklem 36'da gösterilmiştir.

$$Y = f(K_y, E); \quad f_k, f_E > 0; \quad f_{kk}, f_{EE} < 0 \quad (36)$$

Denklemden K fiziksel ve beşeri sermaye stokunu, E çevre stokunu ifade etmektedir. Üretim fonksiyonunda E ayrıca çevre kalitesinin verimliliğe etkisini de göstermektedir. E ekonomideki karar birimi tarafından seçilen bir değişken değildir. K ve E üretim için temel girdilerdir.

$$P = \gamma Y, \quad \gamma > 0 \quad (37)$$

Denklemden 37'de $\gamma > 0$ üretilen çıktı başına gerçekleşen çevresel bozulmayı veya emisyonu ifade etmektedir. P: kirlilik veya emisyon, gerçekleşen çıktının sabit bir oranı olarak yer almaktadır. Genel olarak çevrenin kalitesi içsel bir olgudur.

$$\dot{E} = -P, \quad \text{veya} \quad \dot{E} = -\gamma f(K_y, E) \quad (38)$$

Denklem 38, çevre stokunun çeşitli kirleticilerle tükendiğini ifade etmektedir. Denklemde $t \rightarrow \infty$ ve $E \rightarrow 0$, E zamanla azalmaktadır. Bu nedenle $f(k_y, 0) = 0$ olduğunda ekonomi çökecektir. Yüksek kirlilik düzeyi üretimi sekteye uğratabilmektedir. Örneğin asit yağmuru, ormanlar, toprak, nehir suyu ve benzeri doğal olaylar fiziki sermayeye ve ayrıca dolaylı olarak insan sermayesine zarar verebilmektedir. Böylelikle kirlilik çıktıyı üretmek için kullanılan girdilere zarar vererek üretim sürecini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu noktada çevreyi iyileştiren kirliliği azaltıcı faaliyetler önem arz etmektedir. Çevre kirliliğini azaltıcı faaliyetleri gerçekleştirmek için K_E kadar sermaye gerekmektedir.

$$A = h(K_E) \quad (39)$$

Denklem 39'dan yola çıkarak, E'deki net değişim $\dot{E} = A - P$ kadardır. Herhangi bir zamanda karar birimi hem üretim hem de çevre kirliliğini azaltmak için sermayesini en uygun şekilde tahsis etmektedir. Toplam sermaye miktarı $K = K_E + K_Y$ olarak ele alındığında, sermayenin her iki sektörde optimal dağılımı $\frac{\partial Y}{\partial K_Y} = q \frac{\partial A}{\partial K_E}$ olarak belirlenmektedir. Buradaki q çevre kalitesinin fiziksel sermayeye göre göreceli fiyatını göstermektedir. Kirliliğin var olduğu dünyada ise bu eşitlik kirliliğin maliyeti $q\gamma \frac{\partial Y}{\partial K}$ iken $(1 - q\gamma) \frac{\partial Y}{\partial K_Y} = q \frac{\partial A}{\partial K_E}$ 'dir. Bu durumda her iki sektördeki sermayenin marjinal ürünü birbirine eşittir.

$\theta = K_y / K$ olduğu durumda, $K_y = \theta K$ 'dır. Üretimden geriye kalan kısım $K_E = (1 - \theta)K$, çevre kirliliğinin azaltılması için kullanılmaktadır. $\theta(t)$ t zamanda emtia malı üretimi için kullanılan sermaye stokunu, geriye kalan $(1 - \theta(t))$ kısmı ise çevre kalitesinin artırılması için t zamanda sermaye stokunu göstermektedir.

Artık üretim fonksiyonu ve çevresel iyileştirme fonksiyonu sırasıyla $Y = f(\theta K, E)$ ve $A = h((1 - \theta)K)$ olarak ifade edilebilir. Sermaye birikiminin kısıtları denklem 40 ve 41'de belirtilmektedir.

$$\dot{K}(t) = f(\theta(t)K(t), E(t)) - C(t) \quad (40)$$

$$\dot{E}(t) = h((1 - \theta(t))K(t)) - \gamma f(\theta(t)K(t), E(t)) \quad (41)$$

İlk denklem fiziksel sermaye birikimi ile ilgili bir kısıtı yansıtırken, ikinci denklem ise üretim ve çeşitli önlemler nedeniyle gerçekleşen çevresel değişmeyi ifade etmektedir. Her iki kısıta tabi böyle bir ekonomi için zamanlararası seçim problemi denklem 42'de gösterilmektedir.

$$W = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U(C(t), E(t)) dt \quad (42)$$

Bu ekonomide karar birimi hem tüketimini hem de üretim ve çevreyi iyileştiren faaliyetler için kullanılacak olan sermayenin dağılımı (q) üzerinde bir kontrole sahiptir. Optimizasyon problemi denklem 43'teki gibi de ifade edilebilir.

$$H = U(C, E) + \lambda [f(\theta K, E) - C] + \mu [h((1-\theta)K - \gamma f(\theta K, E))] \quad (43)$$

Denklemden $\lambda(t)$ ve $\mu(t)$ sırasıyla K ve E değişkenlerine karşı gelen gölge fiyat gibi ortak bir değişkendir. İlk iki koşul denklem 44 ve 45'teki gibi yeniden yazılabilir.

$$\frac{\delta H}{\delta C} = U_C - \lambda = 0 \rightarrow U_C = \lambda \quad (44)$$

$$\frac{\delta H}{\delta \theta} = \lambda f_K - \mu (h_K + \gamma f_K) = 0 \rightarrow \mu = \frac{\lambda f_K}{h_K + \gamma f_K} \quad (45)$$

Denklemlerde U_C , F_K ve h_K sırasıyla tüketimin marjinal faydasını, sermayenin üretim sürecindeki marjinal ürününü ve çevreyi iyileştiren faaliyetleri temsil etmektedir. Denklem 45'te ürün üretiminde sermayenin marjinal ürün değerinin, sermayenin çevre iyileştirmesinden geri çekilmesi nedeniyle çevresel kalite kaybının marjinal değerine eşit olması gerekmektedir. Dinda (2005: 410)'nın gerçekleştirdiği birkaç çözüm ile birlikte elde edilen tüketim yolu denklem 46'da gösterilmektedir.

$$\frac{\dot{C}}{C} = \frac{-U_C}{CU_{CC}} \left[\frac{f_K h_K}{h_K + \gamma f_K} - \rho + \frac{EU_{CE}}{U_C} \frac{\dot{E}}{E} \right] \quad (46)$$

Denklemden U_{CC} ve U_{CE} $U(\cdot)$ 'nin ikinci dereceden kısmi türevleridir. C ve E'nin optimal zaman yolları genellikle birbirine bağlıdır. Bu yolla elde edilen fayda fonksiyonu denklem 47'de belirtilmiştir.

$$U(C, E) = \frac{(C^{1-\nu} E^{\nu})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} \quad (47)$$

Denklemden $\nu(0 < \nu < 1)$ ve $(1-\nu)$ parametreleri sırasıyla çevre ve tüketim tercihlerini ifade etmektedir. σ marjinal faydanın esnekliğini belirtmekte ve aynı zamanda ikamenin zamanlar arası esnekliği olarak da bilinmektedir. $U_{CE} > 0$ iken $\sigma < 1$ 'dir. $U_{EE} < 0$ ve $U_{CC} < 0$ koşulları ise sırasıyla $\nu(1-\sigma) < 1$ ve $\sigma > 0$ olduğunu göstermektedir.

Çevresel iyileştirme için uygulanan teknolojinin lineer ve sermaye ile sabit getiriye tabi olduğu varsayılmaktadır. Çevre kirliliğini azaltma için oluşturulan fonksiyon denklem 48’de belirtilmektedir.

$$A=A_1K_E=A_1(1-\theta)K \quad (48)$$

Denklem, çevresel kalite veya azaltma faaliyetlerini iyileştirmek için Ak tipi bir teknolojiyi ifade etmektedir. Ekonomideki tüketimin büyüme oranı ise denklem 49’da gösterilmektedir.

$$\frac{\dot{C}}{C} = \frac{1}{\sigma} \left[\frac{A_1 f_K}{A_1 + \gamma f_K} + v(1-\sigma) \left(\frac{\dot{E}}{E} \right) - \rho \right] \quad (49)$$

Denklem ekonominin optimal tüketim yolunu göstermektedir. Bu modelde ekonomik büyüme $\frac{\dot{C}}{C}$, çevre kalitesindeki net değişimden \dot{E} veya çevresel büyüme oranından $\frac{\dot{E}}{E}$ etkilenmektedir. $v > 0$ ve $\sigma < 0$ olduğundan dolayı $v(1-\sigma) > 0$ ’dır. Çevre kalitesindeki iyileşmeler tüketimin marjinal faydasını arttırmaktadır. Çevre kalitesindeki gelişim $\dot{E} > 0$ denge büyüme düzeyini de arttırmaktadır.

Çevre kalitesini negatif etkilemeden sağlanan çevresel büyüme ile birlikte ekonomik büyümenin optimum düzeyde kalabileceği denklem 50’de gösterilmektedir. Denklemde sermaye dağılımının denge büyüme hızı θ ile ifade edilmektedir.

$$\frac{\dot{\theta}}{\theta} = \frac{-1}{(\theta K) f_{KK}} \left[\frac{U_E (A_1 + \gamma f_K)^2}{U_C A_1} + (A_1 + \gamma f_K) f_E + f_{KE} \dot{E} + f_{KK} (\theta \dot{K}) - f_{KK}^2 \right] \quad (50)$$

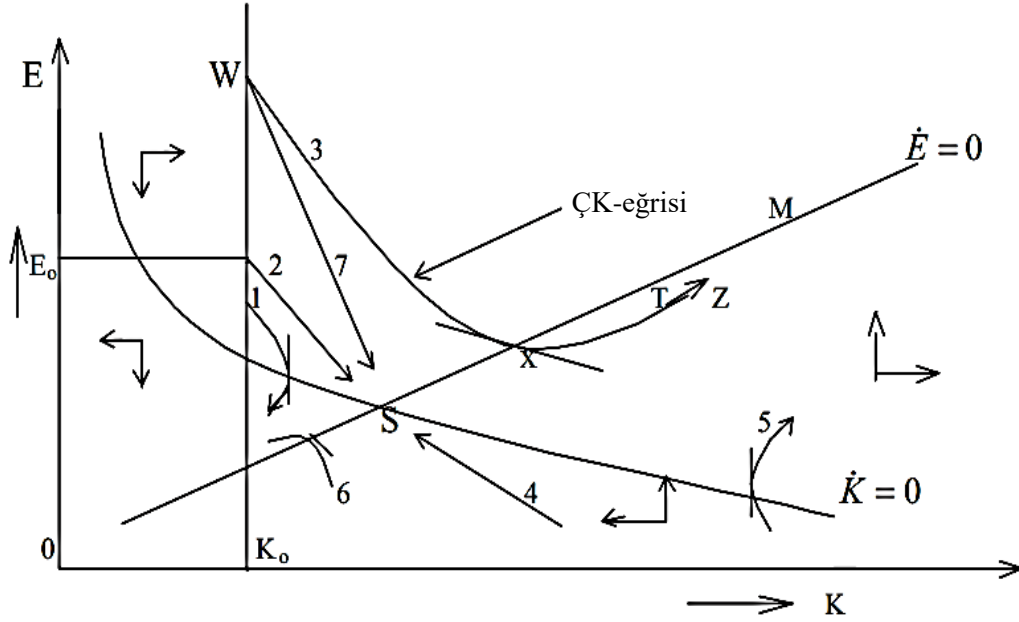
Dinda (2005: 407) analitik amaçlar için denklem 51’de üretimin çevre ve sermayenin bir fonksiyonu olarak yer aldığı Cobb-Douglas tipi bir üretim fonksiyonunu kullanmıştır.

$$Y=f(\theta K, E)=B(\theta K)^\alpha E^{1-\alpha} \quad (51)$$

Oluşturulan modelde C ve θ olmak üzere iki kontrol değişkeni ve K ile E olmak üzere iki durum değişkeni vardır. Bu nedenle karar vericinin problemi dört boyutludur. Bu problem, 3 veya 2 boyuta indirilerek analitik olarak daha rahat bir şekilde çözümlenebilir (Dinda, 2005: 407). $\dot{E}=0$ ve $\dot{K}=0$ olan çeşitli durumlar mevcuttur. Ancak bu modelde ÇK-eğrisini veren E-K düzlemindeki E ve K değişkenlerinin hareketlerine odaklanılmıştır (Dinda, 2005: 408). K ve E’nin durağan duruma doğru ilerleyen belirli başlangıç değerleri Şekil 23’te gösterilmiştir. K_0 (başlangıçta düşük) ve E_0 (başlangıçta yüksek) olarak belirtilen bu değerlere sahip bir ekonomi büyümeye başlar, kalkınma sürecinde bu ekonomi sermaye biriktirir ve zaman içerisinde çevresel stoku azaltır. Diğer bir deyişle, sermaye birikimi ve çevre kalitesi arasında bir değiş tokuş ilişkisi söz konusudur. Bu durum çevre

stokunu ekonomik büyüme için feda eden az gelişmiş bir ülke ekonomisinin doğasında vardır. Böyle bir gelişim süreci, ekonomi durağan duruma ulaşana kadar devam etmektedir.

Şekil 23: Sermaye ve Çevre Kalitesi Arasındaki Geçiş Dinamiği



Kaynak: Dinda, 2005: 408

Hem E hem de K'nın az olduğu gelişmemiş bir ülkede E'nin fiyatı μ değişmezken, K'nın fiyatı λ artmaktadır. Bu nedenle çevrenin göreceli fiyatı olan q düşmektedir. Süreçte K artarken, E sabit kalmakta ya da yavaşça azalmaktadır. K/E oranı olan k , q değeri azalırken optimal sermaye stokuna (k^*) doğru yönelmektedir. Ters durumda ise artan q değeri ile birlikte k azalmaktadır. Ekonomi kararlı denge düzeyi k^* 'a tekabül eden 2. 5. veya 7. okla gösterilen S noktasına erişmektedir. Durağan durum düzeyinde $\dot{C}/C=\dot{K}/K=\dot{Y}/Y=\dot{E}/E=\dot{A}/A=\dot{\theta}/\theta=0$ ve θ , C/K, C/E ve K/E oranları sabittir. Geçiş sürecinde çevre kalitesi 2 ve 7 numaralı okla gösterildiği gibi sürekli düşmekte ve bu düşüş çevresel bozulmanın yaşanmadığı durağan duruma gelindiğinde sona ermektedir. Bu nedenle ÇK-eğrisinin belirttiği gibi ters-U şeklindeki bir eğri, durağan duruma doğru geçişte ortaya çıkmamaktadır.

Çevresel bozulma 7 numaralı oktaki gibi W-S aralığında uzun süre devam edebilir. ÇK-eğrisinin ortaya çıkabileceği durumda ise 3 numaralı oktaki gibi bir süre sonra ilk başta bozulan çevre kalitesi E artmaktadır. 7 ve 2 numaralı ok yönünde $\dot{K}>0$ ve $\dot{E}<0$ iken büyüme ile birlikte $\dot{K}=\dot{E}=0$ 'ın olduğu S noktasına doğru hareket edilmektedir. Aksine 3 numaralı egride böyle bir yöneliş söz konusu değildir.

W noktasından itibaren ekonomi, W-S aralığı boyunca sermayenin optimal tahsisini izleyebilir. 7 numaralı eğrinin yansıttığı bu durumda çevresel bozulma sabit miktarda gerçekleşmektedir. Yani sermaye stoku artışı ile çevre kirliliği artışı arasında aynı yönlü bir ilişki söz konusudur.

Şekil 23'te yer alan birçok eğri ve doğru içinde 3 numaralı WXTZ aralığındaki eğri ÇK-eğrisi hipotezini yansıtmaktadır. X noktasına kadar sermaye artışı ile birlikte çevresel bozulma gerçekleşmektedir. Bu noktada çevre stokundaki net değişim artık $\dot{E}=0$ 'dır. Ancak sermaye stoku $\dot{K}>0$ hala artmaktadır. Sürdürülebilir büyüme çevre stokunun değişmediği ve sermaye artışının devam ettiği bu durumda devam ettirilebilir. Ekonomik büyüme çevrenin korunması ile uyumlu olabilse dahi, bu durum otomatik olarak gerçekleşmemektedir (Dinda, 2005: 409). X noktasına gelindikten sonra bozulan çevrenin iyileştirilmesi için belirli bir miktarda sermayenin çevresel iyileştirme faaliyetlerine ayrılması gerekmektedir. Ekonomik büyüme gerçekleşirken çevre kalitesinin artırılması için yeterli kaynak sağlanamaz ise bu büyüme uzun dönemde çevresel kaynakların tükenmesine neden olabilir. XTZ aralığında ise hem çevre kalitesi hem de sermaye stoku artmaktadır ($\dot{K}>0, \dot{E}>0$).

Ekonomik gelişim aşamasının başlangıcında sermaye stokunun tamamı üretim sürecinde kullanıldığı için çevre kalitesi azalmaktadır. En azından sanayileşme aşamasından sonra yüksek sermaye stoku düzeyine erişen bir ekonomide çevresel farkındalık artmakta ve sermayenin bir kısmı çevre iyileştirme faaliyetlerine ayrılmaktadır. Bu durum ise X-Z aralığında meydana gelmektedir. Sermayenin ilk aşamadaki çevre iyileştirme faaliyetleri için yetersiz tahsisinden sonraki aşamalarda yeterli tahsisi, ÇK-eğrisi hipotezinin temelini oluşturmaktadır (Dinda, 2005: 410). Şekilde gösterilen birçok durumdan sadece biri ÇK-eğrisinin geçerli olduğunu belirtmektedir.

2.2.4. John ve Pecchenino'nun Modeli

John ve Pecchenino (1994)'nin kurmuş oldukları modelde, bireylerin genç ve yaşlılık dönemleri ile çevre kalitesi arasındaki ilişkiler temel alınmıştır. Basitleştirici varsayım olarak gençlik döneminde bireylerin tüketim gerçekleştirmediği varsayılmaktadır. Bu varsayımdaki temel amaç yatırım ve çevre arasındaki tercihlere odaklanmaktır. Modelde t olarak adlandırılan yeni bir nesil her tarihte doğmakta, $t = 1, 2, ..$ ve iki dönem yaşamaktadır. Bu karar birimleri yaşlılıklarında tüketim c_{t+1} ve çevre kalitesi E_{t+1} arasında bir tercihte bulunmaktadır. Bu tercihler fayda fonksiyonu ile $U(c_{t+1}, E_{t+1})$ ifade edilebilir. $U(\cdot)$ 'nin sürekli farklılık arz edebileceği, $U_1(\cdot), U_2(\cdot) > 0$, $U_{11}(\cdot), U_{22}(\cdot) < 0$ ve $U_{12}(\cdot) \geq 0$ olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca $\lim_{c \rightarrow 0} U_1(c, E) = \infty$ 'dur. Genç karar birimleri elde ettikleri w_t kadar ücreti, yaşlandıklarında tüketimlerini gerçekleştirmek için s_t kadar tasarruf ve çevre iyileştirme faaliyetleri için gerçekleştirilen m_t kadar yatırım arasında dağıtmaktadır. Yaşlı karar birimleri firmalara ödünç verdikleri tasarruftan $1+r_{t+1}$ kadar bir gelir elde etmektedir. Bir kamu malı olan çevresel kalite ve onu etkileyen değişkenler denklem 52'de gösterilmektedir.

$$E_{t+1}=(1-b)E_t-\beta c_t+\gamma m_t; \quad \beta>0, \quad \gamma>0 \quad (52)$$

Denklemden insan faaliyetleri söz konusu olmadığı takdirde çevre kalitesinin değeri 0 olmakta ve $b \in [0,1]$ çevre kalitesinin geri iyileştirilme hızını ifade etmektedir. Yaşlı karar birimlerinin t zamanda var olan tüketimi sonucu gerçekleşen çevresel bozulmayı βc_t , genç karar birimlerinin t zamanda çevre kalitesinin iyileştirilmesi için gerçekleştirdikleri faaliyetleri ise γm_t ifade etmektedir. E_t çevre kalitesini belirtmektedir.

$Y_t = \psi(K_{t-1})F(K_t, N_t)$ üretim fonksiyonuna sahip firmalar, tam rekabet ortamında kar maksimizasyonu ile üretimlerini gerçekleştirmektedir. $F(\cdot)$ 'nin sabit getirilere tabi olduğu varsayımı altında k_t 'nin sermaye-işgücü oranını temsil ettiği kişi başına düşen çıktı düzeyi $y_t = \psi(K_{t-1})f(k_t)$ olarak ifade edilebilir. Ayrıca $f(0)=0, f'(\cdot)>0, f''(\cdot) \leq 0$ ve $k f''(\cdot) + f'(\cdot) > 0$ varsayımları mevcuttur. $\psi(K_{t-1})$, sermayenin en son dönemdeki verimliliğindeki gelişmeyi $\psi'(\cdot) \geq 0$ olarak ifade etmektedir. K_{t-1} , t zamanda önceden belirlendiğinden dolayı $\psi(K_{t-1})$ mevcut üreticiler açısından sabittir. Bu nedenle herhangi bir dönemde üretim ölçeğe göre sabit getirilere tabidir. Nüfus 1 değerine doğru gittiği için $\psi(K_{t-1}), \psi(k_{t-1})$ olarak da ifade edilebilir. Sermaye stoku δ oranında yıpranmaktadır.

Karar biriminin c_{t+1}, m_t ve s_t 'yi maksimize edecek yaşam boyu seçim problemi denklem 53 ve 54'te gösterilmektedir.

$$U(c_{t+1}, E_{t+1}), \quad \omega_t = s_t + m_t, \quad c_{t+1} = (1+r_{t+1})s_t \quad (53)$$

$$E_{t+1} = (1-b)E_t - \beta c_t + \gamma m_t, \quad c_{t+1}, m_t, s_t \geq 0 \quad (54)$$

Denklemlerde t zamanda olmak üzere w_t ücreti, r_{t+1} tasarruftan elde edilen geliri, E_t ise çevre kalitesini belirtmektedir. Firma, işgücünün marjinal ürününün ücrete eşit olduğu noktaya kadar işçi istihdam etmekte ve sermayenin net marjinal ürünü sermayenin kiralama oranına eşit olana kadar sermaye kiralamaktadır.

John ve Pecchenino (1994: 1397) ilk olarak dışsal artan getirilerin mevcut olmadığı durumu incelemişlerdir. Bu durumda bütün k 'lar için $\psi(k)=1$ olarak ele alınmıştır. Firma ve karar birimlerinin sırasıyla kar ve fayda maksimizasyon koşulları denklem 55, 56, 57 ve 58'de gösterilmiştir.

$$r_t = f'(k_t) - \delta = r(k_t) \quad (55)$$

$$w_t = f'(k_t) - k_t f''(k_t) = w(k_t) \quad (56)$$

$$U_1(c_{t+1}, E_{t+1})(1+r_{t+1})-\gamma U_2(c_{t+1}, E_{t+1})=0 \quad (57)$$

$$k_{t+1}=s_t \quad (58)$$

Denklem 55 ve 56 bir firmanın birinci dereceden t zamandaki maksimizasyon problemini belirtmektedir. Denklem 57 ise fayda maksimizasyonu gerçekleştiren karar biriminin problemini ifade etmektedir. Burada birey çevre kalitesi ve tüketim arasındaki marjinal ikame oranını birbirine eşitleyecek düzeyde tasarruf (s_t) gerçekleştirmektedir. Son olarak denklem 58 t zamanda gerçekleşen sermaye stokunun t-1 zamanda oluşan tasarruf kararları ile belirlendiği piyasaların temizlenme koşulunu göstermektedir. Bu sistemin dinamik akışı denklem 59, 60 ve 61’de gösterilmektedir.

$$c_{t+1}=(1-\delta)k_{t+1}+v(k_{t+1})f(k_{t+1})=c(k_{t+1}) \quad (59)$$

$$U_1(c_{t+1}, E_{t+1})[1+f'(k_{t+1})-\delta]-\gamma U_2(c_{t+1}, E_{t+1})=0 \quad (60)$$

$$E_{t+1}=(1-b)E_t-\beta c_t+\gamma\{[1-v(k_t)]f(k_t)-k_{t+1}\} \quad (61)$$

Denklemlerde $v(k)=kf'(k)/f(k)$ sermayenin çıktıdaki payını ifade etmektedir. Denklem 59 ve 59’un bir gecikmesi alınarak denklem 60 ve 61 yeniden aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$U_1[c(k_{t+1}), E_{t+1}][1+r(k_{t+1})]-\gamma U_2[c(k_{t+1}), E_{t+1}]=0 \quad (62)$$

$$E_{t+1}=(1-b)E_t-\beta_c(k_t)+\gamma\{[1-v(k_t)]f(k_t)-k_{t+1}\}=(1-b)E_t-\beta(1-\delta)k_t+\rho(k_t)f(k_t)-\gamma k_{t+1} \quad (63)$$

Denklem 62 ve 63’te $\rho(k_t)=\{\gamma[1-v(k_t)]-\beta v(k_t)\}$ ’dir. Denklem 62, E_{t+1} ’i k_{t+1} ’in bir fonksiyonu olarak belirttiğinden dolayı denklem 64’teki gibi tekrar yazılabilir.

$$E_{t+1}=\emptyset(k_{t+1}) \quad (64)$$

Karar birimleri, daha yüksek bir sermaye stokunu daha yüksek çevresel kalite ile ilişkili olacak şekilde tasarruf ve bakım karışımlarını seçerler. Son olarak denklem 64’ü ve bu denklemin bir gecikmesini denklem 63’e dahil ederek birinci dereceden lineer olmayan fark denklemi elde edilmektedir.

$$\emptyset(k_{t+1})+\gamma k_{t+1}-(1-b)\emptyset(k_t)+\beta(1-\delta)k_t-\rho(k_t)f(k_t)=0 \quad (65)$$

Denklem 65’i kullanarak sermaye stokunun dinamik davranışı ve dolayısıyla diğer tüm içsel değişkenler bir denge yolu boyunca belirlenebilir. Ekonomi, denklem 63 ve 64 ayrı ayrı ele alınarak

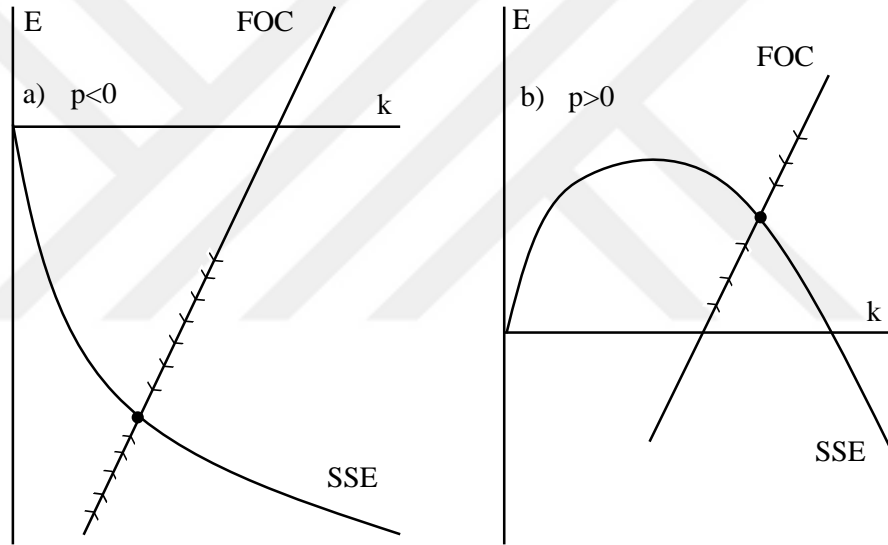
E-k aralığında ifade edilebilir. Çevre için hareket yasası durağan durumda, \bar{k} ve \bar{E} durum değişkenleri olarak ele alınıp denklem 66'daki gibi yeniden yazılabilir. Durağan durumdaki birinci dereceden koşul ise denklem 67'de gösterilmektedir.

$$\bar{E} = \left(\frac{1}{b}\right) \{ \rho(\bar{k})f(\bar{k}) - [\beta(1-\delta) + \gamma]\bar{k} \} = \phi(\bar{k}) \quad (66)$$

$$\bar{E} = \phi(\bar{k}) \quad (67)$$

Her iki denklem Şekil 24'te gösterilmektedir. Panel (a) $\rho(k) < 0 \forall k$ ve panel (b) $\rho(k) > 0 \forall k$ olan durumları belirtmektedir.

Şekil 24: Dışsal Artan Getirilerin Olmadığı İç Denge



Kaynak: John ve Pecchenino, 1994: 1398

Ekonomi $\phi(\bar{k}) = \phi(\bar{k})$ iki fonksiyonun kesiştiği durağan durum düzeyindedir. Birinci dereceden koşul (FOC) ile durağan çevre durum koşulu (SSE) eğrilerinin kesiştiği noktada durağan durum istikrarlıdır. Denklem 65, denklem 68'deki gibi lineer hale getirilerek bu durum doğrulanabilir.

$$k_{t+1} - \bar{k} = \left[\frac{(1-b)\phi' - \beta(1-\delta) + \rho'f + f'\rho}{\phi' + \gamma} \right] (k_t - \bar{k}) \quad (68)$$

Denklem 68'deki katsayı ancak ve ancak $\phi'(\bar{k}) < \phi'(\bar{k})$ olduğu durumda 1'den küçüktür. FOC çizgisi SSE hattının üzerindeki her yerde varsa, durağan durum söz konusu değildir ve iki eğri iki kere kesişiyorsa iki kararlı durum dengesi vardır. Bu durumda daha yüksek sermaye ve çevre kalitesi ile denge stabildir. Bu çoklu denge durumu, çevresel bozulma ve ekonomik gerileme gibi ciddi

sorunlara sahip olan nispeten zayıf ekonomileri yansıtmaktadır (John ve Pecchenino, 1994: 1399). Şekilde her iki panelde de bütün periyotlar için $E_t = \emptyset(k_t)$ olduğundan dolayı ekonomi FOC doğrusu boyunca ayarlanmaktadır. Denge düzeyi SSE eğrisinin altında olduğunda ekonomi büyümekte, çevre kalitesi artmakta ve gelecek nesillerin refahı yükselmektedir.

John ve Pecchenino (1994: 1399)'ya göre az sermaye stokuna veya yüksek çevre kalitesine sahip toplumlardaki karar birimleri, çevreyi koruma faaliyetlerinde bulunmayabilirler. Dışsal artan getirilerin olmadığı varsayımı altında denge koşulu, denklem 57'deki birinci fark koşulunun denklem 69'daki sıfır koruma faaliyetleri şartı ile ikame edilmesiyle yeniden yazılabilir.

$$m_t = 0 \quad (69)$$

Sıfır koruma faaliyeti varsayımı altında çalışanlar gelirlerinin tamamını tasarruf etmektedir. Bu nedenle ekonomi denklem 70 ve 71'deki gibi tanımlanabilir.

$$k_{t+1} = [1 - v(k_t)]f(k_t) \quad (70)$$

$$E_{t+1} = (1 - b)E_t - \beta c(k_t) \quad (71)$$

Sıfır koruma faaliyeti karar birimlerinin maksimizasyon problemi için bir köşe çözümdür. Karar birimlerinin tasarrufu, maaşları ile sınırlı olduğundan dolayı k_{t+1} , w_t değerini aşamaz. Karar birimlerinin pozitif veya sıfır çevre koruma faaliyeti arasında kayıtsız kaldığı doğru, ZMM olarak adlandırılmaktadır. Sıfır çevre koruma faaliyetiyle durağan durum denklem 72 ve 73'teki gibi gösterilebilir.

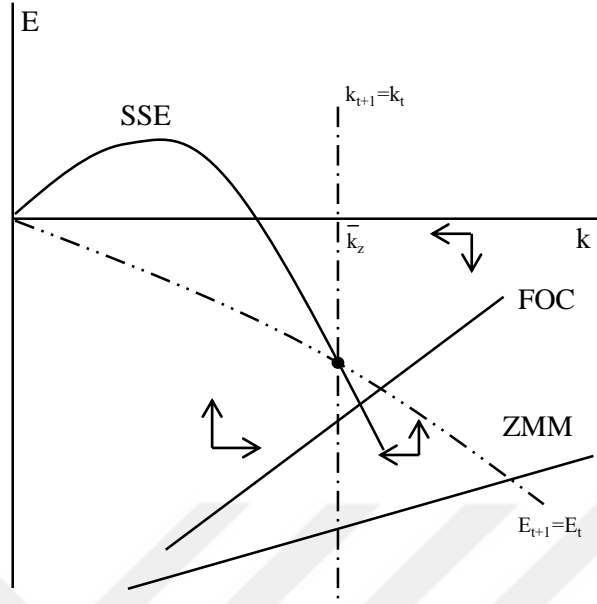
$$\bar{k}_z = w(\bar{k}_z) \quad (72)$$

$$\bar{E}_z = \varphi(\bar{k}_z) = \left(\frac{1}{b}\right) \{ \rho(\bar{k}_z)f(\bar{k}_z) - [\beta(1 - \delta) - \gamma]\bar{k}_z \} \quad (73)$$

Denge düzeyi Şekil 25'te gösterilmektedir. ZMM eğrisinin üzerinde ya çevre kalitesi yeterince iyidir ya da karar birimlerinin çevre koruma faaliyetinde bulunmayacağı kadar çok az miktarda yeterli bir sermaye mevcuttur.

Şekilde $k = \bar{k}_z$ ve $E = -(\beta/b)c(k)$ sırasıyla sermaye stokunun ve çevre kalitesinin değişmediği noktaları ifade etmektedir. ZMM eğrisinin üzerinde durağan duruma geçiş, oklarla gösterildiği gibi gerçekleşmektedir. Bu eğrinin altında ise ekonomi önceki kısımlarda bahsedilen dinamikler ile yönetilmektedir.

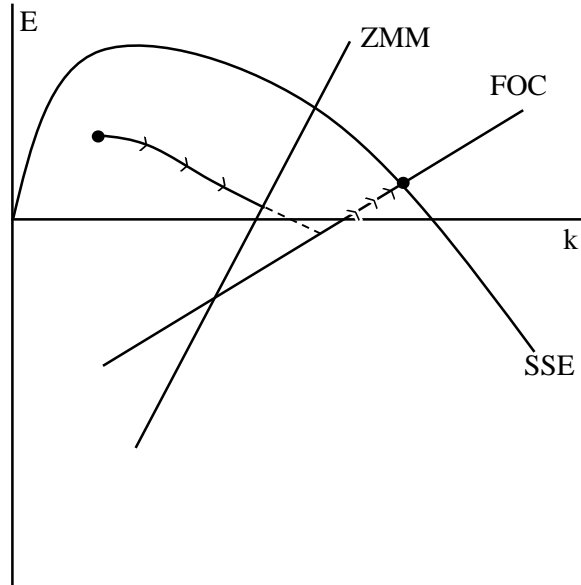
Şekil 25: Sıfır Koruma Faaliyetlerinde Durağan Durum



Kaynak: John ve Pecchenino, 1994: 1400

Başlangıçta az miktarda sermayeye ve $E=0$ çevre kalitesine sahip bir ekonominin durumu ise Şekil 26'de gösterilmektedir. Ekonomi, sermaye miktarında meydana gelen artışlar ve çevre kalitesinde meydana gelen azalışlar ile birlikte ayarlanmaktadır.

Şekil 26: Başlangıçta Azalan ve Sonra Artan Çevre Kalitesi



Kaynak: John ve Pecchenino, 1994: 1401

Karar birimleri sermaye biriktirdikçe, tüketim dışsallığı çevrenin bozulmasına neden olmaktadır. Çevre koruma faaliyetlerinin sıfır olduğu köşe çözümünde yer alan, birbirini takip eden nesiller, çevre bakım faaliyetlerini uygulamaya değer görmemektedir. Bu nedenle ekonomide iç

dengede pozitif korelasyonun tersine, sıfır çevre koruma faaliyetlerinin olduğu durumda, çevresel kalite ve büyüme arasında negatif bir korelasyon mevcuttur. Ayrıca sıfır çevresel koruma faaliyetlerinden pozitif çevresel koruma faaliyetlerine geçen bir ekonomi çevre kalitesinin ilk başta kötüleştiğini, sonraki aşamalarda ise iyileştiğini göstermektedir (John ve Pecchenino, 1994: 1401). Bu durum ise ÇK-eğrisi hipotezini destekler niteliktedir.

John ve Pecchenino (1994) son olarak dışsal artan getirilerin bulunduğu bir ekonomideki çevre kalitesi ve sermaye stoku arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Mevcut verimlilik son dönemin sermaye stokundan etkilendiğinde, faiz oranı, ücret ve tüketim düzeyi mevcut ve gecikmeli sermayenin bir fonksiyonu olarak yer almaktadır. Önceki kısımda bahsi geçen denklem 55, 56 ve 53 aşağıdaki şekilde sırasıyla revize edilmektedir.

$$r_{t+1} = \psi(k_t) f'(k_{t+1}) - \delta = r(k_{t+1}, k_t) \quad (74)$$

$$w_t = \psi(k_{t-1}) f(k_t) - k_t \psi(k_{t-1}) f'(k_t) = w(k_t, k_{t-1}) \quad (75)$$

$$c_{t+1} = (1 + r_{t+1}) k_{t+1} = c(k_{t+1}, k_t) \quad (76)$$

Denge durumu ise denklem 77 ve 78'deki gibi ifade edilebilmektedir.

$$E_{t+1} = \emptyset(k_{t+1}, k_t) \quad (77)$$

$$E_{t+1} = (1-b)E_t - \beta(1-\delta)k_t + \rho(k_t)\psi(k_{t-1})f(k_t) = 0 \quad (78)$$

Denge yolu boyunca dinamikler, denklem 68'in doğal bir uzantısı olan aşağıdaki ikinci dereceden fark denklemiyle açıklanmaktadır. Durağan durum ise denklem 79 kullanılarak, denklem 80 ve 81'deki gibi ifade edilmektedir.

$$\emptyset(k_{t+1}, k_t) + \gamma k_{t+1} - (1-b)\emptyset(k_t, k_{t-1}) + \beta(1-\delta)k_t - \rho(k_t)\psi(k_{t-1})f(k_t) = 0 \quad (79)$$

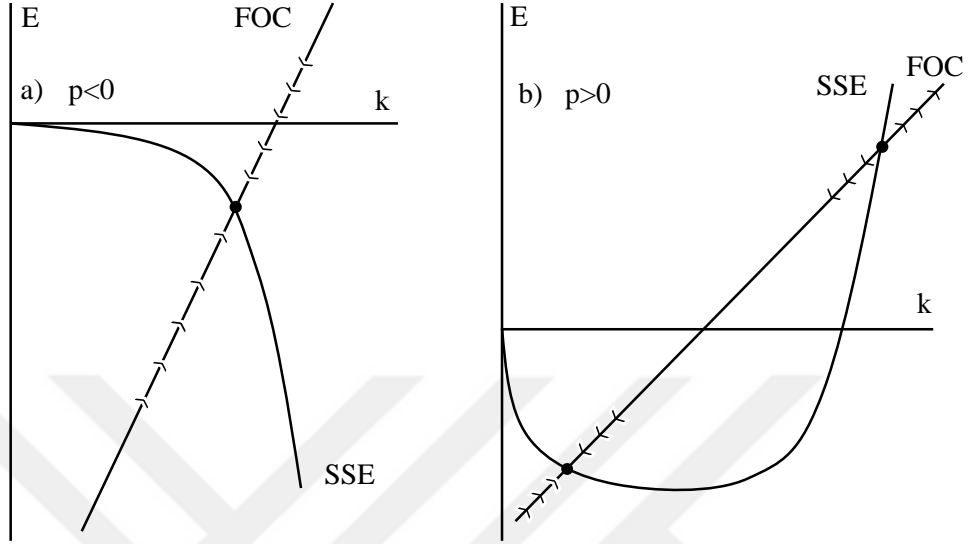
$$\bar{E} = \emptyset(\bar{k}, \bar{k}) \quad (80)$$

$$\bar{E} = \left(\frac{1}{b}\right) \{ \rho(\bar{k})\psi(\bar{k})f(\bar{k}) - [\beta(1-\delta) + \gamma]\bar{k} \} = \bar{\varphi}(\bar{k}) \quad (81)$$

Denklem 81, denklem 67'nin basitçe genişletilmiş halidir. Çok güçlü dışsal artan getiriler söz konusu değilse, modelin niteliksel davranışı az da olsa değişebilir. Sürdürülebilir büyüme ancak

güçlü artan dışsal getiriler ile mümkündür. Dışsal getirilerin güçlü ve büyümenin sürdürülebilir olduğu durum Şekil 27’de gösterilmektedir.

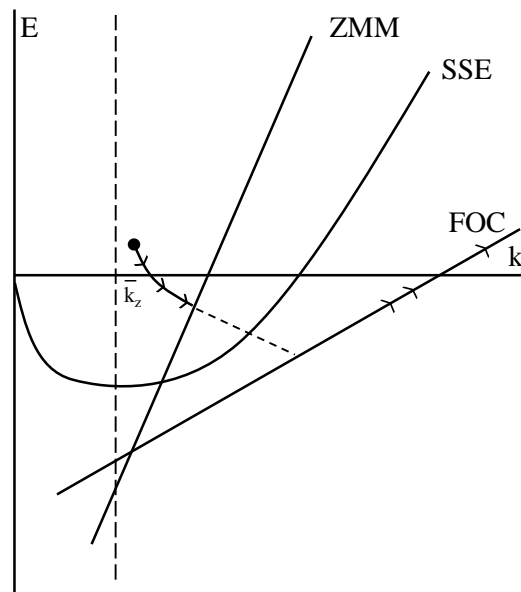
Şekil 27: Dışsal Artan Getirilerin Olduğu İç Denge



Kaynak: John ve Pecchenino, 1994: 1404

Model, b panelinde gösterildiği gibi düşük seviyeli bir denge tuzağı sergileyebilir. Yeterli sermayeye ve çevre kalitesine sahip ekonomiler, artan getiriler ve sürdürülebilir büyümeden faydalanabilirken, daha kötü başlangıç koşulları olan ekonomiler ya kapanmaya ya da düşük seviyeli bir dengeye doğru hareket etmektedir.

Şekil 28: Artan Getirilerle Başlangıçta Azalan ve Sonra Artan Çevre



Kaynak: John ve Pecchenino, 1994: 1405

Karar birimleri çevre koruyucu politikaları istemediğinden dolayı dışsal artan getirilerin mevcut olduğu durumda da büyüyen bir ekonomi başlangıçta azalan çevresel kalite sergileyebilir. Sürekli büyüme yolundaki bir ekonomi, sıfır çevre koruma durumunu sonsuza dek sürdürmeyecektir. Dolayısıyla, dışsal artan getirilerin mevcut olduğu modelde de sürekli bir büyüme yoluna ulaşan ekonomiler, sonuç olarak çevresel kalitenin iyileştirilmesini sağlayacaklardır (John ve Pecchenino, 1994: 1405). ÇK-eğrisi hipotezini andıran bu durum Şekil 28’de gösterilmektedir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ HİPOTEZİ İLE İLGİLİ LİTERATÜRDE GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ OLAN AMPİRİK ÇALIŞMALAR

ÇK-eğrisi ile ilgili ilk çalışma çevre kirliliği ve kişi başına düşen GSYİH arasındaki ilişkiyi inceleyen Grossman ve Krueger (1991) tarafından gerçekleştirilmiştir. Kişi başına düşen GSYİH ile çevre kirliliği göstergeleri arasındaki ilişki ilk defa Panayotou (1993) tarafından ÇK-eğrisi olarak nitelendirilmiştir. Özellikle 1990'lı yıllar ve sonrasında ÇK-eğrisini test eden birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Literatür kısmında bu çalışmalar; Türkiye için zaman serisi analizi, Türkiye dahil yatay kesit ve panel veri analizi, diğer ülkeler için zaman serisi analizi ile son olarak diğer ülkeler için gerçekleştirilen yatay kesit ve panel veri analizi şeklinde 4'e ayrılarak sunulmuştur.

3.1. Türkiye'de ÇK-Eğrisi Hipotezini Zaman Serisi ve Yatay Kesit Veri Analizleri ile Test Eden Çalışmalar

Lise (2006) 1980-2003 döneminde en küçük kareler (OLS) yöntemiyle ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemiştir.

Atıcı ve Kurt (2007) 1968-2000 döneminde OLS yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve ticari açıklık endeksinin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Başar ve Temurlenk (2007) 1950-2000 döneminde OLS yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, ekonomik büyüme ile kişi başına düşen toplam ve fosil yakıt kaynaklı CO₂ salımı arasında N şeklinde bir ilişki olduğunu belirlemiştir.

Lise ve Monfort (2007) 1970-2003 döneminde Engle-Granger (EG) eşbütünleşme testi ve hata düzeltme modeli (ECM) ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Akbostancı vd. (2009) 1968-2003 döneminde zaman serisi analizi ile CO₂ salımı ve ekonomik büyüme arasında N şeklinde bir ilişki olduğunu, ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemiştir.

Halicioglu (2009) 1960-2005 döneminde ticari açıklık ve enerji tüketimini analize dahil ederek ÇK-eğrisi hipotezini otoregresif gecikmesi dağıtılmış model (ARDL), sınır testi, Johansen-Juselius (JJ) eşbütünlük testi ve ECM ile incelemiştir. Elde ettiği bulgularla ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, ticari açıklık ve enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını göstermiştir.

Ozturk ve Acaravci (2010) 1968-2005 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri analizin sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemiştir.

Kim ve Baek (2011) 20 gelişmiş ve 20 gelişmekte olan ülke için ARDL, sınır testi ile gerçekleştirdikleri çalışma ile ÇK-eğrisi hipotezinin Türkiye için geçerli olmadığını, ülkeler genelinde ise bu hipotezin geçerli olduğunu belirlemiştir. Ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Ozturk ve Acaravci (2013) 1960-2007 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca uzun dönemde enerji tüketimi ile ticari serbestleşmenin CO₂ salımını arttırdığını, finansal gelişmenin ise çevre kirliliği üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığını belirlemiştir.

Shahbaz vd. (2013a) 1970-2010 döneminde ARDL, sınır testi, vektör hata düzeltme modeli (VECM), JJ ve Gregory-Hansen (GH) eşbütünlük testleri ile gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca küreselleşmenin CO₂ salımını negatif, enerji yoğunluğunun ise pozitif etkilediği sonucuna ulaşmışlardır.

Dam vd. (2014) 1960-2010 döneminde dinamik en küçük kareler (DOLS) uzun dönem tahmincisi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, ekonomik büyüme ile kişi başına düşen CO₂ salımını arasında N şeklinde bir ilişki olduğunu ve enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını belirlemiştir.

Yavuz (2014) 1960-1978 ve 1979-2007 dönemlerinde JJ, GH eşbütünlük, tam modifiye edilmiş en küçük kareler (FMOLS) ve DOLS yöntemleri ile gerçekleştirdiği çalışma sonucunda kişi başına düşen enerji tüketiminin hem kısa hem de uzun dönemde çevre kirliliğini arttırdığını, uzun dönemde her iki periyotta ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve kısa dönemde ise sadece 1960-1978 döneminde ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir.

Artan vd. (2015) 1981-2012 döneminde JJ eşbütünlük testi, VECM, etki-tepki ve varyans ayrıştırma analizleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemiştir. Yazarlar ayrıca yenilenebilir enerji üretiminin CO₂ salımını azalttığı ve ticari açıklığın ise bu salımı arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Balıbey (2015) 1974-2011 döneminde JJ eşbütünleşme testi, vektör otoregresif model (VAR), VECM ve OLS ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemiştir.

Bölük ve Mert (2015) 1961-2010 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM ile ÇK-eğrisi hipotezini yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanan elektrik tüketimini analize dahil ederek inceledikleri çalışmanın sonucunda, ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve yenilenebilir enerji üretiminin çevre kirliliğini azalttığını tespit etmişlerdir.

Seker vd. (2015) 1974-2010 döneminde ARDL, sınır testi, Hatemi-J (HJ) eşbütünleşme testi ve VECM ile ÇK-eğrisi hipotezinin geçerliliğini sınımışlardır. Analiz sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve doğrudan yabancı yatırımlarla enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını belirlemiştir.

Tutulmaz (2015) 1968-2007 döneminde EG ve JJ eşbütünleşme testleri ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezini destekler bulguları, dönüm noktasını analiz döneminin dışında bularak elde etmiştir.

De Vita vd. (2015) 1960-2009 döneminde Maki eşbütünleşme testi, ARDL tahmincisi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve turizm ile kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Dogan (2016) 1968-2010 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, tarımın ise bu salımı azalttığını tespit etmiştir.

Ertugrul vd. (2016) 1971-2011 döneminde Türkiye, Tayland, Hindistan, Çin, Endonezya ve Güney Kore için ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin Türkiye, Hindistan, Çin ve Güney Kore'de geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca dışa açıklık ve kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemiştir.

Gozgor ve Can (2016) 1971-2010 döneminde Maki eşbütünleşme testi, DOLS uzun dönem tahmincisi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu, kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığı ve ihracat çeşitliliği endeksinin bu salımı azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Gökmenoğlu ve Taspınar (2016) 1974-2010 döneminde ARDL, sınır testi ve Toda-Yamamoto (TY) nedensellik testi ile ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımların kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Kılıç ve Akalın (2016) 1960-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve dış ticaretin CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir. Ayrıca Türkiye için dönüm noktasının analiz döneminin dışında yer aldığını tespit etmişlerdir.

Çağlar ve Mert (2017) 1960-2013 döneminde DOLS uzun dönem tahmincisi, GH ve HJ eşbütünleşme testleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik tüketiminin CO₂ salımını azalttığını belirlemişlerdir. Yazarlar dönüm noktasının Türkiye için analiz döneminin dışında olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Katircioğlu ve Taşpınar (2017) 1960-2010 döneminde Maki eşbütünleşme testi, DOLS uzun dönem tahmincisi ve ECM kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, finansal gelişmenin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını belirlemişlerdir.

Ozatac vd. (2017) 1960-2013 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca kişi başına düşen enerji tüketimi, kentleşme ve ticari açıklığın kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, finansal gelişmenin ise bu salım üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığını ortaya koymuşlardır.

Yurttagüler ve Kutlu (2017) 1960-2011 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve OLS ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Katircioğlu ve Katircioğlu (2018a) 1960-2013 döneminde ARDL, Maki eşbütünleşme testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca kentleşme ve kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Katircioğlu ve Katircioğlu (2018b) 1960-2013 döneminde ARDL, sınır testi, Maki eşbütünleşme testi, ECM, etki-tepki ve varyans ayrıştırma ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yazarlar maliye politikasının CO₂ salımını azalttığını, kişi başına düşen enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığını belirlemişlerdir.

Pata (2018a) 1974-2013 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemiş; kentleşme, sanayileşme, finansal gelişme, kişi başına düşen toplam enerji tüketimi ve birincil enerji tüketiminin ise kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmiştir.

Pata (2018b) 1974-2014 döneminde ARDL, sınır testi, FMOLS, DOLS, GH ve HJ eşbütünleşme testleri ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemiştir. Yazar ayrıca kişi başına düşen hidroelektrik, alternatif ve yenilenebilir enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkilerinin bulunmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Pata (2018c) 1971-2014 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada ayrıca kişi başına düşen kömür tüketimi, sanayileşme, kentleşme ve ithalatın CO₂ salımını arttırdığı, kişi başına düşen karbonhidrat içermeyen enerji tüketimi ve ihracatın ise CO₂ salımını azalttığı belirlenmiştir.

Pata ve Yurtkuran (2018) 1981-2014 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve finansal gelişme ile nüfus yoğunluğunun kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen alternatif enerji tüketiminin bu salımın azaltılmasına yardımcı olabileceğini tespit etmişlerdir.

Tablo 17: ÇK-Eğrisi Hipotezini Türkiye İçin Zaman Serisi ile Sınayan Ampirik Çalışmalar

Yazar(lar)	Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Lise (2006)	1980-2003	OLS	Y, Y ² , CO ₂	X
Atıcı ve Kurt (2007)	1968-2000	OLS	Y, Y ² , CO ₂ , TO, ATO	√
Başar ve Temurlenk (2007)	1950-2000	OLS	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ *	X
Lise ve Monfort (2007)	1970-2003	EG eşbütünleşme testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂	X
Akbostancı vd. (2009)	1968-2003	OLS	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ ,	N
Halicioğlu (2009)	1960-2005	ARDL, sınır testi, JJ-eşbütünleşme testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO	X
Oztürk ve Acaravcı (2010)	1968-2005	ARDL, sınır testi, ECM	CO ₂ , Y, EC, EM	X

Tablo 17: (Devamı)

Yazar(lar)	Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Kim ve Baek (2011)	1971-2005	ARDL, sınır testi	CO ₂ , Y, EC, FDI	X
Ozturk ve Acaravci (2013)	1960-2007	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO, FD	√
Shahbaz vd. (2013a)	1970-2010	ARDL, sınır testi, JJ ve GH eşbütünleşme testleri, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, G	√
Dam vd. (2014)	1960-2010	DOLS	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , EC	N
Yavuz (2014)	1960-1978 1979-2007	JJ ve GH eşbütünleşme testleri, FMOLS, DOLS	Y, Y ² , CO ₂ , EC	√
Artan vd. (2015)	1981-2012	JJ eşbütünleşme, VECM, Etki-tepki, varyans ayrıştırma	Y, Y ² , TO, RES CO ₂ ,	√
Balıbey (2015)	1974-2011	JJ eşbütünleşme, VAR, VECM, OLS	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , FDI	√
Bölük ve Mert (2015)	1961-2010	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , REC	√
De Vita vd. (2015)	1960-2009	Maki eşbütünleşme testi, ARDL, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , TD, EC	√
Seker vd. (2015)	1974-2010	ARDL, sınır testi, HJ eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, FDI (Toplam)	√
Tutulmaz (2015)	1968-2007	EG ve JJ eşbütünleşme testleri	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂	√
Dogan (2016)	1968-2010	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , CO ₂ , EC, AGR	√
Ertugrul vd. (2016)	1971-2011	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , TO, EC	√
Gozgor ve Can (2016)	1971-2010	Maki eşbütünleşme testi, DOLS, ECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , EXDIV	√

Tablo 17: (Devamı)

Yazar(lar)	Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Gozgor ve Can (2016)	1971-2010	Maki eşbütünleşme testi, DOLS, ECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , EXDIV	√
Gökmenoğlu ve Taspınar (2016)	1974-2010	ARDL, sınır testi, TY nedensellik	Y, CO ₂ , FDI, EC	√
Kılıç ve Akalın (2016)	1960-2011	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , TO	√
Çağlar ve Mert (2017)	1960-2013	GH ve HJ eşbütünleşme testleri, DOLS	Y, Y ² , CO ₂ , REC,	√
Katircioğlu ve Taspınar (2017)	1960-2010	Maki eşbütünleşme testi, DOLS, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, FD	√
Ozatac vd. (2017)	1960-2013	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, FD, TO, URB	√
Yurttagüler ve Kutlu (2017)	1960-2011	JJ eşbütünleşme testi, OLS	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂	N
Katircioğlu ve Katircioğlu (2018a)	1960-2013	ARDL, Maki eşbütünleşme testi, ECM	Y, Y ² , EC, URB	X
Katircioğlu ve Katircioğlu (2018b)	1960-2013	ARDL, sınır testi, Maki eşbütünleşme testi, ECM	Y, Y ² , EC, FP	√
Pata (2018a)	1974-2013	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , URB, FD, PEC, SEC, IND, CO ₂	√
Pata (2018b)	1974-2014	ARDL, sınır testi, FMOLS, DOLS, GH ve HJ eşbütünleşme testi	Y, Y ² , URB, FD, REC, HEC, AEC, CO ₂	√
Pata (2018c)	1971-2014	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , FD, IND, URB, CC, AEC, IM, EX, CO ₂	√
Pata ve Yurtkuran (2018)	1981-2014	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , FD, D, AEC, CO ₂	√

Not: CO₂*: Çalışmada kişi başına düşen CO₂ salımının yanı sıra fosil yakıt, katı yakıt ve fueloil olarak üç farklı ölçüt kullanılmıştır.

Tablo 17’de sadece Türkiye ve Türkiye ile birlikte başka ülkelerde de ÇK-eğrisi hipotezinin sınındığı 33 çalışma özetlenmiştir. Bu çalışmalardan 23 tanesinin bulguları ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirtirken, geriye kalan 10’unda ise bu hipotezin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

3.2. Türkiye ve Türkiye’nin Dahil Olduğu Ülke Grupları İçin ÇK-Eğrisi Hipotezini Panel Veri Analizleri ile Test Eden Çalışmalar

Selden ve Song (1994) 30 ülke için 1979-1987 döneminde rassal ve sabit etkili modeller ile dört çevre kirliliği değişkeni ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri inceledikleri çalışma sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna varmışlardır.

Stern (2002) 63 ülke için 1973-1990 döneminde rassal ve sabit etkili modeller ve doğrusal olmayan regresyon analizi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir.

Perman ve Stern (2003) 74 ülke için 1960-1990 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi, ECM, ortalama grup (MG) ve havuzlanmış ortalama grup (PMG) tahmincileri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir.

Dijkgraaf ve Vollebergh (2005) 24 OECD üyesi ülke için 1960-1997 döneminde sabit etkili model ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Richmond ve Kaufmann (2006a) 36 ülke için 1973-1997 döneminde rassal ve sabit etkili modeller ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğri hipotezinin OECD üyesi ülkeler için geçerli olduğunu, OECD üyesi olmayan ülkeler için ise bu hipotezin geçerli olmadığını belirlemişlerdir.

Akbostancı vd. (2009) Türkiye için 1992-2001 döneminde panel veri analizi ile partiküler madde ve SO₂ gazı artışının nedenlerini ÇK-eğrisi hipotezi dahilinde incelemişlerdir. Yazarlar çevre kirliliği değişkenleri ve ekonomik büyüme arasında N şeklinde bir ilişki olduğu, ÇK-eğrisi hipotezinin Türkiye’nin bölgeleri için geçerli olmadığını sonucuna ulaşılmıştır.

Atici (2009) Bulgaristan, Macaristan, Romanya ve Türkiye için 1980-2002 döneminde rassal ve sabit etkili modeller ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemiştir. Ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, dışa açıklığın ise bu salım üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını tespit etmiştir.

Lee vd. (2010) 97 ülke için 1980-2001 döneminde genelleştirilmiş momentler yöntemi (GMM) ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin sadece ABD ve Avrupa kıtası ülkeleri için geçerli olduğunu, Afrika, Asya ve Okyanusya'da ise geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Arı ve Zeren (2011) Arnavutluk, Cezayir, Bosna-Hersek, Hırvatistan, Mısır, Fransa, Yunanistan, İsrail, İtalya, Lübnan, Malta, Fas, Slovenya, İspanya, Suriye, Tunus ve Türkiye için 2000-2005 döneminde esnek genelleştirilmiş en küçük kareler tahmincisi (FGLS) ile gerçekleştirdikleri panel veri analizi sonucunda kişi başına düşen CO₂ salımı ve ekonomik büyüme arasında N şeklinde bir ilişki olduğunu, ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir. Ayrıca enerji tüketimi ve nüfus yoğunluğunun CO₂ salımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Martínez-Zarzoso ve Maruotti (2011) 88 gelişmekte olan ülke için 1975-2003 döneminde STIRPAT modeli ile gerçekleştirdikleri çalışma ile ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Al Sayed ve Sek (2013) 40 ülke için 1961-2009 döneminde sabit etkili model ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda CO₂, SO₂ ve GHG salımları için ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, asılı partiküler madde (SPM) ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD) için ise bu hipotezin geçerli olmadığını belirlemişlerdir.

Erol vd. (2013) 10 yükselen piyasa ekonomisi için 1995-2011 döneminde Westerlund CUSUM eşbütünleşme testi ve Breitung iki aşamalı OLS yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Kleemann ve Abdulai (2013) 90 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke için 1990-2003 döneminde sabit etkili model ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda Kuzey Afrika ve Orta Doğu, Latin Amerika, AB ve Atlantik ile Asya bölgelerinde ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir.

Ozcan (2013) 12 Orta Doğu ülkesi için 1990-2008 döneminde Westerlund eşbütünleşme testi, FMOLS uzun dönem tahmincisi ve ECM ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, enerji tüketiminin ise CO₂ salımını arttırdığını tespit etmiştir.

Cho vd. (2014) 22 OECD ülkesi için 1971-2000 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi ve FMOLS uzun dönem tahmincisi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda kişi başına düşen CO₂, CH₄, NO₂ ve toplam GHG salımını ile ekonomik büyüme arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir.

Erataş ve Uysal (2014) Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Türkiye için 1992-2010 döneminde Westerlund ECM eşbütünleşme testi ve iki aşamalı en küçük kareler (2SLS) yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen CO₂ salımı ile ekonomik büyüme arasında N şeklinde bir ilişkinin olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca nüfus yoğunluğunun bu salımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Farhani ve Shahbaz (2014) 1980-2009 döneminde 10 (MENA) ülkesi için Kao, Pedroni eşbütünleşme testleri, DOLS ve FMOLS uzun dönem tahmincileri ve Granger nedensellik testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları ile sağlanan elektrik tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Ibrahim ve Law (2014) 2000-2008 döneminde 69 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke için GMM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, yatırımın ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Shafiei ve Salim (2014) 1980-2011 döneminde 29 OECD üyesi ülke için Johansen-Fisher, Westerlund eşbütünleşme testleri, genişletilmiş ortalama grup (AMG) uzun dönem tahmincisi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda kentleşme ve kişi başına düşen CO₂ salımını arasında ÇK-eğrisi hipotezini destekler bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığı, kişi başına düşen yenilenemez enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Al-Mulali vd. (2015c) 1980-2008 döneminde 93 ülke için sabit etkili model ve GMM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda Türkiye'nin de dahil olduğu üst orta gelir grubundaki ülkeler ve yüksek gelir grubundaki ülkeler için ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca enerji tüketimi, ticari açıklık ve kentleşmenin ekolojik ayak izini arttırdığını, finansal gelişmenin ise azalttığını belirlemişlerdir.

Kasman ve Duman (2015) AB'ye yeni üye olmuş ve aday olan ülkeler için 1992-2010 döneminde Pedroni, Kao ve Westerlund eşbütünleşme testleri ve FMOLS tahmincisi ile ECM sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Menegaki ve Tsagarakis (2015) 33 AB'ye üye ve aday ülke için 1990-2010 döneminde rassal etkili model ve Arrelano Bond tahmincisi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda kişi başına düşen kömür tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketiminin dahil edildiği modellerde ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen gaz ve petrolün dahil edildiği modellerde ise bu hipotezin geçerli olmadığını belirlemişlerdir.

Özcan (2015) 1971-2008 döneminde Brezilya, Hindistan, Çin ve Türkiye için Westerlund ECM eşbütünleşme testi, FMOLS ve VECM ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin hem panel hem de ülke bazında geçerli olduğunu belirlemiştir. Ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin dört ülkede de kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmiştir.

Al-Mulali vd. (2016a) 1980-2010 döneminde kıtalara göre kategorize edilen seçilmiş 107 ülke için Pedroni eşbütünleşme testi, havuzlanmış DOLS uzun dönem tahmincisi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda Sahra Altı Afrika bölgesi hariç geriye kalan 6 bölgedeki ülkeler için ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir.

Bilgili vd. (2016) 1970-2010 döneminde 17 OECD ülkesi için Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS ve DOLS uzun dönem tahmincileri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliğini azalttığını ve ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Dogan ve Seker (2016a) 1985-2011 döneminde seçilmiş 23 ülke için Pedroni, Kao, Westerlund eşbütünleşme testleri, FMOLS ve DOLS uzun dönem tahmincileri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimi, ticari açıklık ve finansal gelişmenin ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Ben Jebli vd. (2016) OECD ülkeleri için 1980-2010 döneminde yenilenebilir ve yenilenebilir enerji tüketimi, ithalat ve ihracat değişkenlerini analize dahil ederek ÇK-eğrisi hipotezini Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS ve ECM ile test etmişlerdir. Çalışmanın bulgularına göre ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu kanıtlayıp, yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını, dış ticaret ve yenilenebilir enerji tüketiminin ise azalttığını belirlemişlerdir. Ayrıca kısa dönemde enerji tüketimi, kentleşme ve ticari serbestleşmeden CO₂ salımına doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğunu tespit etmişlerdir.

Mert ve Bölük (2016) 21 Kyoto ülkesi için 2000-2010 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi, PMG ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimi ile doğrudan yabancı yatırımların kişi başına düşen CO₂ salımını azalttıklarını, kişi başına düşen fosil yakıt kaynaklı enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığını belirlemişlerdir.

Youssef vd. (2016) seçilmiş 56 ülke için 1990-2012 döneminde GMM yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve kişi başına

düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Zaman vd. (2016) seçilmiş 34 ülke için 2005-2013 döneminde 2SLS yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, enerji tüketimi ve sermayenin CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Abdouli ve Hammami 1990-2012 döneminde MENA ülkeleri için rassal ve sabit etkili modeller, OLS ve GMM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca doğrudan yabancı yatırımın kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını, kişi başına düşen enerji tüketimi ve ticari açıklığın ise bu salımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Acaravci ve Akalin (2017) 1980-2010 döneminde 33 üst-orta gelirli ve 40 yüksek gelirli ülke için Durbin-Hausman eşbütünleşme testi ve ortak ilişkili etkiler (CCE) uzun dönem tahmincisi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda gelişmiş ülkeler için ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, gelişmekte olan ülkelerde ise bu hipotezin geçerli olmadığını belirlemişlerdir.

Antonakakis vd. (2017) 106 ülke için 1971-2011 döneminde panel vektör otoregresif model (PVAR) ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Bakirtas ve Cetin (2017) Meksika, Endonezya, Güney Kore, Türkiye ve Avustralya için 1982-2011 döneminde PVAR ve GMM yöntemleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımların kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdıklarını belirlemişlerdir.

Dogan vd. (2017) 27 OECD ülkesi için 1995-2010 döneminde Lagrange çarpanı (LM) eşbütünleşme testi ve DOLS ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, enerji tüketimi ve turizmin CO₂ salımını arttırdığını ve ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Özokcu ve Özdemir (2017) 1980-2010 döneminde 26 gelişmiş OECD ülkesi ve 52 gelişmekte olan ülke için sabit etkili ve Driscoll-Kraay Standart Hata modelleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda, kişi başına düşen CO₂ salımı ile kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasıla arasında N şeklinde kübik bir ilişki olduğu ve ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Zhang vd. (2017) 1971-2013 döneminde 10 yeni sanayileşen ülke için Pedroni eşbütünleşme testi, VECM, OLS DOLS ve FMOLS ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi

hipotezinin geçerli olduğunu, ayrıca enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını ve ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Tablo 18: ÇK-Eğrisi Hipotezini Türkiye Dahil Panel Veri ile Sınayan Ampirik Çalışmalar

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Selden ve Song (1994)	30 ülke 1979-1987	Rassal ve Sabit etkili modeller	SO ₂ , NO _x , CO, SPM, Y, Y ² , D	√
Stern (2002)	63 ülke 1973-1990	Rassal ve Sabit etkili modeller, doğrusal olmayan regresyon analizi	Y, Y ² , SO ₂	√
Perman ve Stern (2003)	74 ülke 1960-1990	Pedroni eşbütünlük testi, ECM, MG, PMG	Y, Y ² , SO ₂	X
Dijkgraaf ve Vollebergh (2005)	24 OECD üyesi ülke 1960-1997	Sabit etkili model	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂	N
Richmond ve Kaufmann (2006a)	36 ülke 1973-1997	Rassal ve Sabit etkili modeller	Y, Y ² , CO ₂ , PCTCC, PCTOC, PCTREC	OECD ülkelerinde √ OECD üyesi olmayan ülkelerde X
Akbostancı vd. (2009)	Türkiye'nin Bölgeleri 1992-2001	EGLS	Y, Y ² , Y ³ , SO ₂ , PM ₁₀	N
Atici (2009)	Türkiye, Bulgaristan, Macaristan, Romanya 1980-2002	Rassal ve Sabit etkili modeller	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO	√

Tablo 18: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Lee vd. (2010)	Dört kıtaya ayrılmış 97 ülke 1980-2001	GMM	BOD, Y, Y ² , Y ³ , TO, D	Amerika ve Avrupa kıtası ülkelerinde √
Arı ve Zeren (2011)	Arnavutluk, Cezayir, Bosna- Hersek, Hırvatistan, Mısır, Fransa, Yunanistan, İsrail, İtalya, Lübnan, Malta, Fas, Slovenya, İspanya, Suriye, Tunus ve Türkiye 2000-2005	FGLS	Y, Y ² , Y ³ , EC, CO ₂ , D	N
Martínez-Zarzoso ve Maruotti (2011)	88 gelişmekte olan ülke 1975-2003	STIRPAT modeli	Y, Y ² , URB, URB ² , CO ₂ , P, EI	X
Al Sayed ve Sek (2013)	40 ülke 1961-2009	Sabit etkili model	Y, Y ² , CO ₂ , SO ₂ , BOD, SPM, GHG	√
Erol vd. (2013)	10 yükselen piyasa ekonomisi 1995-2011	Westerlund CUSUM eşbütünleşme testi, Breitung iki aşamalı OLS	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , D	N
Kleemann ve Abdulai (2013)	90 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke 1990-2003	Sabit etkili model	Y, Y ² , CO ₂ , D	√
Ozcan (2013)	12 Orta Doğu ülkesi 1990-2008	Westerlund eşbütünleşme testi, FMOLS, ECM	Y, Y ² , EC, CO ₂	X

Tablo 18: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Cho vd. (2014)	22 OECD ülkesi 1971-2000	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS	Y, Y ² , EC, CO ₂ , CH ₄ , NO ₂ , GHG	√
Erataş ve Uysal (2014)	Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Türkiye 1992-2010	Westerlund ECM eşbütünleşme, 2SLS	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , D	N
Farhani ve Shahbaz (2014)	10 MENA ülkesi 1980-2009	Kao, Pedroni eşbütünleşme testleri, DOLS, FMOLS, Granger nedensellik testi	Y, Y ² , EC, REC, CO ₂	√
Ibrahim ve Law (2014)	69 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke 2000-2008	GMM	Y, Y ² , EC, EC, TO, URB, K, CO ₂	√
Shafiei ve Salim (2014)	29 OECD ülkesi 1980-2011	Johansen-Fisher, Westerlund eşbütünleşme testleri, AMG, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , URB, URB ² , EI, P	√
Al-Mulali vd. (2015c)	93 ülke 1980-2008	Sabit etkili model, GMM	Y, Y ² , EF, URB, TO, FD	Üst, orta ve yüksek gelirli ülkeler için √
Kasman ve Duman (2015)	AB'ye üye ve aday ülkeler 1992-2010	Pedroni, Kao, Westerlund eşbütünleşme testi FMOLS, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , URB, EC, TO	√
Menegaki ve Tsagarakis (2015)	33 AB'ye üye ve aday ülke 1990-2010	Rassal etkili model, Arrelano Bond tahmincisi	Y, Y ² , Y ³ CO ₂ , CC, GC, OC, RES, URB, TECN, EI	√

Tablo 18: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Özcan (2015)	Brezilya, Hindistan, Çin ve Türkiye 1971-2008	Westerlund ECM eşbütünleşme testi, FMOLS, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC	√
Al-Mulali vd. (2016a)	107 ülke 1980-2010	Pedroni eşbütünleşme testi, havuzlanmış DOLS, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , REC, TO, URB, FD	√
Bilgili vd. (2016)	17 OECD ülkesi 1970-2010	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS	Y, Y ² , CO ₂ , REC	√
Dogan ve Seker (2016a)	23 ülke 1985-2011	Pedroni, Kao, Westerlund eşbütünleşme testleri, FMOLS, DOLS	Y, Y ² , CO ₂ , EC, REC, TO, FD	√
Ben Jebli vd. (2016)	25 OECD ülkesi 1980-2010	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , REC, EC, IM, EX	√
Mert ve Bölük (2016)	21 Kyoto ülkesi 2000-2010	Pedroni eşbütünleşme testi, PMG, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , FEC, REC, FDI	X
Youssef vd. (2016)	56 ülke 1990-2012	GMM	Y, Y ² , Y ³ , EC, FD, TO	√
Zaman vd. (2016)	34 ülke 2005-2013	2SLS	Y, Y ² , CO ₂ , K, HEXP, TD, EC	√
Abdouli ve Hammami (2017)	MENA ülkeleri 1990-2012	Rassal ve sabit etkili model, OLS, GMM	Y, Y ² , CO ₂ , FDI, TO	√
Acaravci ve Akalin (2017)	33 üst orta gelirli ve 40 yüksek gelirli ülke 1980-2010	Durbin-Hausman eşbütünleşme testi, CCE	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , TO	Gelişmiş √ Gelişmekte olan X

Tablo 18: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Antonakakis vd. (2017)	106 ülke 1971-2011	PVAR	Y, CO ₂ , CC, GC, REC, OC, GC	X
Bakirtas ve Cetin (2017)	Meksika, Güney Kore, Türkiye, Endonezya, Avustralya 1982-2011	PVAR, GMM	Y, Y ² , EC, FDI, CO ₂	X
Dogan vd. (2017)	27 OECD ülkesi 1995-2010	LM eşbütünleşme testi, DOLS	Y, Y ² , EC, CO ₂ , TOUR, TO (toplam)	X
Özokcu ve Özdemir (2017)	26 gelişmiş OECD ülkesi ve 52 gelişmekte olan ülke 1980-2010	Sabit etkili ve Driscoll-Kraay Standart Hata modelleri	Y, Y ² , Y ³ , EC, CO ₂	N
Zhang vd. (2017)	Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika, Malezya, Filipinler, Tayland, Türkiye, Güney Afrika 1971-2013	Pedroni eşbütünleşme testi, VECM, OLS, DOLS, FMOLS	Y, Y ² , EC, TO, CO ₂ (toplam)	√

Tablo 18'de Türkiye'nin dahil olduğu ülke grupları için ÇK-eğrisi hipotezinin panel veri analizi ile sınındığı 37 çalışma özetlenmiştir. Bu çalışmalardan 23 tanesinin bulguları ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirtirken, geriye kalan 14'ünde ise bu hipotezin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

3.3. Türkiye Hariç Diğer Ülkeler İçin ÇK-Eğrisi Hipotezini Zaman Serisi ve Yatay Kesit Veri Analizleri ile Test Eden Çalışmalar

Grossman ve Krueger (1991) 42 ülke için 1977-1982-1988 yıllarında regresyon analizi ile gerçekleştirdikleri ve ÇK-eğrisini destekledikleri çalışmanın sonucunda 4000-5000 dolar düzeyinden

sonra kişi başına düşen satın alma gücü cinsinden GSYİH seviyesindeki artışın kişi başına düşen SO₂ ve karanlık madde düzeyini azalttığını tespit etmişlerdir.

Panayotou (1993) 1980'li yıllar için yatay kesit veri analizi ile dört tane çevre kirliliği göstergesi (sülfür dioksit, nitrojen oksit ve benzeri) ve kişi başına düşen GSMH arasındaki ilişkiyi 55 ülke bazında test ettiği çalışmasının sonucunda ÇK-eğrisi hipotezini destekler bulgular elde etmiştir.

Roca (2001) İspanya'da CO₂ salımı için 1973-1996 ve SO₂ salımı için 1980-1996 döneminde OLS ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen gelir düzeyi arttıkça kişi başına düşen her iki salımın da arttığını tespit etmiştir. Ayrıca kömür tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını ve nükleer enerji tüketiminin ise bu salımı azalttığını belirlemiştir. Termal enerji ile üretilen kişi başına düşen elektriğin ise SO₂ salımını azalttığı sonucuna ulaşmıştır.

Day ve Grafton (2003) Kanada için 1958-1995 ve 1974-1997 dönemlerinde EG ve JJ eşbütünlük testleri, OLS ve VAR Granger nedensellik testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Friedl ve Getzner (2003) Avusturya için 1960-1999 döneminde OLS ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda CO₂ salımı ve gelir düzeyi arasında N şeklinde kübik bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca hizmet sektörünün ve ithalatın GSYİH içindeki payı arttıkça CO₂ salımının azaldığı sonucuna varmışlardır.

Ang (2007) Fransa için 1960-2000 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdiği çalışma sonucunda kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını ve uzun dönemde ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemiştir.

Soytas vd. (2007) 1960-2004 döneminde ABD için Granger nedensellik testi, genelleştirilmiş etki-tepki ve varyans ayrıştırma analizleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, sadece enerji tüketiminin CO₂ salımını etkilediğini tespit etmişlerdir.

Jalil ve Mahmud (2009) Çin için 1975-2005 döneminde ticari açıklığı analize dahil ederek ARDL, sınır testi ve Granger nedensellik testi ile ÇK-eğrisi hipotezinin geçerliliğini sınamışlardır. Analiz sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, ticari açıklığın CO₂ salımını etkilemediğini ve GSYİH ile karesinden CO₂ salımına doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğunu belirlemişlerdir.

Omisakin (2009) Nijerya için 1970-2005 döneminde JJ eşbütünleşme testi, Granger nedensellik analizi ve OLS ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda kişi başına düşen CO₂ salımı ve kişi başına düşen gelir düzeyi arasında U şeklinde bir ilişki bulunduğu, bu nedenle ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Acaravci ve Ozturk (2010) Almanya için 1970-2005, Macaristan için 1965-2005 ve diğer Avrupa ülkeleri için 1960-2005 döneminde ARDL, sınır testi ve Granger nedensellik analizi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin Danimarka ve İtalya'da geçerli olduğunu, analize dahil edilen diğer ülkelerde ise geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Fodha ve Zaghdoud (2010) Tunus için 1961-2004 döneminde JJ eşbütünleşme testi ile SO₂, CO₂ ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Yazarlar SO₂ ile ekonomik büyüme arasında ÇK-eğrisi hipotezini destekleyen ters U şeklinde bir ilişki olduğunu, CO₂ salımının ise ekonomik büyümeyle birlikte arttığını belirlemişlerdir.

Iwata vd. (2010) Fransa için 1960-2003 döneminde ARDL, sınır testi ve Granger nedensellik yöntemi ile ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve nükleer enerjinin CO₂ salımını azalttığını belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca kentleşme ve ticari açıklığın CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkilerinin olmadığını, enerji tüketiminin ise kısa dönemde CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Jalil ve Feridun (2011) Çin için 1953-2006 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda uzun dönemde enerji tüketimi ve ticari serbestleşmenin CO₂ salımını arttırdığını, finansal gelişmenin ise azalttığını belirlemişlerdir. Çalışmanın bulguları ÇK-eğrisi hipotezini desteklemektedir.

Nasir ve Rehman (2011) Pakistan için 1972-2008 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve enerji tüketimi ile ticari açıklığın CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Pao vd. (2011) Rusya için 1990-2007 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve ECM ile ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını ifade etmişlerdir.

Pao ve Tsai (2011a) Brezilya için 1980-2007 döneminde JJ eşbütünleşme testi, ECM ve otoregresif entegre hareketli ortalama modelleri (ARIMA) ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Saboori ve Soleymani (2011) İnan için 1971-2007 döneminde ARDL, sınır testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını ve kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Ahmed ve Long (2012) Pakistan için 1971-2008 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, ayrıca kişi başına düşen enerji tüketimi, ticari açıklık ve nüfus artışının kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Asghari (2012) İnan için 1980-2008 döneminde 2SLS yöntemi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen CO₂ salımı ve kişi başına düşen gelir düzeyi arasında U şeklinde bir ilişki olduğunu tespit etmiştir.

Esteve ve Tamarit (2012a) İspanya için 1857-2007 döneminde eşik eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmayla ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Esteve ve Tamarit (2012b) İspanya için 1857-2007 döneminde DOLS, Stock–Watson–Shin ve Arai–Kurozumi–Kejriwal eşbütünleşme testleri sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir.

Hossain (2012) Japonya için 1960-2009 döneminde ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik analizi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemiştir. Ayrıca dışa açıklığın kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını, kişi başına düşen enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığını tespit etmiştir.

Hussain vd. (2012) Pakistan için 1971-2006 döneminde JJ eşbütünleşme testi, VECM ve Granger nedensellik analizi sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen enerji tüketiminin ise kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Jayanthakumaran vd. (2012) 1971-2007 döneminde Çin ve Hindistan için ARDL, sınır testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve her iki ülkede de kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Saboori vd. (2012a) Malezya için 1980-2009 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Saboori vd. (2012b) Endonezya için 1971-2007 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını ve son olarak da ticari açıklığın bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Shahbaz vd. (2012) Pakistan için 1971-2009 döneminde ARDL, sınır testi, GH eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve kişi başına düşen enerji tüketimi ile ticari açıklığın CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Abdallah vd. (2013) Tunus için 1980-2010 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen taşımacılık sektöründe yaratılan katma değer ile kişi başına düşen CO₂ salımı arasında ters N şeklinde bir ilişkinin bulunduğunu belirlemişlerdir.

Abdou ve Atya (2013) Mısır için 1961-2008 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca nüfus artışının kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, sanayileşmenin ise bu salım üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Alkathlan ve Javid (2013) Suudi Arabistan için 1980-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, petrol, toplam ve elektrik enerjisi tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını ve gaz tüketiminin ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Baek ve Kim (2013) Güney Kore için 1978-2007 döneminde ARDL, sınır testi ve OLS ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca nükleer enerji ile üretilen elektriğin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını, fosil yakıtlarla üretilen elektriğin ve kişi başına düşen enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Chandran ve Tang (2013) Malezya, Filipinler, Singapur, Tayland ve Endonezya'dan oluşan Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN)-5 ülke grubu için 1971-2008 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen karayolu taşımacılığı faaliyetlerinden kaynaklı enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, kişi başına düşen doğrudan yabancı yatırımların ise bu salımın üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığını ortaya koymuşlardır.

Govindaraju ve Tang (2013) 1965-2009 döneminde Çin ve Hindistan için Bayer-Hanck (BH) eşbütünleşme testi, VECM ve VAR Granger nedensellik testi ile gerçekleştirdikleri analiz sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir.

Kanjilal ve Ghosh (2013) Hindistan için 1971-2008 döneminde ARDL, sınır testi, GH ve HJ eşbütünleşme testleri ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını ve ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Kohler (2013) 1960-2009 döneminde Güney Afrika için ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi ve ECM ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olup olmadığına karar verememiş, kişi başına düşen enerji tüketimi ve ticari açıklığın kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemiştir. Ancak yazarın elde ettiği uzun dönem katsayıları ÇK-eğrisi hipotezinin Güney Afrika için geçerli olmadığını göstermektedir.

Saboori ve Sulaiman (2013a) Malezya ekonomisi için 1980-2009 döneminde kişi başına düşen petrol, doğalgaz, kömür, elektrik ve toplam enerji tüketimini analize dahil ederek ÇK-eğrisi hipotezini JJ eşbütünleşme, ARDL, sınır testi ve VECM ile test etmişlerdir. Kısa dönemde kişi başına düşen kömür ve elektrik tüketiminin çevre kirliliğini arttırdığını ve ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Uzun dönemde ise kişi başına düşen kömür, doğalgaz ve elektrik tüketiminin çevre kirliliğini arttırdığı, petrol tüketiminin ise azalttığı, bu dört enerji tüketimi değişkeni için ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir.

Saboori ve Sulaiman (2013b) ASEAN üyesi ülkeler için 1971-2009 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda Tayland ve Singapur'da ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, Malezya, Endonezya ve Filipinler'de ise bu hipotezin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin beş ülkede de kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Shahbaz (2013) Pakistan için 1971-2009 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM yöntemleri ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemiştir. Yazar ayrıca finansal istikrarsızlık, kentleşme ve kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını tespit etmiştir.

Shahbaz vd. (2013b) Romanya için 1980-2010 döneminde kişi başına düşen enerji tüketimini analize dahil ederek ÇK-eğrisini JJ eşbütünleşme, ARDL, sınır testi ve ECM ile test ettikleri çalışmalarının sonucunda, enerji tüketiminin hem kısa hem de uzun dönemde çevre kirliliğini arttırdığını ve ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir.

Shahbaz vd. (2013c) Güney Afrika için 1965-2008 döneminde ARDL, sınır testi ve Granger nedensellik analizi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve ticari açıklık ile kentleşmenin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Shahbaz vd. (2013d) Malezya için 1971-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını ve finansal gelişmenin bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Shahbaz vd. (2013e) Endonezya için 1975q1-2011q4 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda kişi başına düşen CO₂ salımı ile finansal gelişme arasında ters U şeklinde bir ilişki bulunduğunu, kişi başına düşen enerji tüketiminin bu salımı arttırdığını, ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Sulaiman vd. (2013) 1980-2009 döneminde Malezya için ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen yenilenebilir enerji ile elektrik üretimi ve ticari açıklığın kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını belirlemişlerdir.

Tiwari vd. (2013) Hindistan için 1966-2009 döneminde ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu, ayrıca kişi başına düşen kömür tüketimi ve ticari açıklığın kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Ahmed ve Qazi (2014) Moğolistan için 1980-2010 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketimi ve ticari açıklığın kişi başına düşen CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkilerinin bulunmadığını tespit etmişlerdir.

Arouri vd. (2014) Tayland için 1971-2010 döneminde ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını ve kentleşmenin ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Azlina vd. (2014) Malezya için 1975-2011 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, enerji tüketimi ve sanayileşmenin CO₂ salımını arttırdığını, yenilenebilir enerji tüketiminin ise CO₂ salımını azalttığını tespit etmişlerdir.

Boutabba (2014) Hindistan için 1971-2008 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, finansal gelişme ve kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemiştir.

Chow ve Li (2014) 1992-2004 döneminde 132 ülke için yatay kesit veri analizi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Farhani vd. (2014a) 1971-2008 döneminde Tunus için ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu, kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığı ve ticari açıklığın bu salım üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı bulgularını elde etmişlerdir.

Kiviyiro ve Arminen (2014) 1971-2009 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Kenya ve Zimbabve'de ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, Kongo Cumhuriyeti, Güney Afrika ve Zambiya'da ise bu hipotezin geçerli olmadığını belirlemişlerdir.

Lapinskienė vd. (2014) 1995-2010 döneminde AB-27 üyesi ülkeler ile Norveç ve İsveç için OLS ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin sadece Yunanistan, İspanya ve Portekiz'de geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Lau vd. (2014) Malezya için 1970-2008 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, doğrudan yabancı yatırımlar ve dışa açıklığın CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Onafowora ve Owoye (2014) 1970-2010 döneminde ARDL, sınır testi ve genelleştirilmiş varyans ayrıştırması yöntemleri ile gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin Japonya ve Güney Kore'de geçerli olduğunu, Brezilya, Çin, Mısır, Meksika, Nijerya ve Güney Afrika'da ise kişi başına düşen CO₂ salımı ile ekonomik büyüme arasında N şeklinde bir ilişki bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Shahbaz vd. (2014a) Birleşik Arap Emirlikleri için 1975-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca uzun dönemde elektrik tüketimi ve ihracatın CO₂ salımını azalttığı, kentleşmenin ise bu salımı arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Shahbaz vd. (2014b) Tunus için 1971-2010 döneminde ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, enerji tüketimi ve ticari açıklığın CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Tan vd. (2014) Singapur için 1975-2011 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik analizi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna varmışlardır.

Ahmed vd. (2015) Pakistan için 1980-2013 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketimi ve nüfusun kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Ali vd. (2015) Pakistan için 1972-2011 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yoksulluk oranı, finansal gelişme, kişi başına düşen elektrik ve dizel yakıt tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, ticari açıklık ve doğrudan yabancı yatırımların ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Al-Mulali vd. (2015a) Vietnam için 1981-2011 döneminde ARDL, sınır testi ile gerçekleştirdikleri analizin sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını ve sermaye ile ithalat artışının kişi başına düşen fosil yakıt kaynaklı CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca fosil yakıt kaynaklı elektrik tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, yenilenebilir enerji ile sağlanan elektrik tüketimi ve ihracatın ise CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığını, istihdam artışının ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Ajmi vd. (2015) G7 ülkeleri için 1960-2010 döneminde zamanla değişen Granger nedensellik testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, CO₂ salımı ve ekonomik büyüme arasında İngiltere için N, İtalya ve Japonya için ise ters N şeklinde bir ilişki bulunduğunu belirlemişlerdir.

Baek (2015a) 1960-2010 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda İzlanda'da ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Norveç, İsveç ve ABD'de ise bu hipotezin geçerli olmadığını tespit etmiştir.

Begum vd. (2015) Malezya için 1970-2007 döneminde ARDL, sınır testi, DOLS, VECM ve Sasabuchi-Lind-Mehlum U testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Farhani ve Ozturk (2015) Tunus için 1971-2012 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM ile ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olup olmadığını enerji tüketimi, ticari serbestleşme, kentleşme ve finansal gelişme değişkenleri ile birlikte analiz etmişlerdir. Analizin sonuçlarına göre ekonomik büyüme

arttıkça CO₂ salımı artışının devam ettiğini, ÇK-eğrisini destekleyen bir ilişkinin olmadığını ve finansal gelişmenin, enerji tüketiminin, kentleşmenin ve ticari serbestleşmenin çevre kirliliğine sebebiyet verdiğini tespit etmişlerdir.

Ben Jebli ve Youssef (2015) Tunus için 1980-2009 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, enerji tüketimi, ihracat ve ithalatın CO₂ salımını arttırdığını, yenilenebilir enerji tüketiminin ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Lacheheb vd. (2015) Cezayir için 1971-2009 döneminde gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Mugableh (2015) Ürdün için 1976-2010 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmada ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Ozturk ve Al-Mulali (2015) Kamboçya için 1996-2012 döneminde GMM ve 2SLS ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, enerji tüketimi, kentleşme ve ticari açıklığın CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Sehrawat vd. (2015) Hindistan için 1971-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketimi, kentleşme ve finansal gelişmenin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Shahbaz vd. (2015a) Portekiz için 1971-2008 döneminde ARDL, sınır testi ve Granger nedensellik analizi ile gerçekleştirdikleri analizin sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketimi ve kentleşmenin CO₂ salımını arttırdığını, ticari açıklığın ise bu salım üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığını belirlemişlerdir.

Tang ve Tan (2015) Vietnam için 1976-2009 döneminde JJ eşbütünleşme testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, doğrudan yabancı yatırımların ise bu salımı azattığını tespit etmişlerdir.

Ahmad vd. (2016) Hindistan için 1971-2014 döneminde ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, petrol, doğalgaz, kömür, elektrik ve toplam enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Alam vd. (2016) BRIC ülkeleri için ARDL, sınır testi, GH eşbütünlük testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin Brezilya, Çin ve Endonezya için geçerli olduğunu, Hindistan için ise geçerli olmadığını belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca nüfus artış hızının çevre kirliliğini arttırmadığı, kişi başına düşen enerji tüketiminin ise kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Ali vd. (2016) Malezya için 1985-2012 döneminde ARDL, sınır testi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, ticari açıklık ve finansal gelişmenin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, enerji tüketiminin ise bu salım üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığını tespit etmişlerdir.

Al-Mulali vd. (2016b) Kenya için 1980-2012 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve kişi başına düşen yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanan elektrik tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca uzun dönemde kentleşme, ticari açıklık ve fosil yakıtlarla sağlanan elektrik tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını, finansal gelişmenin ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Azam ve Khan (2016a) 1975-2014 döneminde JJ eşbütünlük testi ve OLS yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin Tanzania Guatemala ve Çin'de geçerli olduğunu, ABD'de ise geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Azam ve Khan (2016b) 1982-2013 döneminde JJ eşbütünlük testi ve OLS yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, Hindistan ve Sri Lanka'da kişi başına düşen gelir düzeyi arttıkça kişi başına düşen CO₂ salımının azaldığını, Pakistan'da arttığını ve Bangladeş'te bu iki değişken arasında herhangi bir ilişkinin bulunmadığını belirlemişlerdir.

Balaguer ve Cantavella (2016) 1874-2011 döneminde İspanya için ARDL sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve petrol fiyatlarındaki artışın kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını tespit etmişlerdir.

Bouznit ve Pablo-Romero (2016) Cezayir için 1970-2010 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, ithalat, elektrik tüketimi ve enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını, ihracatın ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Dogan ve Turkekul (2016) ABD için 1960-2010 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda, ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir.

Yazarlar uzun dönemde enerji tüketimi ve kentleşmenin CO₂ salımını arttırdığını, ticari serbestleşmenin azalttığını ve finansal gelişmenin bu salım üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığını tespit etmişlerdir.

Gómez ve Rodríguez (2016) Meksika için 1971-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Halicioğlu ve Ketenci (2016) 15 geçiş ülkesi için 1991-2013 döneminde ARDL, sınır testi ve GMM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin Estonya, Türkmenistan ve Özbekistan'da geçerli olduğunu ifade etmişlerdir.

Haq vd. (2016) Fas için 1971-2011 döneminde JJ-eşbütünlüşme ve VECM yöntemleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Javid ve Sharif (2016) Pakistan için 1972-2013 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, finansal gelişme ve enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını ve ticari açıklığın bu salım üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığını belirlemişlerdir.

Onater-Isberk (2016) 27 OECD ülkesi için 1960-2011 döneminde ARDL, sınır testi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin sadece Fransa, İsrail, Güney Kore ve Danimarka'da geçerli olduğunu belirlemiştir. Ayrıca yazar kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminin ise bu salımı azalttığını tespit etmiştir.

Rafindadi (2016) Japonya için 1961-2002 döneminde ARDL, sınır testi ve ECM ile gerçekleştirdiği çalışma sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, enerji tüketimi ve ithalatın CO₂ salımını arttırdığını, ihracatın ise bu salımı azalttığını belirlemiştir.

Saboori vd. (2016) Malezya için 1980-2008 döneminde ARDL, sınır testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketimi ve kentleşmenin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Sephton ve Janelle (2016) İngiltere için 1830-2003 döneminde OLS ve çok değişkenli uyarlanabilir regresyon uzanımları (MARS) yöntemleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Shahbaz vd. (2016a) 19 Afrika ülkesi için 1971-2012 döneminde ARDL, sınır testi, BH eşbütünleşme yöntemi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin Afrika, Kamerun, Kongo Cumhuriyeti, Fas, Tunus, Zambiya ve Cezayir'de geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Shahbaz vd. (2016b) gelecek 11 ülkeleri (N11) için 1972-2013 döneminde ARDL, sınır testi ve zamanla değişen Granger nedensellik analizi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin sadece Endonezya, Mısır, Pakistan ve Türkiye'de geçerli olduğunu belirlemişlerdir.

Sugiawan ve Managi (2016) Endonezya için 1971-2010 döneminde toplam faktör verimliliği, enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretimi değişkenlerini analize dahil ederek ARDL, sınır testi ve ECM ile ÇK-eğrisi hipotezini sınamışlardır. Yazarlar analiz sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, toplam faktör verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının CO₂ salımını azalttığını ve enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Zambrano-Monserrate vd. (2016a) Brezilya için 1971-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen yenilenebilir enerji ile elektrik üretiminin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını, kişi başına düşen enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığını belirlemişlerdir.

Zambrano-Monserrate vd. (2016b) Ekvator için 1971-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Zambrano-Monserrate vd. (2016c) İzlanda için 1960-2010 döneminde ARDL, sınır testi analizi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve kişi başına düşen fosil enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Zambrano-Monserrate vd. (2016d) Singapur için 1971-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketimi ve nüfus yoğunluğunun kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, ticari açıklık ve finansal gelişmenin ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Ahmad vd. (2017) 1992q1-2011q1 döneminde Hırvatistan için ARDL, sınır testi, VECM, FMOLS ve DOLS uzun dönem tahmincileri ile gerçekleştirdiği çalışma sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir.

Ali vd. (2017a) 1971-2013 döneminde Malezya için ARDL, sınır testi, VECM ve DOLS uzun dönem tahmincisi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, sanayileşme ve nüfus artışının kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını, ticari açıklığın ise bu salımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Ali vd. (2017b) 1971-2012 döneminde Malezya için ARDL, sınır testi, DOLS uzun dönem tahmincisi ve Granger nedensellik analizi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, ticari açıklığın ve doğrudan yabancı yatırımların kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını ve finansal gelişmenin ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Aung vd. (2017) 1970-2014 döneminde Myanmar için ARDL, sınır testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, finansal gelişme ve ticari açıklığın CO₂ salımını azalttığını, kentleşmenin ise bu salımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Boamah vd. (2017) Çin için 1970-2011 döneminde JJ eşbütünleşme testi, OLS, FMOLS, DOLS ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen GSYİH ile kişi başına düşen CO₂ salımı arasında N şeklinde bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Danish vd. (2017) 1970-2012 döneminde Pakistan için ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS, kanonik eşbütünleşme regresyonu (CCR) tahmincileri ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salımını azalttığını ve kişi başına düşen yenilenemez enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Dogan ve Ozturk (2017) 1980-2014 döneminde ABD için ARDL, sınır testi ve GH eşbütünleşme testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını ve kişi başına düşen yenilenemez enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığını belirlemişlerdir.

Jaforullah ve King (2017) 7 ülke için 1960-2010 döneminde ARDL, sınır testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin sadece Kanada, Danimarka, Finlandiya ve İzlanda'da geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Mrabet vd. (2017) 1980-2011 döneminde Katar için Toda-Yamamoto nedensellik analizi, ARDL, HJ, Kejriwal-Arai ve Kurozumi eşbütünleşme testleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca ticari açıklığın kişi başına düşen ekolojik ayak izini azalttığını, petrol fiyatlarındaki artışın ise bu ekolojik göstereyi arttırdığını tespit etmişlerdir.

Mrabet ve Alsamara (2017) 1980-2011 döneminde Katar için GH, HJ eşbütünleşme testleri, ARDL tahminicisi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda kişi başına düşen CO₂ salımı için ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını; fakat kişi başına düşen ekolojik ayak izi için bu hipotezin geçerli olduğunu belirlemişlerdir.

Nasreen vd. (2017) 5 ülke için 1980-2012 döneminde ARDL, sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik analizi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin Pakistan, Hindistan, Bangladeş ve Sri-Lanka'da geçerli olduğunu, Nepal'de ise bu hipotezin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Och (2017) Moğolistan için 1981-2012 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Pal ve Mitra (2017) 1971-2012 döneminde Çin ve Hindistan için ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin her iki ülke için de geçerli olmadığını, kişi başına düşen CO₂ salımı ve kişi başına düşen GSYİH arasında N şeklinde kübik bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Shahbaz vd. (2017) Avusturalya için 1970-2012 döneminde ARDL, sınır testi, VECM, etki-tepki ve varyans ayrıştırma analizleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, ayrıca kişi başına düşen enerji tüketimi ve nüfus artışının kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, küreselleşmenin ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Solarin vd. (2017a) 1980-2012 döneminde Gana için ARDL, sınır testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımların kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Solarin vd. (2017b) 1965-2013 döneminde Çin ve Hindistan için ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen hidroelektrik tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını ve kentleşmenin bu salımı arttırdığını belirlemişlerdir.

Zambrano-Monserrate vd. (2017) Almanya için 1970-2012 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile ihracat, tarım kullanım alanı ve N₂O değişkenlerini analize dahil ederek ÇK-eğrisi hipotezini sınımlamışlardır. Analiz sonucunda uzun dönemde ihracatın çevre kirliliğini azalttığını, tarım kullanım alanı arttıkça ise çevre kirliliğinin arttığını, ayrıca 27.880\$ olarak tespit edilen tepe noktası ile Almanya için ÇKE-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Danish vd. (2018) Pakistan için 1970-2011 döneminde ARDL, sınır testi, JJ eşbütünlük, VECM ve varyans ayrıştırma analizi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji üretiminin CO₂ salımını arttırdığı ve kentleşme ile ticari açıklığın bu salımı azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Gill vd. (2018) Malezya için 1970-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, ayrıca kişi başına düşen yenilenebilir enerji üretiminin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını tespit etmişlerdir.

Liu ve Bae (2018) Çin için 1970-2015 döneminde ARDL, sınır testi, JJ eşbütünlük testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen enerji yoğunluğu, kentleşme ve sanayileşme arttıkça kişi başına düşen CO₂ salımının arttığını belirlemişlerdir.

Moghadam ve Dehbashi (2018) İran için 1970-2011 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda altı çevre kirliliği göstergesi için ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Sinha ve Shahbaz (2018) Hindistan için 1971-2015 döneminde ARDL, sınır testi yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen yenilenebilir enerji üretimi ve ticari açıklığın CO₂ salımını azalttığını, kişi başına düşen elektrik tüketiminin bu salımı arttırdığını belirlemişlerdir. Toplam faktör verimliliğinin ise CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı sonucuna varmışlardır.

Yurtkuran ve Terzi (2018) Meksika için 1971-2015 döneminde ARDL, sınır testi, BH eşbütünlük ve asimetrik nedensellik analizleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca yazarlar kömür tüketimi ile finansal gelişmenin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Zambrano-Monserrate vd. (2018) Singapur için 1971-2011 döneminde ARDL, sınır testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketimi ve nüfus yoğunluğunun kişi başına

düşen CO₂ salımını arttırdığını, finansal gelişme ve ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Chen vd. (2019) Çin için 1980-2014 döneminde ARDL, sınırlı testi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda modele yenilenebilir enerji üretimi dahil edildiğinde ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve bu değişken ile ticari açıklığın kişi başına düşen CO₂ salımını azalttıklarını, kişi başına düşen yenilenemez enerji üretiminin ise bu salımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Tablo 19: ÇK-Eğrisi Hipotezini Türkiye Hariç Zaman Serisi ve Yatay Kesit Veri ile Sınayan Ampirik Çalışmalar

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Grossman ve Krueger (1991)	42 ülke 1977-1982-1988	Yatay kesit veri, OLS	Y, SO ₂ , DM, SPM	√
Panayotou (1993)	55 ülke 1980'li yıllar	Yatay kesit veri, OLS	DEF, D, Y, Y ² , SO ₂ , NO _x , PM	√
Roca (2001)	İspanya CO ₂ için 1973-1996 SO ₂ için 1980-1996	OLS	Y, CO ₂ , SO ₂ , CC, NEC	X
Day ve Grafton (2003)	Kanada CO için 1974-1997 CO ₂ için 1958-1995 SO ₂ için 1974-1997 SPM için 1974-1997	EG ve JJ eşbütünleşme testleri, OLS, VAR Granger nedensellik testi	Y, Y ² , SO ₂ , CO ₂ , CO, SPM	X
Friedl ve Getzner (2003)	Avusturya 1960-1999	OLS	Y, Y ² , Y ³ , IM, SER (toplam)	N

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Ang (2007)	Fransa 1960-2000	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC	√
Soytas vd. (2007)	ABD 1960-2004	Granger nedensellik testi, Genelleştirilmiş etki-tepki ve varyans ayrıştırma analizleri	Y, EC, K, L	X
Jalil ve Mahmud (2009)	Çin 1975-2005	ARDL, sınır testi ve Granger nedensellik testi	Y, Y ² , CO ₂ , TO, EC	√
Omisakin (2009)	Nijerya 1970-2005	JJ eşbütünlüşme testi, Granger nedensellik testi, OLS	Y, Y ² , CO ₂	X
Acaravci ve Ozturk (2010)	Almanya 1970-2005 Macaristan 1965-2005 Diğer 17 Avrupa ülkeleri 1960-2005	ARDL, sınır testi ve Granger nedensellik testi	Y, Y ² , EC	Danimarka ve İtalya √
Fodha ve Zaghoud (2010)	Tunus 1961-2004	JJ eşbütünlüşme testi, ECM	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , SO ₂	SO ₂ √ CO ₂ X
Iwata vd. (2010)	Fransa 1960-2003	ARDL, sınır testi, Granger nedensellik testi	Y, Y ² , NEC, CO ₂	√
Jalil ve Feridun (2011)	Çin 1953-2006	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , CEC, CO ₂ , FD, TO	√
Nasir ve Rehman (2011)	Pakistan 1972-2008	JJ eşbütünlüşme testi, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , TO	√
Pao vd. (2011)	Rusya 1990-2007	JJ eşbütünlüşme testi, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂	X

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Pao ve Tsai (2011a)	Brezilya 1980-2007	JJ eşbütünleşme testi, ECM, ARIMA	Y, Y ² , EC, CO ₂	√
Saboori ve Soleymani (2011)	İran 1971-2007	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , EC	X
Ahmed ve Long (2012)	Pakistan 1971-2008	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , EX, P	√
Asghari (2012)	İran 1980-2008	2SLS	Y, Y ² , Y ³ , FDI, TO, CO ₂	√
Esteve ve Tamarit (2012a)	İspanya 1857-2007	Eşik eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂	√
Esteve ve Tamarit (2012b)	İspanya 1857-2007	DOLS, Stock–Watson–Shin ve Arai–Kurozumi–Kejriwal eşbütünleşme testleri	Y, CO ₂	X
Hossain (2012)	Japonya 1960-2009	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi, Granger nedensellik testi	Y, EC, URB, TO, CO ₂	X
Hussain vd. (2012)	Pakistan 1971-2006	JJ eşbütünleşme, VECM, Granger nedensellik	Y, Y ² , Y ³ , EC, CO ₂	X
Jayanthakumaran vd. (2012)	Çin ve Hindistan 1971-2007	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , TO	√
Saboori vd. (2012a)	Malezya 1980-2009	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂	√
Saboori vd. (2012b)	Endonezya 1971-2007	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , EC, TO, CO ₂	X

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Shahbaz vd. (2012)	Pakistan 1971-2009	ARDL, sınır testi, GH eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , TO	√
Abdallah vd. (2013)	Tunus 1980-2010	JJ eşbütünleşme, VECM	TVA, TVA ² , TVA ³ , CO ₂	X
Abdou ve Atya (2013)	Mısır 1961-2008	JJ eşbütünleşme, ECM	Y, Y ² , Y ³ , IND, P, CO ₂	N
Alkathlan ve Javid (2013)	Suudi Arabistan 1980-2011	ARDL, sınır testi, VECM	Y, EC, OC, GC, ELC, CO ₂ *	X
Chandran ve Tang (2013)	ASEAN-5 1971-2008	JJ eşbütünleşme, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , FDI	X
Baek ve Kim (2013)	Güney Kore 1978-2007	ARDL, sınır testi, OLS	Y, Y ² , EC, CO ₂ , NU, FO	√
Govindaraju ve Tang (2013)	Çin ve Hindistan 1965-2009	BH eşbütünleşme, VAR Granger nedensellik testleri, VECM	Y, Y ² , CC, CO ₂	X
Kanjilal ve Ghosh (2013)	Hindistan 1971-2008	ARDL, sınır testi, GH ve HJ eşbütünleşme testleri	Y, Y ² , EC, CO ₂ , TO	√
Kohler (2013)	Güney Afrika 1960-2009	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi, ECM	Y, Y ² , CEC, CO ₂ , TO	X
Saboori ve Sulaiman (2013a)	Malezya 1980-2009	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, OC, GC, ELC, CC	√

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Saboori ve Sulaiman (2013b)	ASEAN 1971-2009	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC	Tayland, Singapur ✓ Malezya, Endonezya, Filipinler X
Shahbaz (2013)	Pakistan 1971-2009	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO, URB, FNS	✓
Shahbaz vd. (2013b)	Romanya 1980-2010	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, FD	✓
Shahbaz vd. (2013c)	Güney Afrika 1965-2008	ARDL, sınır testi ve Granger nedensellik	Y, Y ² , CO ₂ , EC, FD, TO, URB	✓
Shahbaz vd. (2013d)	Malezya 1971-2011	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, FD, FD ²	X
Shahbaz vd. (2013e)	Endonezya 1975q1-2011q4	ARDL, sınır testi, VECM	Y, FD, FD ² , EC, TO, CO ₂	✓
Sulaiman vd. (2013)	Malezya 1980-2009	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , ELR, TO, CO ₂	✓
Tiwari vd. (2013)	Hindistan 1966-2009	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , CC, TO	✓
Ahmed ve Qazi (2014)	Moğolistan 1980-2010	JJ eşbütünleşme testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO	✓
Arouri vd. (2014)	Tayland 1971-2010	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO, URB	✓
Azlina vd. (2014)	Malezya 1975-2011	JJ eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂	X
Boutabba (2014)	Hindistan 1971-2008	ARDL, sınır testi, VECM,	Y, Y ² , TO, CO ₂ , EC, FD	✓
Chow ve Li (2014)	132 ülke 1992-2004	Yatay kesit veri, OLS	Y, Y ² , CO ₂	✓

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Farhani vd. (2014a)	Tunus 1971-2008	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO	√
Kiviyiro ve Arminen (2014)	Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Kenya, Zimbabve, Kongo Cumhuriyeti, Güney Afrika ve Zambiya 1971-2009	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, FDI	Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Kenya, Zimbabve √ Kongo Cumhuriyeti, Güney Afrika, Zambiya X
Lapinskienė vd. (2014)	AB-27, Norveç ve İsveç 1995-2010	OLS	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂	Yunanistan, İspanya ve Portekiz √ Diğer ülkelerde X
Lau vd. (2014)	Malezya 1970-2008	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , TO, FDI	√
Onafowora ve Owoye (2014)	Japonya, Güney Kore, Brezilya, Çin, Mısır, Meksika, Nijerya ve Güney Afrika 1970-2010	ARDL, sınır testi ve geliştirilmiş varyans ayrıştırma analizi	Y, Y ² , Y ³ , D, TO, CO ₂	Güney Kore, Japonya √ Brezilya, Çin, Mısır, Meksika, Nijerya, Güney Afrika X
Shahbaz vd. (2014a)	Birleşik Arap Emirlikleri 1975-2011	ARDL, sınır testi ve VECM	Y, Y ² , URB, EC, EX, CO ₂	√
Shahbaz vd. (2014b)	Tunus 1971-2010	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , EC, TO, CO ₂	√

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Tan vd. (2014)	Singapur 1975-2011	JJ eşbütünleşme testi, Granger nedensellik analizi	Y, Y ² , EC, EP, CO ₂	X
Ahmed vd. (2015)	Pakistan 1980-2013	ARDL, sınır testi, VECM	Y, CO ₂ , EC, TO, D	√
Ali vd. (2015)	Pakistan 1972-2011	JJ eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , ELF, TO, CO ₂ , FD HCR, ELRP, FDI	√
Al-Mulali vd. (2015a)	Vietnam 1981-2011	ARDL, sınır testi	Y, EX, IM, ELF, ELR, K, L, CO ₂	X
Ajmi vd. (2015)	G7 ülkeleri 1960-2010	Zamanla değişen Granger nedensellik testi	Y, CO ₂ , EC	İngiltere N, İtalya ve Japonya ters N
Baek (2015a)	İzlanda, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Norveç, İsveç, ABD 1960-2010	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , Y ³ , EC, CO ₂	İzlanda √ Kanada, Danimarka, Finlandiya, Norveç, İsveç, ABD X
Begum vd. (2015)	Malezya 1970-2007	ARDL, sınır testi, DOLS, VECM, Sasabuchi–Lind–Mehlum U testi	Y, Y ² , EC, CO ₂ , P	X
Farhani ve Ozturk (2015)	Tunus 1971-2012	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , URB, FD, TO	X
Ben Jebli ve Youssef (2015)	Tunus 1980-2009	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , EC, REC, CO ₂ , URB, IM, EX	X

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Lacheheb vd. (2015)	Cezayir 1971-2009	ARDL, sınır testi	IM, EX, K, P, Y, CO ₂ , COF, COE	X
Mugableh (2015)	Ürdün 1976-2010	ARDL, sınır testi, VECM	CO ₂ , Y, EC, FD, FDI, K	X
Ozturk ve Al-Mulali (2015)	Kamboçya 1996-2012	GMM, 2SLS	Y, Y ² , ELC, TO, URB, CO ₂ , COR, GOV	X
Sehrawat vd. (2015)	Hindistan 1971-2011	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , TO, URB, EC	√
Shahbaz vd. (2015a)	Portekiz 1971-2008	ARDL, sınır testi ve Granger nedensellik testi	Y, Y ² , EC, TO, CO ₂ , URB	√
Tang ve Tan (2015)	Vietnam 1976-2009	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi, ECM	Y, Y ² , EC, FDI, CO ₂ ,	√
Ahmad vd. (2016)	Hindistan 1971-2014	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi, ECM	Y, Y ² , EC**, CO ₂ **	√
Alam vd. (2016)	Hindistan, Endonezya, Çin, Brezilya 1970-2012	ARDL, sınır testi, GH eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, P	Brezilya, Çin, Endonezya √ Hindistan X
Ali vd. (2016)	Malezya 1971-2012	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO, FD	√
Al-Mulali vd. (2016b)	Kenya 1980-2012	ARDL, sınır testi, ECM	Y, ELF, ELR, CO ₂ , RE, FD, TO, URB, FO	√

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Azam ve Khan (2016a)	Tanzanya, Guatemala, Çin, ABD 1975-2014	JJ eşbütünleşme testi, OLS	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO, URB	Tanzanya, Guatemala, Çin √ ABD X
Azam ve Khan (2016b)	Hindistan, Sri Lanka, Bangladeş, Pakistan 1982-2013	JJ eşbütünleşme testi, OLS	Y, CO ₂ , URB, EC, P, AL	X
Balaguer ve Cantavella (2016)	İspanya 1874-2011	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , CO ₂ , OP, EC	√
Bouznit ve Pablo-Romero (2016)	Cezayir 1970-2010	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , EC, ELC, IM, EX CO ₂	√
Dogan ve Turkekul (2016)	ABD 1960-2010	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , URB, TO, FD	X
Gómez ve Rodríguez (2016)	Meksika 1971-2011	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , TO	X
Halicioğlu ve Ketenci (2016)	15 Geçiş ülkesi 1991-2013	ARDL, sınır testi, GMM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , TO	Estonya, Türkmenistan, Özbekistan √
Haq vd. (2016)	Fas 1971-2011	JJ eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , EC, TO	X
Javid ve Sharif (2016)	Pakistan 1972-2013	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂ , TO, FD	√
Onater-Isberk (2016)	27 OECD ülkesi 1960-2010	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , EC, REC	Danimarka, İsrail, Fransa, Güney Kore √
Rafindadi (2016)	Japonya 1961-2002	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , EX, EC, IM	√
Saboori vd. (2016)	Malezya 1980-2008	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO, URB	√

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Sephton ve Janelle (2016)	İngiltere 1830-2003	OLS, MARS	Y, Y ² , CO ₂ , SO ₂	√
Shahbaz vd. (2016a)	19 Afrika ülkesi 1971-2012	ARDL, sınır testi, BH eşbütünleşme testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , ED, G	Afrika, Kamerun, Kongo Cumhuriyeti, Fas, Tunus, Zambiya, Cezayir √
Shahbaz vd. (2016b)	N11 ülkeleri 1972-2013	ARDL, sınır testi, zamanla değişen Granger nedensellik	Y, Y ² , CO ₂ , EC	Endonezya, Mısır, Pakistan ve Türkiye √
Sugiawan ve Managi (2016)	Endonezya 1971-2010	ARDL, sınır testi, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , ELRP, TFP, EC	√
Zambrano-Monserrate vd. (2016a)	Brezilya 1971-2011	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, ELR	√
Zambrano-Monserrate vd. (2016b)	Ekvator 1971-2011	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC	√
Zambrano-Monserrate vd. (2016c)	İzlanda 1960-2010	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , CO ₂ , TO, FEC	√
Zambrano-Monserrate vd. (2016d)	Singapur 1971-2011	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , TO, FD, D, EC	√
Ahmad vd. (2017)	Hırvatistan 1992q1-2011q1	ARDL, sınır testi, VECM, FMOLS, DOLS	Y, Y ² , CO ₂	√
Ali vd. (2017a)	Malezya 1971-2013	ARDL, sınır testi, DOLS, VECM	Y, Y ² , EC, P, IND, TO	X

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Ali vd. (2017b)	Malezya 1971-2012	ARDL, sınır testi, VECM, DOLS, Granger nedensellik	Y, Y ² , FD, FDI, TO	√
Aung vd. (2017)	Myanmar 1970-2014	ARDL, sınır testi	Y, CO ₂ , NO ₂ , CH ₄ , TO, URB, FD (toplam)	X
Boamah vd. (2017)	Çin 1970-2011	JJ eşbütünleşme testi, OLS, FMOLS, DOLS, VECM	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , EC, IM, EX	N
Danish vd. (2017)	Pakistan 1970-2012	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS, CCR	Y, Y ² , CO ₂ , REC, EC	√
Dogan ve Ozturk (2017)	ABD 1980-2014	ARDL, sınır testi, GH eşbütünleşme testi,	Y, Y ² , CO ₂ , REC, EC	X
Jaforullah ve King (2017)	Kanada, Danimarka, Finlandiya, İzlanda, Norveç İsveç, ABD 1960-2010	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂	Kanada, Danimarka, Finlandiya ve İzlanda √
Mrabet vd. (2017)	Katar 1980-2011	ARDL, Kejriwal-Arai ve Kurozumi ve HJ eşbütünleşme testleri, FMOLS Toda-Yamamoto nedensellik testi	Y, OP, EF, TO	X

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Mrabet ve Alsamara (2017)	Katar 1980-2011	GH, HJ eşbütünleşme testleri, ARDL tahminicisi ve ECM	Y, Y ² , CO ₂ , EF, FD, EC, TO	CO ₂ : X EF: √
Nasreen vd. (2017)	Pakistan, Hindistan, Bangladeş, Nepal, Sri Lanka 1980-2012	ARDL, sınır testi, Toda-Yamamoto nedensellik testi	Y, Y ² , CO ₂ , FSI, D, EC	√
Och (2017)	Moğolistan 1981-2012	ARDL, sınır testi	NO _x , Y, Y ² , URB, EX, IND, SER, AGR	√
Pal ve Mitra (2017)	Çin, Hindistan 1971-2012	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , ENI, ELPC, TO	N
Shahbaz vd. (2017)	Avustralya 1970-2012	ARDL, sınır testi, VECM, etki-tepki ve varyans ayrıştırma analizleri	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , EC, P, G	X
Solarin vd. (2017a)	Gana 1980-2012	ARDL, sınır testi,	Y, Y ² , CO ₂ , FDI, EC	√
Solarin vd. (2017b)	Çin, Hindistan 1965-2013	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , URB, HEC	√
Zambrano-Monserrate vd. (2017)	Almanya 1970-2012	ARDL, sınır testi, VECM	NO ₂ , Y, Y ² , EX, AALU	√
Danish vd. (2018)	Pakistan 1970-2011	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünleşme, VECM, varyans ayrıştırma analizi	Y, Y ² , CO ₂ , URB, TO, NRES	√

Tablo 19: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Gill vd. (2018)	Malezya 1970-2011	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , RES	X
Liu ve Bae (2018)	Çin 1970-2015	ARDL, sınır testi, JJ eşbütünlüşme testi, VECM	Y, CO ₂ , URB, IND, EI, REC	X
Moghadam ve Dehbashi (2018)	İran 1970-2011	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂ , FD, EC, NO _x , SPM, CO, SO ₂ , SO ₃ , TO	X
Sinha ve Shahbaz (2018)	Hindistan 1971-2015	ARDL, sınır testi	Y, Y ² , CO ₂ , RES, TO, ELC, TFP	√
Yurtkuran ve Terzi (2018)	Meksika 1971-2015	ARDL, sınır testi, BH eşbütünlüşme, Asimetrik nedensellik	Y, Y ² , FD, CO ₂ , CC	√
Zambrano-Monserrate vd. (2018)	Singapur 1971-2011	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , D, EC, FD, TO, CO ₂	√
Chen vd. (2019)	Çin 1980-2014	ARDL, sınır testi, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , RES, NRES, TO	√

Not: CO₂*: Çalışmada kişi başına düşen CO₂ salımı elektrik üretiminden, gaz tüketiminden ve petrol tüketiminden kaynaklı olmak üzere ayrıştırılmıştır. CO₂** , EC** : İncelenen çalışmada hem kişi başına düşen CO₂ salımı hem de kişi başına düşen enerji tüketimi, kömür, elektrik ve gazdan kaynaklı olmak üzere ayrıştırılmıştır.

Tablo 19’da Türkiye haricinde dünyada var olan diğer ülkeler için ÇK-eğrisi hipotezinin zaman serisi analizi ile sınındığı 120 çalışma özetlenmiştir. Bu çalışmalardan genel itibariyle 69 tanesinin bulguları ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirtirken, geriye kalan 51’inde ise bu hipotezin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

3.4. Türkiye Hariç Diğer Ülke Grupları İçin ÇK-Eğrisi Hipotezini Panel Veri Analizi ile Test Eden Çalışmalar

Moomaw ve Unruh (1997) 16 OECD ülkesi için 1950-1973 ve 1974-1992 dönemlerinde sabit etkili model ve OLS yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Martínez-Zarzoso ve Bengochea-Morancho (2004) 22 OECD ülkesi için 1975-1998 döneminde PMG ve MG tahmincileri ile ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, ekonomik büyüme ile CO₂ salımı arasında N şeklinde bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir.

Lantz ve Feng (2006) Kanada'nın beş bölgesi için 1970-2000 döneminde havuzlanmış ve sabit etkili geliştirilmiş OLS ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda kişi başına düşen gelir düzeyi ile kişi başına düşen CO₂ salımı arasında ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı ve nüfus artışı ile bu salım arasında ters U şeklinde bir ilişki bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Managi (2006) ABD'nin 48 eyaleti için 1970-1997 döneminde GMM ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda tarım bölgelerinde ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir.

Markandya vd. (2006) 12 Batı Avrupa ülkesi için 1850-2001 döneminde rassal ve sabit etkili modeller ile gerçekleştirdikleri çalışma ile ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Richmond ve Kaufmann (2006b) 16 OECD ülkesi için 1978-1997 döneminde rassal ve sabit etkili modeller ile petrol fiyatlarını da analize dahil ederek gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Yaguchi vd. (2007) Japonya'nın 27 bölgesi için 1975-1999 ve Çin'in 29 bölgesi için 1985-1999 döneminde sabit ve rassal etkili modeller ile ÇK-eğrisi hipotezinin geçerliliğini sınamışlardır. Yazarların elde ettiği sonuçlara göre Japonya'da ÇK-eğrisi hipotezi kişi başına düşen CO₂ ve SO₂ salımları için geçerli iken, Çin'de bu hipotez her iki çevre kirliliği göstergesi için de geçerli değildir.

Song vd. (2008) Çin'in bölgeleri için 1985-2005 döneminde panel Pedroni eşbütünleme testi, FMOLS ve DOLS uzun dönem tahmincileri ile atık gaz ve katı atıkları için ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, atık su ile ekonomik büyüme arasında ise N şeklinde bir ilişki bulunduğunu belirlemişlerdir.

Apergis ve Payne (2009) 1971-2004 döneminde altı orta Amerika ülkesi (Kosta Rika, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nikaragua ve Panama) için panel Pedroni eşbütünleşme testi,

FMOLS uzun dönem tahmincisi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Llorca ve Meunié (2009) Çin'in 29 bölgesi için 1985-2003 döneminde sabit etkili model ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda kişi başına düşen SO₂ salımı ile ekonomik büyüme arasında N şeklinde bir ilişkinin olduğunu, ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemişlerdir.

Tamazian vd. (2009) BRIC (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin) ve Japonya ile ABD için 1992-2004 döneminde rassal etkili model ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketimi, petrol tüketimi ve sanayileşmenin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Apergis ve Payne (2010) Bağımsız Devletler Topluluğu için 1992-2004 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS uzun dönem tahmincisi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Lean ve Smyth (2010) Malezya, Singapur, Endonezya, Filipinler ve Tayland için 1980-2006 döneminde Johansen-Fisher eşbütünleşme testi, DOLS uzun dönem tahmincisi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu ve kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Marrero (2010) 24 Avrupa ülkesi için 1990-2006 döneminde OLS, GMM ve sabit etkili model ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Narayan ve Narayan (2010) 43 gelişmekte olan ülke için 1980-2004 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi ve ECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK eğrisi hipotezinin uzun dönem katsayılarının kısa dönem katsayılarından düşük bulunduğu Ürdün, Irak, Kuveyt, Yemen, Katar, Birleşik Arap Emirlikleri, Arjantin, Meksika, Venezüella, Cezayir, Kenya, Nijerya, Kongo, Gana ve Güney Afrika'da geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Pao ve Tsai (2010) BRIC ülkeleri için 1971-2005 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi, OLS ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Rusya için 1990-2005 dönemini ele alan bu çalışmada ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığı belirlenmiştir.

Guangyue ve Deyong (2011) Çin'in bölgeleri için 1990-2007 döneminde panel veri regresyon ve eşbütünlüşme analizleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin doğu, merkez ve batı bölgeleri için geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Iwata vd. (2011) 28 ülke için 1960-2013 döneminde Pedroni eşbütünlüşme testi, dinamik sabit etkili model, MG ve PMG yöntemleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen nükleer enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını belirlemişlerdir.

Jaunky (2011) 1980-2005 döneminde 36 yüksek gelirli ülke için Nyblom–Harvey, Pedroni ve Westerlund eşbütünlüşme testleri, GMM ve VECM ile gerçekleştirdiği çalışma sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin sadece Yunanistan, Umman, Malta, Portekiz ve İngiltere'de geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Pao ve Tsai (2011b) Brezilya, Çin, Hindistan için 1980-2007 ve Rusya için 1992-2007 döneminde Pedroni, Kao ve Fisher eşbütünlüşme testleri, OLS ve Granger nedensellik analizi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketimi ile doğrudan yabancı yatırımların kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdıklarını tespit etmişlerdir.

Wang vd. (2011) Çin'in 28 bölgesi için 1995-2007 döneminde Pedroni eşbütünlüşme ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Zilio ve Recalde (2011) 21 Latin Amerika ve Karayip ülkesi için 1970-2007 döneminde Pedroni eşbütünlüşme testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Arouri vd. (2012) 1981-2005 döneminde 12 Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkesi için LM eşbütünlüşme testi ve CCE uzun dönem tahmincisi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Du vd. (2012) Çin için 1995-2009 döneminde sabit etkili model ve GMM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna varmışlardır.

Hamit-Haggar (2012) Kanada için 1990-2007 döneminde Westerlund eşbütünlüşme testi, FMOLS uzun dönem tahmincisi ve ECM ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, enerji tüketiminin GHG salımını arttırdığını tespit etmiştir.

Jayanthakumaran ve Li (2012) 1990-2007 döneminde Çin'in 30 bölgesi için rassal etkili ve sabit etkili modeller ile gerçekleştirdikleri analizin sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin kişi başına düşen SO₂ ve kimyasal oksijen talebi için geçerli olduğunu belirlemişlerdir.

Babu ve Datta (2013) 22 gelişmekte olan ülke için 1980-2009 döneminde sabit etkili model ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, çevre kirliliği endeksi ve kişi başına düşen GSYİH arasında N şeklinde bir ilişki bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Leitão ve Shahbaz (2013) 18 ülke için 1990-2010 döneminde GMM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketimi ve küreselleşmenin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, kentleşme ve yolsuzluğun ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Bölük ve Mert (2014) 1990-2008 döneminde 16 AB üyesi ülke için OLS yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen yenilenebilir ve fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimlerinin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Farhani vd. (2014b) 10 MENA ülkesi için 1990-2010 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi, ECM, FMOLS ve DOLS uzun dönem tahmincileri ile gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, ayrıca sanayileşme, enerji tüketimi ve insani gelişme endeksinin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

López-Menéndez vd. (2014) 1996-2010 döneminde 27 AB üyesi ülke için rassal ve sabit etkili modeller ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin sadece Yunanistan, Kıbrıs, İspanya ve Slovenya'da geçerli olduğunu, geriye kalan 23 ülkede ise bu hipotezin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Osabuohien vd. (2014) 1995-2010 döneminde Afrika ülkeleri için Pedroni eşbütünleşme testi ve DOLS tahmincisi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, ayrıca ticari açıklığın kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Al-Mulali vd. (2015b) 1980-2010 döneminde Latin Amerika ve Karayip ülkeleri için Kao eşbütünleşme testi, FMOLS uzun dönem tahmincisi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, finansal gelişmenin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını ve yenilenebilir enerji tüketiminin bu salım üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Apergis ve Ozturk (2015) 1990-2011 döneminde Bangladeş, Çin, Hindistan, Endonezya, İran, Japonya, Suudi Arabistan, Güney Kore, Malezya, Nepal, Umman, Pakistan, Singapur ve Birleşik Arap Emirlikleri için panel eşbütünleşme analizi, GMM, FMOLS, DOLS, PMG ve MG ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir.

Baek (2015b) 1980-2009 döneminde dünyada en fazla nükleer enerji üreten 12 ülke için Pedroni ve Kao panel eşbütünleşme testleri, FMOLS ve DOLS uzun dönem tahmincileri ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda nükleer enerjinin CO₂ salımını azalttığını ve ÇK-eğrisi hipotezinin bu ülkeler için geçerli olmadığını tespit etmiştir.

Ben Jebli vd. (2015) 24 Sahra Altı Afrika ülkesi için 1980-2010 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi, OLS ve FMOLS yöntemleri ile gerçekleştirmiş oldukları çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını, ithalatın bu salımı azalttığını ve ihracatın ise arttırdığını belirlemişlerdir.

Heidari vd. (2015) 1980-2008 döneminde Endonezya, Malezya, Filipinler, Singapur ve Tayland için panel yumuşak geçişli regresyon (PSTR) modeli ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Ibrahim ve Rizvi (2015) 8 Asya ülkesi için 1971-2009 döneminde Fisher eşbütünleşme testi ve DOLS ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, Çin hariç tutulduğunda ve sadece ASEAN ülkeleri ele alındığında ise bu hipotezin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketimi ile ticari açıklığın kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını belirlemişlerdir.

Lee vd. (2015) 25 OECD ülkesi için 1971-2007 döneminde, FMOLS ve Granger nedensellik testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Shahbaz vd. (2015b) Afrika Ülkeleri için 1980-2012 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS uzun dönem tahmincisi ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Ahmed vd. (2016) Brezilya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika için 1970-2013 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS uzun dönem tahmincisi ve Granger nedensellik testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını, ticari açıklığın ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Al-Mulali ve Ozturk (2016) 27 gelişmiş ülke için 1990-2012 döneminde Kao ve Fisher eşbütünleşme testleri, FMOLS uzun dönem tahmincisi ve Granger nedensellik testi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimi, ticari açıklık ve enerji fiyatlarındaki artışların kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını, kişi başına düşen yenilenemez enerji tüketimi ve kentleşmenin ise bu salımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Destek vd. (2016) 10 Merkez ve Doğu Avrupa ülkesi için Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS uzun dönem tahmincileri ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığı, kentleşme ve ticari açıklığın ise bu salımı azalttığı sonuçlarına ulaşmışlardır.

Dogan ve Seker (2016b) AB-15 ülkeleri için 1980-2012 döneminde LM eşbütünleşme testi, Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi ve DOLS uzun dönem tahmincisi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını, yenilenebilir enerji tüketimi ve dışa açıklığın ise bu salımı azalttığını tespit etmişlerdir.

Kais ve Sami (2016) seçilmiş 58 ülke için 1990-2012 döneminde dinamik panel veri analizi ve GMM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, enerji tüketiminin CO₂ salımını arttırdığını ve kentleşmenin ise bu salımı azalttığını belirlemişlerdir.

Li vd. (2016) Çin'in 28 bölgesi için 1996-2012 döneminde panel ARDL ve GMM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu, enerji tüketimi, kentleşme ve ticari açıklığın CO₂ salımını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

Pablo-Romero ve De Jesús (2016) 22 Latin Amerika ve Karayip ülkeleri için 1990-2011 döneminde EGLS yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Atasoy (2017) 1960-2010 döneminde ABD'nin 50 eyaleti için yatay kesit bağımlılığı ve heterojenliği dikkate alarak AMG ve ortak bağıntılı etkiler ortalama grup (CCEMG) uzun dönem tahmincileri ile modele enerji tüketimi ve nüfus değişkenlerini dahil ederek ÇK-eğrisi hipotezini analiz etmiştir. Yazar AMG tahmincisi sonucunda incelenen 50 eyaletten 30'unda CCEMG tahmincisi sonucunda ise 10'unda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu tespit etmiştir. Eyaletler

için dönüm noktası AMG tahmincisi ile 1292-48597 dolar arasında ve CCEMG tahmincisinde ise 2.457-14.603\$ arasında belirlenmiştir.

Hanif (2017) 1990-2015 döneminde 20 Latin Amerika ve Karayip ülkeleri için iki aşamalı GMM yöntemini kullanarak gerçekleştirdiği çalışma ile ÇK-eğrisinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Yazar ayrıca kişi başına düşen fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi, kişi başına düşen elektrik tüketimi ve petrol ithalatının kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmiştir.

Liu vd. (2017) 1970-2013 döneminde Endonezya, Malezya, Filipinler ve Tayland için Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri, OLS, FMOLS, DOLS tahmincileri ve VECM ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu, kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimi ve tarımın kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını, kişi başına düşen enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığını belirlemişlerdir.

Rahman (2017) 11 Asya ülkesi için 1960-2014 döneminde Pedroni eşbütünleşme testi FMOLS, DOLS ve ECM ile gerçekleştirdiği çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını belirlemiştir. Ayrıca ihracat, kişi başına düşen enerji tüketimi ve nüfus yoğunluğunun kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığını tespit etmiştir.

Sapkota ve Bastola (2017) 14 Latin Amerika ülkesi için 1980-2010 döneminde sabit ve rassal etkili modeller ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen enerji tüketimi, sermaye stoku, beşeri sermaye, doğrudan yabancı yatırım ve nüfus yoğunluğunun kişi başına düşen CO₂ salımını arttırdığı, işsizliğin ise bu salımı azalttığı sonucuna varmışlardır.

Zoundi (2017) 25 Afrika ülkesi için 1980-2012 döneminde Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri, DOLS, GMM, MG, PMG ve dinamik sabit etkili model tahmincileri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketiminin kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını, kişi başına düşen enerji tüketimi ve nüfus artışının ise bu salımı arttırdığını belirlemiştir.

Balsalobre-Lorente vd. (2018) Almanya, Fransa, İtalya, İspanya ve İngiltere için 1985-2016 döneminde panel OLS yöntemi ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını, kişi başına düşen CO₂ salımı ile ekonomik büyüme arasında N şeklinde bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

İnglesi-Lotz ve Dogan (2018) 10 Sahra Altı Afrika Ülkesi için 1980-2011 döneminde Kao ve LM bootstrap eşbütünleşme testleri, Emirmahmutoglu-Kose Granger nedensellik analizi ve DOLS ile gerçekleştirdikleri çalışmanın sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığını tespit

etmişlerdir. Yazarlar ayrıca kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimi ile ticari açıklığın kişi başına düşen CO₂ salımını azalttığını, kişi başına düşen yenilenemez enerji tüketiminin ise bu salımı arttırdığını belirlemişlerdir.

Tablo 20: ÇK-Eğrisi Hipotezini Türkiye Hariç Panel Veri ile Sınayan Ampirik Çalışmalar

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Moomaw ve Unruh (1997)	16 OECD ülkesi 1950-1973 1974-1992	Sabit etkili model, OLS	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂	X
Martínez-Zarzoso ve Bengochea-Morancho (2004)	22 OECD ülkesi 1975-1998	PMG, MG	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂	N
Lantz ve Feng (2006)	Kanada'nın beş bölgesi 1970-2000	EGLS	Y, Y ² , CO ₂ , P, TECN	X
Managi (2006)	ABD'nin 48 eyaleti 1970-1997	GMM	AD, Y, Y ² , AE, ET	√
Markandya vd. (2006)	12 Batı Avrupa ülkesi 1850-2001	Rassal ve Sabit etkili modeller	Y, Y ² , SO ₂ , WWI, WWII, REG	√
Richmond ve Kaufmann (2006b)	16 OECD ülkesi 1978-1997	Rassal ve Sabit etkili modeller	Y, Y ² , CO ₂ , PCTCC, PCTOC, PCTREC, PO	X
Yaguchi vd. (2007)	Çin 1985-1999 Japonya 1975-1999	Rassal ve Sabit etkili modeller	Y, Y ² , CO ₂ , SO ₂	Çin X Japonya √
Song vd. (2008)	Çin'in bölgeleri 1985-2005	Pedroni eşbütünleme testi, FMOLS, DOLS	S, Y, Y ² , Y ³	N

Tablo 20: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Apergis ve Payne (2009)	Kosta Rika, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nikaragua, Panama 1971-2004	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂	√
Llorca ve Meuné (2009)	Çin'in 29 bölgesi 1985-2003	Sabit etkili model	SO ₂ , Y, Y ² , Y ³ , FDI,	N
Tamazian vd. (2009)	Brezilya, Çin, Hindistan, Rusya, ABD, Japonya 1992-2004	Rassal etkili model	Y, Y ² , EC, FD, RD, OC, ENI, CO ₂	√
Apergis ve Payne (2010)	Bağımsız Devletler Topluluğu 1992-2004	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂	√
Lean ve Smyth (2010)	Malezya, Singapur, Endonezya, Filipinler, Tayland 1980-2006	Johansen-Fisher eşbütünleşme testi, DOLS, VECM	Y, Y ² , ELC, CO ₂	√
Marrero (2010)	24 Avrupa ülkesi 1990-2006	OLS, GMM, Sabit etkili model	Y, Y ² , EC, CO ₂ , IND	X
Narayan ve Narayan (2010)	43 gelişmekte olan ülke 1980-2004	Pedroni eşbütünleşme, ECM	Y, CO ₂ (toplam)	15 ülke için √
Pao ve Tsai (2010)	Brezilya, Çin Hindistan, 1971-2005 Rusya 1990-2005	Pedroni eşbütünleşme testi, OLS, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂	√

Tablo 20: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Guangyue ve Deyong (2011)	Çin'in bölgeleri 1990-2007	Panel eşbütünleşme ve regresyon analizi	Y, Y ² , CO ₂	√
Iwata vd. (2011)	28 ülke 1960-2003	Pedroni eşbütünleşme, MG, PMG, Dinamik sabit etkili model	Y, Y ² , NEC, CO ₂	√
Jaunky (2011)	36 yüksek gelirli ülke 1980-2005	Nyblom–Harvey, Pedroni ve Westerlund eşbütünleşme testleri, GMM, VECM	Y, CO ₂	Yunanistan, Umman, Malta, Portekiz, İngiltere
Pao ve Tsai (2011b)	Brezilya, Çin, Hindistan 1980-2007 Rusya 1992-2007	Pedroni, Kao ve Fisher eşbütünleşme testleri, OLS, Granger nedensellik analizi	Y, Y ² , CO ₂ , FDI, EC	√
Wang vd. (2011)	Çin'in 28 bölgesi 1995-2007	Pedroni eşbütünleşme testi, VECM	Y, Y ² , EC, CO ₂	√
Zilio ve Recalde (2011)	21 Latin Amerika ve Karayip ülkesi 1970-2007	Pedroni eşbütünleşme testi	Y, Y ² , EC	X
Arouri vd. (2012)	12 Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkesi 1981-2005	LM eşbütünleşme testi, CCE	Y, Y ² , EC, CO ₂	√
Du vd. (2012)	Çin 1995-2009	Sabit etkili model, GMM	Y, Y ² , CO ₂ , URB, IND, TO, TECN	X

Tablo 20: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Hamit-Hagggar (2012)	Kanada 1990-2007	Westerlund eşbütünleşme testi, FMOLS, ECM	Y, Y ² , EC, GHG (toplam)	√
Jayanthakumaran ve Li (2012)	Çin'in 30 bölgesi 1990-2007	Rassal etkili model ve sabit etkili model	Y, Y ² , SO ₂ , COD	√
Babu ve Datta (2013)	22 gelişmekte olan ülke 1980-2008	Sabit etkili model,	Y, Y ² , Y ³ , P, EDI	N
Leitão ve Shahbaz (2013)	18 ülke 1990-2010	GMM	Y, Y ² , CO ₂ , COR, GOVS, EC, URB	√
Bölük ve Mert (2014)	16 AB ülkesi 1990-2008	OLS	Y, Y ² , REC, FEC	X
Farhani vd. (2014b)	10 MENA ülkesi 1990-2010	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS, VECM	Y, Y ² , HDI, HDI ² , IND, TO, EC, C	√
López-Menéndez vd. (2014)	27 AB üyesi ülke 1996-2010	Rassal ve sabit etkili model	Y, Y ² , Y ³ , CO ₂	Yunanistan Kıbrıs, İspanya, Slovenya √
Osabuohien vd. (2014)	Afrika ülkeleri 1995-2010	Pedroni eşbütünleşme testi, DOLS	Y, Y ² , Cimg, Inst, TO	√
Al-Mulali vd. (2015b)	Latin Amerika ve Karayip ülkeleri 1980-2010	Kao eşbütünleşme testi, FMOLS, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , RE, FD	√

Tablo 20: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Apergis ve Ozturk (2015)	Bangladeş, Çin, Hindistan, İran, Endonezya, Japonya, Suudi Arabistan, Kore, Malezya, Nepal, Umman, Pakistan, Singapur Birleşik Arap Emirlikleri 1990-2011	GMM, FMOLS, DOLS, PMG ve MG	Y, Y ² , Y ³ , D, D ² , D ³ , CO ₂ , REG, COR, GOVS	√
Baek (2015b)	En fazla nükleer enerji üreten 12 ülke 1980-2009	Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri, FMOLS, DOLS	Y, Y ² , CO ₂ , NU, EC	X
Ben Jebli vd. (2015)	24 Sahra Altı Afrika ülkesi 1980-2010	Pedroni eşbütünleşme testi, OLS, FMOLS	Y, Y ² , REC, IM, EX, CO ₂	X
Heidari vd. (2015)	ASEAN 5 1980-2008	PSTR modeli	Y, CO ₂ , EC	√
Ibrahim ve Rizvi (2015)	8 Asya ülkesi 1971-2009	Fisher eşbütünleşme, DOLS	Y, Y ² , CO ₂ , TO, EC	Bütün ülkeler X Çin hariç √ ASEAN √
Lee vd. (2015)	25 OECD ülkesi 1971-2007	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, Granger nedensellik testi	Y, Y ² , CO ₂ , EC, FD	X
Shahbaz vd. (2015b)	Afrika ülkeleri 1980-2012	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC	√

Tablo 20: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Ahmed vd. (2016)	Brezilya, Hindistan, Çin, Güney Afrika 1970-2013	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, Granger nedensellik testi	Y, TO, CO ₂ , EC	√
Al-Mulali ve Ozturk (2016)	27 Gelişmiş Ülke 1990-2012	Kao ve Fisher eşbütünleşme testleri, FMOLS, Granger nedensellik testi	REC, EC, TO, URB, PC, CO ₂ , Y, Y ²	√
Destek vd. (2016)	10 Merkez ve Doğu Avrupa ülkesi 1991-2011	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, URB, TO	√
Dogan ve Seker (2016b)	AB-15 ülkeleri 1980-2012	LM eşbütünleşme testi, Dumitrescu- Hurlin nedensellik testi, DOLS	Y, Y ² , CO ₂ , EC, REC, TO (toplam)	√
Kais ve Sami (2016)	58 ülke 1990-2012	Dinamik panel veri analizi, GMM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, URB, TO (toplam)	√
Li vd. (2016)	Çin'in 28 bölgesi 1996-2012	Panel ARDL, GMM	Y, Y ² , CO ₂ , EC, TO, URB	√
Pablo-Romero ve De Jesús (2016)	22 Latin Amerika ve Karayip ülkeleri 1990-2011	EGLS	Y, Y ² , Y ₃ , EC, P	X
Atasoy (2017)	ABD'nin 50 eyaleti 1960-2010	AMG, CCEMG	Y, Y ² , CO ₂ , EC, P	√
Hanif (2017)	20 Latin Amerika ve Karayip ülkeleri 1990-2015	İki aşamalı GMM	CO ₂ , Y, Y ² , FEC, URB, FIM, ELC	√

Tablo 20: (Devamı)

Yazar(lar)	Ülke(ler) Dönem	Yöntem(ler)	Değişkenler	ÇK-Eğrisi
Liu vd. (2017)	Endonezya, Malezya, Filipinler ve Tayland 1970-2013	Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri, OLS, FMOLS, DOLS, VECM	Y, Y ² , CO ₂ , REC, EC, AGR	√
Rahman (2017)	11 Asya ülkesi 1960-2014	Pedroni eşbütünleşme testi, FMOLS, DOLS, ECM	Y, Y ² , CO ₂ , EX, EC, D	X
Sapkota ve Bastola (2017)	14 Latin Amerika ülkesi 1980-2010	Sabit ve rassal etkili model	Y, Y ² , FDI, K, EC, D, HC, CO ₂ , UN	√
Zoundi (2017)	25 Afrika ülkesi 1980-2012	Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri, DOLS, GMM, MG, PMG, Dinamik sabit etkili model	Y, Y ² , CO ₂ , REC, EC, P	X
Balsalobre-Lorente vd. (2018)	Almanya, Fransa, İtalya, İspanya, İngiltere 1985-2016	OLS	Y, Y ² , Y ³ CO ₂ , TO, ELR, ELR*Y, NRA, EB	N
Inglesi-Lotz ve Dogan (2018)	10 Sahra Altı Afrika ülkesi 1980-2011	Kao ve LM bootstrap eşbütünleşme testleri, Emirmahmutoglu- Kose Granger nedensellik, DOLS	Y, Y ² , CO ₂ , TO, REC, EC	X

Tablo 20’de Türkiye’nin dahil olmadığı ülke grupları için ÇK-eğrisi hipotezinin panel veri analizi ile sınındığı 55 çalışma özetlenmiştir. Bu çalışmalardan genel itibariyle 22 tanesinin bulguları ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğunu belirtirken, geriye kalan 33’ünde ise bu hipotezin geçerli

olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Dört bölüme ayrılmış literatür özetinin sonucunda ÇK-eğrisinin geçerliliğinin incelenen ülke veya ülke grubuna, aynı zamanda kullanılan ekonometrik yöntemlere göre değişiklik arz edebileceği söylenebilir.

Panayotou (1993: 5) çevresel bozulma ile ilgili ülke bazında uzun zaman serisi verileri olmadığından dolayı yatay kesit veri ile analizini gerçekleştirmiştir. Dinda (2004: 450)'ya göre ise panel veri analizlerine ek olarak, belirli bir ülkedeki çevre kirliliği ve gelir arasındaki ilişkilerin daha iyi yansıtılacağından ötürü zaman serisi çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkisini, tek değişkenli modeller ile tahmin etmek uygun değildir. OLS yöntemi ile iki değişken arasında tahmin edilen ilişkiler taraflı ve tutarsız olabilmektedir (Stern vd., 1996: 1155). Yukarıdaki sıralanan nedenlerden dolayı bu çalışmada sadece Türkiye için ÇK-eğrisi hipotezinin çok değişkenli zaman serisi analizi ile test edilmesinin daha güvenilir ve etkin olduğuna karar verilmiştir.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİNİN AMPİRİK OLARAK ANALİZİ

4.1. Veri Seti ve Modeller

Türkiye için ÇK-eğrisi hipotezinin ampirik olarak test edilmesinin amaçlandığı bu çalışma 1971-2013 ve 1971-2014 olmak üzere iki ayrı dönem ve iki ayrı veri seti ile gerçekleştirilmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2016 yılında veri hesaplamasını değiştirdiğinden ve bu durum Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri'ne 2017 yılında yansıtıldığından ötürü iki ayrı zaman periyodu ve veri seti ile ÇK-eğrisi incelenmiştir.

Tablo 21: Veri Setindeki Değişkenlere Ait Açıklayıcı Bilgiler

Değişken	Tanımı	Ölçüm Birimi	Kaynak
CO ₂	Karbon salımı	mtep	WDI
Y	Gayrisafi yurtiçi hasıla	2010 sabit fiyatları ile milyar \$	WDI
FD	Finansal gelişme	Özel sektöre verilen yerel kredilerin GSYİH içerisindeki payı (%)	WDI
URB	Kentleşme	Kentsel nüfusun toplam nüfus içerisindeki payı (%)	WDI
IND	Sanayileşme	Sanayide yaratılan katma değer GSYİH içerisindeki payı (%)	WDI
PEC	Birincil enerji tüketimi	mtep	BP
TEC	Toplam enerji tüketimi	ktep	IEA
FEC	Fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi	ktep	WDI-IEA
CC	Kömür tüketimi	mtep	BP
HEC	Hidro enerji tüketimi	TWh	BP
OC	Petrol tüketimi	ktep	IEA
ELC	Elektrik tüketimi	kWh	WDI
REC	Yenilenebilir enerji tüketimi	ktep	IEA
AEC	Alternatif Enerji tüketimi	ktep	WDI-IEA

Not: Değişkenlerin her biri nüfus ile bölünerek kişi başına düşen değerleri ile analize dahil edilmiştir.

Odak noktasına ulaşmak adına 1971-2014 dönemindeki veri seti ile ilgili sadece ÇK-eğrisinin varlığını belirten 9 kuadratik modelin analizinden elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) (2018), Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri ve British Petroleum Statistical Review of World Energy (2018)'den elde edilmiştir. Analize bütün değişkenler logaritmik formda dahil edilmiş ve bu değişkenlere ait bilgiler Tablo 21'de gösterilmiştir.

Çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler bölüm 2'de önceden bahsedildiği gibi temel olarak lineer, ÇK-eğrisi hipotezini belirten ters U şeklinde veya son olarak N şeklinde olabilir. İki değişken arasında aynı zamanda hiçbir ilişki de bulunmayabilir. Bu çalışmada kişi başına düşen CO₂ salımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler lineer, kuadratik ve kübik olmak üzere 3 farklı model ile 9 farklı enerji tüketimine göre ele alınarak incelenmiştir. 27 model 1971-2013 ve 9 kuadratik model 1971-2014 dönemi olmak üzere toplamda 36 model ile analizler gerçekleştirilmiştir.

$$\ln\text{CO}_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln Y_t + \beta_2 \ln \text{FD}_t + \beta_3 \ln \text{URB}_t + \beta_4 \ln \text{IND}_t + \beta_5 \ln \text{EC}_t + \varepsilon_t \quad (82)$$

$$\ln\text{CO}_{2t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_t + \alpha_2 \ln Y_t^2 + \alpha_3 \ln \text{FD}_t + \alpha_4 \ln \text{URB}_t + \alpha_5 \ln \text{IND}_t + \alpha_6 \ln \text{EC}_t + u_t \quad (83)$$

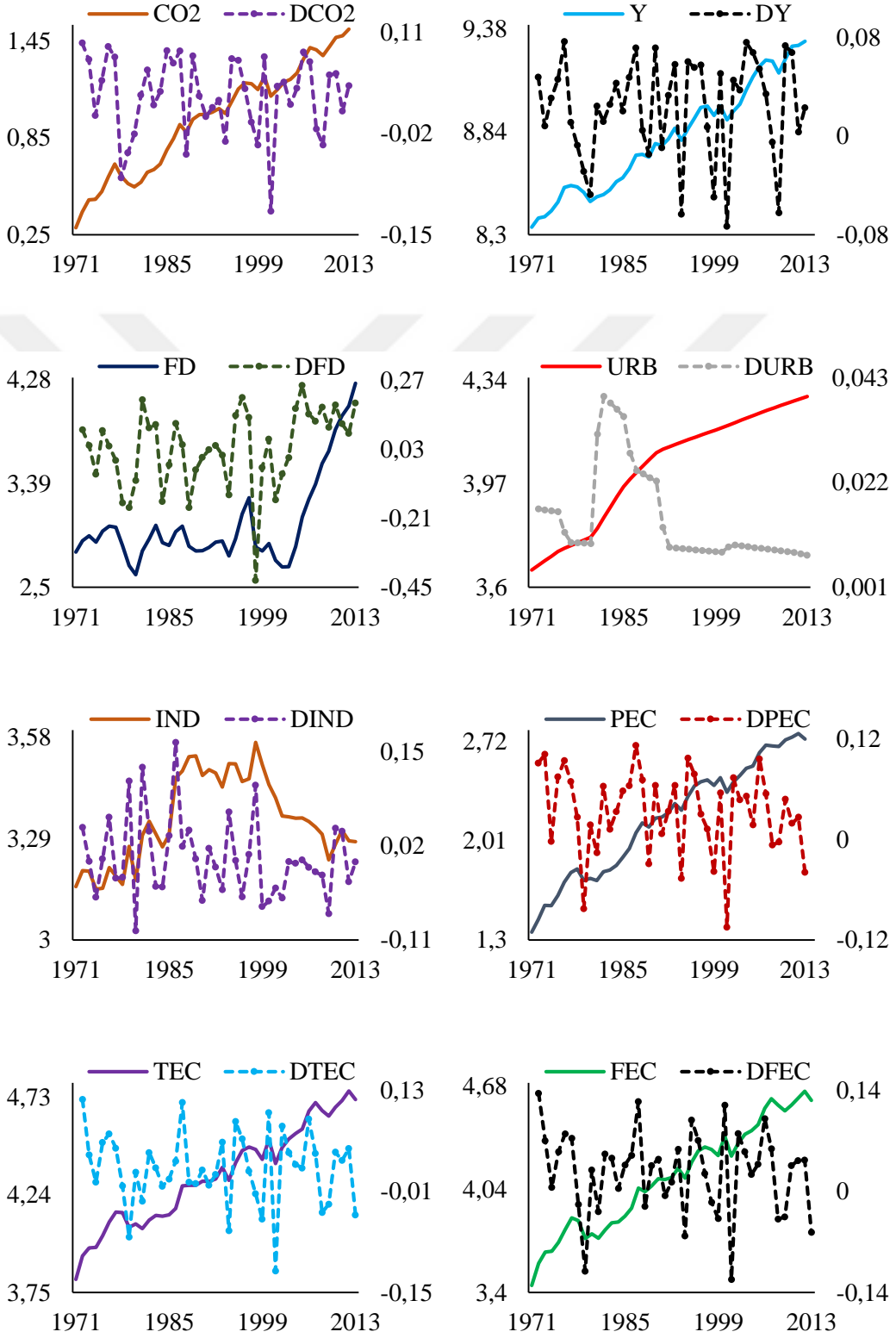
$$\ln\text{CO}_{2t} = \delta_0 + \delta_1 \ln Y_t + \delta_2 \ln Y_t^2 + \delta_3 \ln Y_t^3 + \delta_4 \ln \text{FD}_t + \delta_5 \ln \text{URB}_t + \delta_6 \ln \text{IND}_t + \delta_7 \ln \text{EC}_t + z_t \quad (84)$$

Çalışmada değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkileri tespit etmek için kullanılan üç model denklem 82, 83 ve 84'te gösterilmektedir. ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olması için model 83'te α_1 katsayısının pozitif ve α_2 katsayısının negatif olması gerekmektedir. α_1 katsayısı pozitif olduğunda kişi başına düşen GSYİH düzeyi arttıkça CO₂ salımının arttığını, belirli bir dönüm noktasına ulaşıldıktan sonra ise α_2 katsayısının negatif olması bu salımın azaldığını göstermektedir. ÇK-eğrisi hipotezi geçerli olduğunda gelir düzeyi arttıkça çevre kirliliğinin azalmaya başladığı bu tepe noktası $Y^* = -\alpha_1 / 2\alpha_2$ olarak hesaplanmakta ve $\exp(Y^*)$ bu noktanın parasal değerini vermektedir. Gelişmekte olan ülkelerin bu dönüm noktasına henüz ulaşamaması ve gelir düzeyi arttırıkça belirli bir süre daha bu ülkelerde çevre kirliliğindeki artışın devam etmesi beklenmektedir.

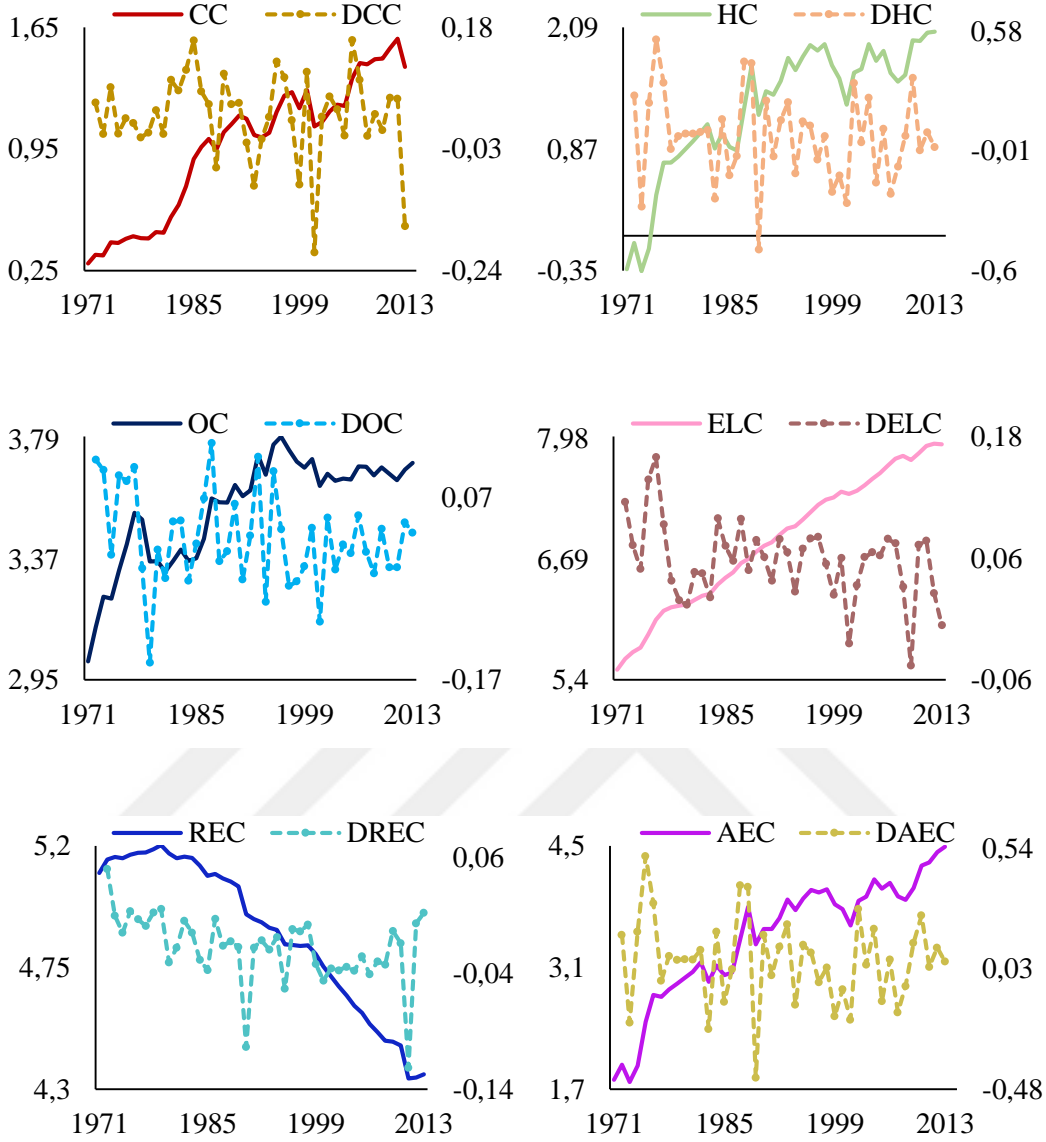
α_3 katsayısının işareti incelenen ülkenin durumuna göre değişiklik göstermektedir. İyi bir finansal gelişme süreci yaşamış ülkelerde bu katsayı negatif, finansal gelişme süreci devam eden ülkelerde ise pozitif olabilir. Kentleşme artan nüfus ile birlikte çevre kirliliğine sebebiyet verebileceğinden ötürü gelişmekte olan ülkelerde α_4 katsayısının, sanayileşmenin katsayısı olan α_5 gibi pozitif olması beklenmektedir. Son olarak denklemlerde EC; 9 tane enerji tüketimi değişkenini genel olarak ifade etmektedir. α_6 katsayısının REC, AEC ve HEC gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketimi için negatif, PEC, TEC, FEC, CC, OC ve ELC gibi fosil yakıt temelli kirliliğe sebebiyet veren enerji kaynaklarının tüketimi için ise pozitif olması öngörülmektedir. Grafik 12'de

analize dahil edilen bütün değişkenlerin seviyesinde ve birinci farkında zaman içerisindeki seyirleri gösterilmiştir.

Grafik 12: Seviyesinde ve Birinci Farkında Seriler



Grafik 12: (Devamı)



Grafik incelendiğinde fosil yakıt kaynaklı PEC, TEC, FEC, CC, OC ve ELC değişkenlerinin artış trendine sahip olduğu görülmektedir. Gelir düzeyi, CO₂ salımı ve finansal gelişme de zaman içerisinde artmıştır. Sanayinin GSYİH içerisindeki katma değeri 1998 yılından itibaren azalış göstermiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi ise 1980 yılından itibaren sürekli azalmıştır. Alternatif enerji tüketimi ve hidro enerji tüketimi, toplam yenilenebilir enerji tüketiminin aksine artış göstermiştir.

TÜİK 2016 yılının sonuna doğru GSYİH hesaplama yöntemini değiştirmiştir. 2017 yılında Dünya Bankası veri setinde bu farklılık da yer almıştır. Tablo 22’de iki farklı hesaplama yönteminden kaynaklı GSYİH ve nüfus değişimleri gösterilmektedir.

Tablo 22: İki Veri Seti Arasındaki Temel Farklılıklar

Dönem	1971-2013	1971-2014	1971-2013	1971-2014
Yıl	GSYİH		Nüfus	
1971	4.184	4.350	35.608.079	35.720.568
1980	4.788	4.986	43.905.790	43.975.921
1990	6.485	6.774	53.994.605	53.921.699
2011	10.817	11.683	73.517.002	73.409.455
2012	10.851	12.052	74.849.187	74.569.867
2013	11.102	12.865	76.223.639	75.787.333
2014	X	13.312	X	77.030.628

Not: GSYİH verileri 2010 sabit fiyatlarıyla dolar cinsinden, nüfus ise bin kişi olarak ifade edilmiştir.

Tabloda kişi başına düşen GSYİH'daki artışın yanı sıra, 2011-2013 aralığında nüfusun da yeni hesaplama yönteminden kaynaklı azaldığı gözlemlenmektedir. Hesaplamadan kaynaklı gelir artışına ek olarak, nüfustaki azalış da kişi başına düşen GSYİH'nın artmasına sebebiyet vermiştir. Analiz periyodundaki en yüksek GSYİH düzeyi, eski veri seti için 2013 yılında 11 bin 102 dolar olarak gerçekleşmişken yeni veri setinde 2014 yılında 13 bin 312 dolara ulaşmıştır. Veri setlerinin son yıllarının farklı olmasının nedeni CO₂ salımı verisinin eski veri setinde 2013 yılında bitmesidir. 2013 yılına bakıldığında aynı yılda hesaplanan kişi başına düşen GSYİH, yaklaşık olarak %16 artış göstermiştir. Nüfus ise aynı yıl %0,57 oranında azalmıştır. Eski veri setinden yeni veri setine geçişte 2013-2014 yılı aralığında kişi başına düşen GSYİH'da 2 bin dolardan daha fazla bir artış olduğu görülmektedir.

Aynı yılda benzer üretim düzeyi ile daha yüksek bir kişi başına düşen GSYİH'nın nedeninin hesaplama yönteminden kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu durumda Türkiye daha zengin bir ülke mi olmuştur? Sorunun cevabı bu çalışmanın konusu değildir. Ancak, TÜİK Avrupa Hesaplar Sistemine uyum sağlamak için 2016 Aralık ayında değiştirilen yeni veri setinin daha sağlıklı olduğu beyan etmektedir.

İki veri setinde sadece sanayileşme, kentleşme ve finansal gelişmeyi ifade eden IND, URB ve FD değişkenlerinde bir değişim gözlenmemiştir. Milli gelir hesaplamasının değişmesinin yanı sıra iki seri arasında nüfus hesaplanmasının da farklılık arz ettiği tespit edilmiştir. Analize dahil edilen diğer 11 seride de değişim gerçekleşmiştir. Bu sebeple ÇK-eğrisi hipotezinin varlığının asli olarak test edildiği kuadratik model 1971-2014 dönemi TÜİK'in yeni hesaplama yöntemi ile oluşturulan seriyle de tekrar sınanmıştır.

4.2. Ampirik Yöntem

Uygulamalı ekonometride klasik tahmin yöntemleri, serilerin ortalama ve varyanslarının zaman içinde değişmediği varsayımına dayanmaktadır. Ancak, birçok makroekonomik değişkenin ortalama ve varyansları zaman içinde değişebilmektedir. Bu değişkenlere durağan olmayan veya birim kök değişkenleri denmektedir. ARDL sınır testi yaklaşımında serilerin durağanlık düzeyleri önemli olmasa da I(2) tablo kritik değerleri mevcut olmadığından ötürü, serilerin durağanlık düzeylerinin belirlenmesi gerekmektedir.

4.2.1. Birim Kök Testleri

4.2.1.1. DF-GLS Birim Kök Testi

Elliot vd. (1996) tarafından geliştirilen Dickey-Fuller-Generalized Least Square (DF-GLS) birim kök testinde analiz trendden arındırılarak gerçekleştirilmektedir. Bu birim kök testinde sabitli ve sabitli+trendli olmak üzere iki model mevcuttur. DF-GLS birim kök testi için uygulanan ve trendden arındırılmış z_t^d 'nin hesaplandığı model denklem 85'te gösterilmektedir.

$$\Delta z_t^d = \delta^* z_{t-1}^d + \delta_1^* \Delta z_{t-1}^d + \dots + \delta_{p-1}^* \Delta z_{t-p+1}^d + n_t \quad (85)$$

Denklem 86'da z_t^d trendden arındırılmış serileri ifade etmektedir. Analizde sıfır hipotezi z_t^d 'nin rassal yürüyüş trendine sahip olduğunu belirtmektedir.

$$z_t^d = z_t - \hat{\theta}_0 - \hat{\theta}_0 t \quad (86)$$

Bu test, iki hipotez önermektedir. İlk hipotez z_t^d 'nin lineer bir trend ile durağan olduğunu, ikinci hipotez ise trendsiz ve sıfırdan büyük bir ortalama ile durağan olduğunu ifade etmektedir. DF-GLS birim kök testi genelleştirilmiş en küçük kareler (GLS) yöntemi ile denklem 87, 88 ve 89'daki süreçler takip edilerek tahmin edilmektedir.

$$\bar{Z} = [z_t, (1-\bar{\beta}L)z_2, \dots, (1-\bar{\beta}L)z_T] \quad (87)$$

$$\bar{Y} = [z_t, (1-\bar{\beta}L)Y_2, \dots, (1-\bar{\beta}L)Y_T] \quad (88)$$

$$Y_t = (1, t)\bar{\beta} = 1 + \frac{\bar{\alpha}}{T} \quad (89)$$

Denklem sisteminde T, z_t için toplam gözlem sayısını ifade etmektedir. \bar{a} sabittir. Denklem 90 ile süreç devam ettirilmektedir.

$$\bar{Z} = \varphi_0 \bar{Y} + \varphi_1 Y_t + u_t \quad (90)$$

OLS tahminçileri olan φ_0 ve φ_1 kullanılarak daha önce bahsi geçen z_t, trendden arındırılır. Dönüşümü gerçekleştirilmiş olan değişken, son aşamada aşağıdaki denklem 91 ile birim kök testine tabi tutulmaktadır

$$\Delta z_t^d = \vartheta_0 + \rho z_{t-1}^d + \sum_{i=1}^m \gamma_i \Delta z_{t-i}^d + \varepsilon_t \quad (91)$$

Son olarak sıfır hipotezi $\rho=0$ olarak test edilmekte ve bu hipotez reddedildiğinde serinin durağan, aksi takdirde ise birim köklü olduğuna karar verilmektedir.

4.2.1.2. Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi

Lumsdaine ve Papell (LP) (1997) LM temelli içsel olarak iki yapısal kırılmaya izin veren bir birim kök testi geliştirmişlerdir. Sabitte iki kırılmaya müsaade eden Model AA ve hem sabit hem de eğimde iki kırılmaya müsaade eden model CC sırasıyla denklem 92 ve 93'te gösterilmektedir.

$$\Delta Y_t = \vartheta + \beta t + \delta Y_{t-1} + \mu_1 DU1_t + \mu_2 DT1_t + \sum_{i=1}^m n_i \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (92)$$

$$\Delta Y_t = \vartheta + \beta t + \delta Y_{t-1} + \mu_1 DU1_t + \mu_2 DT1_t + \mu_3 DU2_t + \mu_4 DT2_t + \sum_{i=1}^m n_i \Delta Y_{t-i} + u_t \quad (93)$$

Denklemler için aşağıdaki koşullar söz konusudur;

$$DU1_t (DU2_t) = \begin{cases} 1, & t > T_{B1} (t > T_{B2}) \text{ ise} \\ \text{Diğer durumlarda ise } 0 \end{cases}; \quad DT1_t (DT2_t) = \begin{cases} 1 - T_{B1} (1 - T_{B2}), & t > T_{B1} (t > T_{B2}) \text{ ise} \\ \text{Diğer durumlarda ise } 0 \end{cases}$$

T_{B1} ve T_{B2} sırasıyla birinci ve ikinci kırılma tarihlerini ifade etmektedir. $DU1_t$ ($DT1_t$) ve $DU2_t$ ($DT2_t$) sırasıyla sabitte (eğimde) birinci ve ikinci kırılma tarihinin belirlenmesine yardımcı olan kukla değişkenleri göstermektedir. Birim kökün sınıandığı iki hipotez aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$H_0: \delta = 0$; seri yapısal kırılma olmadan birim kök içermektedir.

$H_{\text{alternatif}}: \delta \neq 0$; seri iki yapısal kırılma ile birlikte durağandır.

DF-GLS birim kök testinden farklı olarak δ katsayısının t-istatistiği tablo kritik değerlerinden küçük (mutlak değer olarak büyük) bulunarak sıfır hipotezi reddedildiğinde, serinin iki yapısal kırılma ile birlikte birim kök içermediğine karar verilmektedir.

4.3. ARDL, Sınır Testi Yaklaşımı

Engle ve Granger (EG) (1987) sadece iki değişken arasındaki eşbütünlüşme ilişkisinin varlığını incelemek için hata terimine dayalı iki aşamalı bir test geliştirmişlerdir. Johansen ve Juselius (1990) ise iz ve öz-değer istatistiğine dayalı ikiden daha fazla değişken arasındaki eşbütünlüşme ilişkilerinin incelenmesine imkan sağlayan bir test geliştirerek EG testinin bu eksik yönünü gidermişlerdir. Ancak bahsi geçen bu iki eşbütünlüşme testi yapısal kırılmaları dikkate almamaktadır. Bu nedenle Gregory ve Hansen (1996) tek kırılmaya, Hatemi-J (2008) iki kırılmaya ve Maki (2012) ise ikiden fazla yapısal kırılmaya izin veren bir eşbütünlüşme testi geliştirmiştir. Tüm bu testlerde incelenen seriler ayrı derecede durağan olmalıdır. İncelenen serilerin durağanlık düzeyleri farklılaştığında bu eşbütünlüşme testleri kullanılamamaktadır. Bu eksiklik ise Pesaran ve Shin (1998) tarafından literatüre kazandırılan ve Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL ile giderilmiştir.

ARDL, sınır testi yaklaşımında bağımlı değişkenin birinci dereceden $I(1)$ durağan olması gerekmektedir. Seriler bu yaklaşıma durağanlık düzeyleri $I(0)$ veya $I(1)$ olarak karışık bir şekilde dahil edilebilmektedir. Ancak $I(2)$ olarak tespit edilebilecek değişkenler için Pesaran vd. (2001) ve Narayan (2005)'ın tablo kritik değerleri mevcut değildir. Bu nedenle modelde yer alan bağımsız değişkenler ikinci dereceden $I(2)$ durağan olmamak koşuluyla, farklı dereceden durağanlık düzeylerine sahip olabilmektedir. Bu yaklaşımın bir diğer avantajı ise uygun gecikme uzunlukları belirlenen ARDL modeli ile otokorelasyon ve içsellik problemlerinin giderilmesidir (Nasreen vd., 2017: 1112). Ayrıca modelde kısa ve uzun dönem katsayıları eş-anlı olarak tahmin edilmektedir.

Değişkenler arasında eşbütünlüşmenin var olup olmadığının tespiti için gerçekleştirilen sınır testi ile F istatistiği elde edilerek, bu istatistik bahsi geçen iki tablo kritik değeri ile kıyaslanmaktadır. F-istatistiğinin standart olmayan dağılımı üç şarta bağlıdır (Narayan ve Narayan, 2005a: 376):

1. Modele dahil edilen değişkenlerin durağanlık düzeyleri ($I(0)$ veya $I(1)$).
2. Modele dahil edilen değişken sayısı.
3. Modelin trend veya sabit terim içerip içermediği.
4. Gözlem sayısı.

Sınır testinde, 500-1000 gözlem sayısına sahip analizler için Pesaran vd. (2001)'nin oluşturduğu, 30-80 gözlem sayısına sahip analizler için ise Narayan (2005)'in oluşturduğu tablo kritik değerleri kullanılarak eşbütünleşmenin varlığına karar verilmektedir. Değişkenlerin tamamen I(0) veya tamamen I(1) olarak varsayıldığı iki farklı sınır için asimptotik tablo kritik değerleri mevcuttur. Eğer hesaplanmış Wald veya F-istatistiği, kritik değer sınırlarının dışına çıkarsa, kesin bir çıkarım yapılabilir. Ancak hesaplanan değer iki sınırın arasında yer alırsa değişkenlerin durağanlık düzeylerini bilmeden eşbütünleşme ilişkisi hakkında kesin bir sonuca varmak mümkün değildir (Pesaran vd., 2001: 290).

Tahmin edilen F istatistiği üst sınır kritik değerinden yüksek ise eşbütünleşmenin olmadığını belirten sıfır hipotezi reddedilmektedir. Eğer tahmin edilen bu istatistiğin değeri alt sınır kritik değerinden daha düşük ise, eşbütünleşmenin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilememektedir (Narayan ve Smyth, 2006a: 115).

İki değişken arasındaki eşbütünleşme ilişkisini incelemek amacıyla kurulan, uzun dönem katsayılarına herhangi bir kısıtlama getirilmeyip analize dahil edilmesinden dolayı kısıtsız hata düzeltme modeli olarak adlandırılan ve sınır testinin Wald testi uygulanarak gerçekleştirildiği eşitlik denklem 94'te gösterilmektedir.

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \sum_{i=1}^a \beta_{2i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^b \beta_{3i} \Delta X_{t-i} + \delta_1 Y_{t-1} + \delta_2 X_{t-1} + u_t \quad (94)$$

Sınır testi beş farklı durum ile gerçekleştirilebilmektedir (Pesaran vd., 2001: 295-296):

- Durum I: Sabitsiz ve trendsiz model.
- Durum II: Kısıtlı sabitli ve trendsiz model.
- Durum III: Kısıtsız sabitli ve trendsiz model.
- Durum IV: Kısıtsız sabitli ve kısıtlı trendli model.
- Durum V: Kısıtsız sabitli ve kısıtsız trendli model.

Kısıt koyulmayan terim Wald testine dahil edilmemekte, diğer bir deyişle hipotez test edilirken Wald testinden çıkarılmaktadır. Beş durum için de denklem 94 temel alınarak değişkenler arasında eşbütünleşmenin olmadığını belirten sıfır hipotezi ve değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu belirten alternatif hipotez aşağıda sunulmuştur.

- Durum I için
H₀: $\delta_1 = \delta_2 = 0$, H_{alternatif}: $\delta_1 \neq \delta_2 \neq 0$
- Durum II için

$H_0: \beta_0 = \delta_1 = \delta_2 = 0$, $H_{\text{alternatif}}: \beta_0 \neq \delta_1 \neq \delta_2 \neq 0$

- Durum III için

$H_0: \delta_1 = \delta_2 = 0$, $H_{\text{alternatif}}: \delta_1 \neq \delta_2 \neq 0$

- Durum IV için

$H_0: \beta_1 = \delta_1 = \delta_2 = 0$, $H_{\text{alternatif}}: \beta_1 \neq \delta_1 \neq \delta_2 \neq 0$

- Durum V için

$H_0: \delta_1 = \delta_2 = 0$, $H_{\text{alternatif}}: \delta_1 \neq \delta_2 \neq 0$

Durum I, III ve V'te hipotezler aynı görünse de kurulan modellerde durum I'de sabit ve durum III'de trend bulunmamaktadır. Durum V'de ise her iki terim de mevcuttur. Durum III ve V'te sırasıyla sabit ve trend kısıtlanmazken, durum II ve IV kısıtlamaları tamamen içermektedir (Pesaran vd., 2001: 296).

ARDL modelinde kısıtsız hata düzeltme modeli kullanıldığından dolayı az gözlem içeren analizlerde de güvenilir ve daha iyi istatistiksel sonuçlar verebilmektedir (Narayan ve Narayan, 2005b: 429). ARDL yaklaşımında değişkenlere ait optimal gecikme uzunluklarının belirlenebilmesi için $(p+1)^k$ sayıda regresyon tahmini gerçekleştirilmektedir. Bu tahminde yer alan p maksimum gecikme uzunluğunu, k ise denklemdaki değişken sayısını ifade etmektedir (Jalil ve Mahmud, 2009: 5169).

ARDL, sınır testi yaklaşımı üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olup olmadığı test edilmektedir. İlk aşamaya bağlı olarak ikinci ve üçüncü aşamada sırasıyla uzun ve kısa dönem katsayıları tahmin edilmektedir (Narayan ve Smyth, 2006b: 337). Bu çalışmada kullanılan üç ayrı model için gerçekleştirilen sınır testi denklemler 95, 96 ve 97'de gösterilmektedir.

Lineer modelde eşbütünleşme testi için kurulan eşitlik;

$$\begin{aligned} \Delta \ln CO_{2t} = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^c \alpha_{1i} \Delta \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^d \alpha_{2i} \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{i=0}^e \alpha_{3i} \Delta \ln FD_{t-i} + \sum_{i=0}^f \alpha_{4i} \Delta \ln URB_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^g \alpha_{5i} \Delta \ln IND_{t-i} + \sum_{i=0}^h \alpha_{6i} \Delta \ln PEC_{t-i} + \partial_1 \ln CO_{2t-1} + \partial_2 \ln Y_{t-1} + \partial_3 \ln FD_{t-1} + \partial_4 \ln URB_{t-1} \\ & + \partial_5 \ln IND_{t-1} + \partial_6 \ln PEC_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (95)$$

Kuadratik ÇK-eğrisi modelinde eşbütünleşme testi için kurulan eşitlik;

$$\begin{aligned}
\Delta \ln \text{CO}_{2t} = & \beta_0 + \sum_{i=1}^j \beta_{1i} \Delta \ln \text{CO}_{2t-i} + \sum_{i=0}^k \beta_{2i} \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{i=0}^l \beta_{3i} \Delta \ln (Y_{t-i})^2 + \sum_{i=0}^m \beta_{4i} \Delta \ln \text{FD}_{t-i} \\
& + \sum_{i=0}^n \beta_{5i} \Delta \ln \text{URB}_{t-i} + \sum_{i=0}^o \beta_{6i} \Delta \ln \text{IND}_{t-i} + \sum_{i=0}^p \beta_{7i} \Delta \ln \text{PEC}_{t-i} + \mu_1 \ln \text{CO}_{2t-1} + \mu_2 \ln Y_{t-1} + \mu_3 \ln (Y_{t-1})^2 \\
& + \mu_4 \ln \text{FD}_{t-1} + \mu_5 \ln \text{URB}_{t-1} + \mu_6 \ln \text{IND}_{t-1} + \mu_7 \ln \text{PEC}_{t-1} + \varepsilon_t
\end{aligned} \tag{96}$$

Kübik N şeklinde bir ilişkide eşbütünleşme testi için kurulan eşitlik;

$$\begin{aligned}
\Delta \ln \text{CO}_{2t} = & \delta_0 + \sum_{i=1}^r \delta_{1i} \Delta \ln \text{CO}_{2t-i} + \sum_{i=0}^s \delta_{2i} \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{i=0}^t \delta_{3i} \Delta \ln (Y_{t-i})^2 + \sum_{i=0}^u \delta_{4i} \Delta \ln (Y_{t-i})^3 \\
& + \sum_{i=0}^q \delta_{5i} \Delta \ln \text{FD}_{t-i} + \sum_{i=0}^v \delta_{6i} \Delta \ln \text{URB}_{t-i} + \sum_{i=0}^w \delta_{7i} \Delta \ln \text{IND}_{t-i} + \sum_{i=0}^z \delta_{8i} \Delta \ln \text{PEC}_{t-i} + \vartheta_1 \ln \text{CO}_{2t-1} \\
& + \vartheta_2 \ln Y_{t-1} + \vartheta_3 \ln (Y_{t-1})^2 + \vartheta_4 \ln (Y_{t-1})^3 + \vartheta_5 \ln \text{FD}_{t-1} + \vartheta_6 \ln \text{URB}_{t-1} + \vartheta_7 \ln \text{IND}_{t-1} + \vartheta_8 \ln \text{PEC}_{t-1} + \varepsilon_t
\end{aligned} \tag{97}$$

Kübik model temel alınacak olursa, denklemde Δ fark operatörünü, δ_0 sabit terimi, ε_t beyaz gürültülü, normal dağılıma sahip hata terimini, $\delta_{1,2,3,4,5,6,7,8}$ ve $\vartheta_{1,2,3,4,5,6,7,8}$ katsayıları göstermektedir. Farkı alınmış serilerin optimal gecikme uzunlukları r, s, t, u, q, v, w ve z Akaike, Hannan-Quin ve Schwarz-Bayesian (SBC) bilgi kriterlerinden herhangi biri ile birbirinden farklı olarak belirlenebilmektedir.

Lineer ve kuadratik model için sınır testinde kısıtlı sabitli ve trendsiz olan durum II ve kübik modeller için ise kısıtsız sabitli ve trendsiz olan durum III temel alınmıştır. Modeller için sırasıyla sınanan hipotezler aşağıda yer almaktadır.

Lineer model için;

$$H_0: \alpha_0 = \partial_1 = \partial_2 = \partial_3 = \partial_4 = \partial_5 = \partial_6 = 0$$

$$H_{\text{alternatif}}: \alpha_0 \neq \partial_1 \neq \partial_2 \neq \partial_3 \neq \partial_4 \neq \partial_5 \neq \partial_6 \neq 0$$

Kuadratik model için;

$$H_0: \beta_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = 0$$

$$H_{\text{alternatif}}: \beta_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq 0$$

Kübik model için;

$$H_0: \vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_3 = \vartheta_4 = \vartheta_5 = \vartheta_6 = \vartheta_7 = \vartheta_8 = 0$$

$$H_{\text{alternatif}}: \vartheta_1 \neq \vartheta_2 \neq \vartheta_3 \neq \vartheta_4 \neq \vartheta_5 \neq \vartheta_6 \neq \vartheta_7 \neq \vartheta_8 \neq 0$$

Çalışmada gerçekleştirilen bu üç ayrı model, birincil enerji tüketimi haricinde diğer enerji tüketimi göstergeleri için de ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Yer tasarrufu açısından sadece birincil enerji tüketimi örneği üzerinden gidilmiştir.

Değişkenler arasında sınır testi aracılığı ile uzun dönemli bir ilişki belirlendiği takdirde ARDL, sınır testi yaklaşımının ikinci aşamasında uzun dönem katsayıları OLS yöntemi ile tahmin edilmektedir. Bu ikinci aşama ÇK-eğrisi hipotezinin geçerliliğinin testinde oldukça önemlidir. Çünkü ÇK-eğrisi uzun dönemli bir olgudur. Denklem 98, 99 ve 100'de her üç model için de uzun dönem katsayılarının tahmini için kurulan eşitlikler gösterilmektedir.

Lineer modelde uzun dönem katsayılarının tahmini için kurulan eşitlik;

$$\begin{aligned} \ln CO_{2t} = & \sigma_0 + \sum_{i=1}^a \sigma_{1i} \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^b \sigma_{2i} \ln Y_{t-i} + \sum_{i=0}^c \sigma_{3i} \ln FD_{t-i} + \sum_{i=0}^d \sigma_{4i} \ln URB_{t-i} + \sum_{i=0}^e \sigma_{5i} \ln IND_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^f \sigma_{6i} \ln PEC_{t-i} + z_t \end{aligned} \quad (98)$$

Kuadratik ÇK-eğrisi modelinde uzun dönem katsayılarının tahmini için kurulan eşitlik;

$$\begin{aligned} \ln CO_{2t} = & \varphi_0 + \sum_{i=1}^g \varphi_{1i} \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^h \varphi_{2i} \ln Y_{t-i} + \sum_{i=0}^i \varphi_{3i} \ln(Y_{t-i})^2 + \sum_{i=0}^j \varphi_{4i} \ln FD_{t-i} + \sum_{i=0}^k \varphi_{5i} \ln URB_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^l \varphi_{6i} \ln IND_{t-i} + \sum_{i=0}^m \varphi_{7i} \ln PEC_{t-i} + w_t \end{aligned} \quad (99)$$

Kübik N şeklinde bir ilişkide uzun dönem katsayılarının tahmini için kurulan eşitlik;

$$\begin{aligned} \ln CO_{2t} = & \varphi_0 + \sum_{i=1}^n \varphi_{1i} \ln CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^o \varphi_{2i} \ln Y_{t-i} + \sum_{i=0}^p \varphi_{3i} \ln(Y_{t-i})^2 + \sum_{i=0}^r \varphi_{4i} \ln(Y_{t-i})^3 + \sum_{i=0}^s \varphi_{5i} \ln FD_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^t \varphi_{6i} \ln URB_{t-i} + \sum_{i=0}^u \varphi_{7i} \ln IND_{t-i} + \sum_{i=0}^y \varphi_{8i} \ln PEC_{t-i} + v_t \end{aligned} \quad (100)$$

Kübik model temel alındığında, denklemde φ_0 sabit terimi, v_t beyaz gürültülü hata terimini, $\varphi_{1,2,3,4,5,6,7,8}$ uzun dönem katsayıları göstermektedir. Uzun dönem katsayıları tahmin edildikten sonra

son aşamada, elde edilen hata teriminin bir gecikmesi kullanılarak ARDL yaklaşımına dayalı ECM ile kısa dönem katsayıları ve hata düzeltme terimi elde edilmektedir. Denklem 101, 102 ve 103'te her üç modelde kısa dönem katsayılarının tahmini için kurulan ARDL yaklaşımına dayalı hata düzeltme modelleri gösterilmektedir.

Lineer modelde kısa dönem katsayılarının tahmini için kurulan hata düzeltme modeli;

$$\begin{aligned} \ln\Delta CO_{2t} = & \rho_0 + \sum_{i=1}^a \rho_{1i} \ln\Delta CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^c \rho_{2i} \ln\Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^e \rho_{3i} \ln\Delta FD_{t-i} + \sum_{i=0}^g \rho_{4i} \ln\Delta URB_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^h \rho_{5i} \ln\Delta IND_{t-i} + \sum_{i=0}^j \rho_{6i} \ln\Delta PEC_{t-i} + \beta ECT_{t-1} + z_t \end{aligned} \quad (101)$$

Kuadratik ÇK-eğrisi modelinde kısa dönem katsayılarının tahmini için kurulan hata düzeltme modeli;

$$\begin{aligned} \ln\Delta CO_{2t} = & \nu_0 + \sum_{i=1}^b \nu_{1i} \ln\Delta CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^d \nu_{2i} \ln\Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^f \nu_{3i} \ln(\Delta Y_{t-i})^2 + \sum_{i=0}^l \nu_{4i} \ln\Delta FD_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^k \nu_{5i} \ln\Delta URB_{t-i} + \sum_{i=0}^m \nu_{6i} \ln\Delta IND_{t-i} + \sum_{i=0}^o \nu_{7i} \ln\Delta PEC_{t-i} + \alpha ECT_{t-1} + w_t \end{aligned} \quad (102)$$

Kübik N şeklinde bir ilişkide kısa dönem katsayılarının tahmini için kurulan hata düzeltme modeli;

$$\begin{aligned} \ln\Delta CO_{2t} = & \tau_0 + \sum_{i=1}^l \tau_{1i} \ln\Delta CO_{2t-i} + \sum_{i=0}^n \tau_{2i} \ln\Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^p \tau_{3i} \ln(\Delta Y_{t-i})^2 + \sum_{i=0}^r \tau_{4i} \ln(\Delta Y_{t-i})^3 \\ & + \sum_{i=0}^t \tau_{5i} \ln\Delta FD_{t-i} + \sum_{i=0}^u \tau_{6i} \ln\Delta URB_{t-i} + \sum_{i=0}^w \tau_{7i} \ln\Delta IND_{t-i} + \sum_{i=0}^z \tau_{8i} \ln\Delta PEC_{t-i} + \omega ECT_{t-1} + v_t \end{aligned} \quad (103)$$

Kübik modelden devam edilecek olursa, denklemde Δ fark operatörünü τ_0 sabit terimi, v_t beyaz gürültülü hata terimini ve $\tau_{1,2,3,4,5,6,7,8}$ kısa dönem katsayılarını göstermektedir. ω , 0 ile -1 arasında bir değer alması ve istatistiksel olarak anlamlı bulunması beklenen hata düzeltme teriminin katsayısını ifade etmektedir. Bu katsayı -1'e yaklaştığında kısa dönemdeki sapmalar uzun dönem denge değerine daha kısa sürede, 0'a yaklaştığında ise bu denge düzeyine daha uzun bir sürede gelecek demektir. Bu katsayının -2'ye doğru bir değer alması ise kısa dönemdeki sapmaların uzun dönem denge değerinden uzaklaşacağını bir göstergesidir.

Son olarak ARDL modelinin uyumu için diagnostik ve kararlılık testleri gerçekleştirilmektedir. Diagnostik testler otokolerasyon, değişen varyans, normal dağılmama sorunları ve yapısal formun uygun bir şekilde oluşturulmasının test edilmesi için uygulanmaktadır. Kararlılık testleri ise sırasıyla birikimli hata terimleri ve bu hata terimlerinin karelerine uygulanan CUSUM ve CUSUMSQ testleridir. Her iki test de Brown vd. (1975) tarafından katsayıların istikrarlı olup olmadığının tespiti için geliştirilmiştir. CUSUM ve CUSUMSQ testlerinde sıfır hipotezi, modeldeki bütün katsayıların istikrarlı olduğunu ifade etmektedir.

4.4. Ampirik Bulgular ve Değerlendirme

4.4.1. DF-GLS ve LP Birim Kök Testlerinin Sonuçları

İlk olarak analize dahil edilen değişkenlerin I(2) olmadığını tespiti için DF-GLS birim kök testi gerçekleştirilmiştir. Tablo 23'te bu testten elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. DF-GLS birim kök testi sonucunda TEC ve FEC serilerinin seviye değerlerinde, geriye kalan 12 serinin ise birinci farkında durağan oldukları belirlenmiştir.

Tablo 23: DF-GLS Birim Kök Testinin Sonuçları

Değişken	Seviyesinde I(0)		Birinci Farkında I(1)	
	Sabitli	Sabitli+Trendli	Sabitli	Sabitli+Trendli
lnCO ₂	0,9817(0)	-2,7685(0)	-4,9639(0) ^{***}	-6,0100(0) ^{***}
lnY (lnY ² , lnY ³)	1,3230(0)	-2,8383(0)	-6,2102(0) ^{***}	-6,4557(0) ^{***}
lnFD	1,0445(0)	-0,5654(0)	-4,4016(0) ^{***}	-4,9220(0) ^{***}
lnURB	-0,3090(2)	-2,3968(1)	-2,0425(1) ^{**}	-2,5079(1)
lnIND	1,3336(0)	-1,4158(0)	-6,5565(0) ^{***}	-5,8531(1) ^{***}
lnPEC	0,8218(0)	-2,4092(0)	-5,7266(0) ^{***}	-6,4122(0) ^{***}
lnTEC	0,3856(0)	-3,6478(0) ^{**}	-	-
lnFEC	0,4586(0)	-3,4175(0) ^{**}	-	-
lnCC	0,0900(0)	-2,0091(0)	-5,8813(0) ^{***}	-5,7062(0) ^{***}
lnHEC	-0,5095(0)	-2,2447(0)	-6,3272(0) ^{***}	-7,2904(0) ^{***}
lnOC	-0,6649(0)	-1,9507(0)	-1,7791(2) [*]	-6,0287(0) ^{***}
lnELC	0,4429(1)	-1,3216(0)	-3,6647(0) ^{***}	-4,7407(0) ^{***}
lnREC	-0,8726(5)	-1,4243(0)	0,0113(4)	-5,8093(0) ^{***}
lnAEC	0,0035(0)	-2,8881(0)	-6,6156(0) ^{***}	-7,1158(0) ^{***}

Not: () parantez içi değerler SBC bilgi kriteri ile belirlenen uygun gecikme uzunluğunu ifade etmektedir.

Tablo kritik değerleri sabitli model için: %1: -2,6211, %5: -1,9488, %10: -1,6119. Sabitli ve trendli model için: %1: -3,7700, %5: -3,1900, %10: -2,8900.

Tablo 24: Lumsdaine-Papell Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Model AA	m*	Model CC	m*
lnCO ₂	-5,1849 [1978;2000]	0	-5,2237 [1984;2000]	0
lnY (lnY ² , lnY ³)	-4,9495 [1978;1998]	0	-4,9279 [1978;1998]	0
lnFD	-2,7557 [1997;2004]	0	-5,3152 [1995;2001]	0
lnURB	15,6855*** [1984;2002]	1	-12,8499*** [1980;2007]	1
lnIND	-5,7868 [1978;1985]	0	-6,5730* [1985;1999]	0
lnPEC	-4,3431 [1986;1998]	0	-5,1968 [1978;1998]	0
lnTEC	-5,8993* [1978;1998]	0	-6,0398 [1978;1998]	0
lnFEC	-5,8875 [1978;1986]	0	-5,7778 [1978;1986]	0
lnCC	-4,4830 [1983;2005]	0	-4,8621 [1983;2000]	0
lnHEC	-4,5011 [1998;2006]	0	-4,9616 [1978;1998]	0
lnOC	-4,8561 [1985;1992]	0	-6,6112* [1978;1986]	0
lnELC	-3,6476 [2000;2007]	0	-4,1199 [1978;2000]	0
lnREC	-4,0492 [1989;1999]	0	-5,2217 [1982;1996]	0
lnAEC	-4,1956 [1998;2004]	0	-4,8647 [1978;1998]	0
ΔlnCO ₂	-6,8738*** [1981;2002]	0	-7,3418*** [1980;1987]	0
ΔlnY (ΔlnY ² , ΔlnY ³)	-7,0404*** [1982;2002]	0	-7,2043*** [1998;2006]	0
ΔlnFD	-6,6997*** [1997;2003]	0	-6,9240*** [1997;2006]	0
ΔlnURB	-	-	-	-
ΔlnIND	-8,0099*** [1989;1999]	0	-7,9240*** [1989;1999]	0
ΔlnPEC	-7,7224*** [1984;2001]	0	-7,8802*** [1980;1988]	0
ΔlnTEC	-8,4382*** [1985;2001]	0	-8,3912*** [1981;2002]	0
ΔlnFEC	-7,7755*** [1985;2001]	0	-8,2249*** [1981;2002]	0
ΔlnCC	-6,9749*** [1981;2002]	0	-6,8356** [2000;2007]	0
ΔlnHEC	-8,0675*** [1986;2001]	0	-8,3142** [1982;1988]	0
ΔlnOC	-6,9308*** [1985;2003]	0	-7,9169*** [1981;1996]	0
ΔlnELC	-5,4999 [1985;2003]	0	-5,6132 [1981;1996]	0
ΔlnREC	-7,3138*** [1992;2006]	1	-8,9137*** [1989;1999]	1
ΔlnAEC	-7,5765*** [1986;2001]	0	-8,2103*** [1982;1988]	0

Not: m= maksimum 9 gecikmeye izin verilerek SBC ile belirlenmiş optimal gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Tablo kritik değerleri sırasıyla Model AA için %1: -6,7400, %5: -6,1600, %10: -5,8900 ve Model CC için %1: -7,1900, %5: -6,7500, %10: -6,4800. [] köşeli parantez içerisindeki değerler sırasıyla serilerdeki birinci ve ikinci yapısal kırılma tarihlerini göstermektedir. Model CC içerisinde yer alan trendler istatistiksel olarak anlamlıdır.

Bu bulguların güvenilirliğinden emin olmak adına iki yapısal kırılmayı modele dahil eden LP birim kök testi de gerçekleştirilmiştir. Her iki birim kök testinde de uygun gecikme uzunluğunun seçiminde izin verilen maksimum gecikme uzunluğu $l_{12} = \text{int}\{12(T/100)^{1/4}\}$ formülü ile $k_{\max} = 12 \times (44/100)^{0.25} = 9$ olarak hesaplanmıştır (Schwert, 1989: 151). Tablo 24'te LP birim kök testinin sonuçları gösterilmektedir. LP birim kök testinin sonuçlarına göre kentleşme değişkeni seviyesinde, ELC hariç diğer bütün seriler birinci farkında durağan olarak belirlenmiştir.

ELC değişkenin I(0) ve I(1) olarak tespit edilemeyişi ARDL, sınır testi yaklaşımının kullanılmasını engellemiştir. Ancak bu değişken DF-GLS birim kök testinde birinci farkında durağan olarak belirlenmiştir. ELC serisinin grafiği incelendiğinde herhangi bir yapısal değişim olmadığına karar verilmiş ve bu seri için DF-GLS testinin sonuçlarına göre hareket edilmiştir.

ELC serisinde sorun olması dahilinde de sadece 4 model geçersiz olacaktır. Geriye kalan modelleri bu seri etkilememektedir. Her iki birim kök testi de 1971-2014 dönem aralığındaki yeni veri seti için de gerçekleştirilmiş ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç itibarıyla 13 serinin I(0) veya (1) olduğu, ayrıca modellerde bağımlı değişken olarak yer alacak olan CO₂ serisinin de I(1) olarak belirlenmesi üzerine ARDL, sınır testi yaklaşımı uygulanmıştır.

4.4.2. ARDL, Sınır Testi Yaklaşımının Sonuçları

4.4.2.1. ARDL Modelleri

4.4.2.1.1. Lineer ARDL Modelleri

Çalışmada ilk olarak lineer eşitlikler için kurulan ARDL modelleri Tablo 25 ve 26'da gösterilmektedir.

Tablo 25'te model 1-5 için kurulan ARDL modelleri belirtilmektedir. Lineer olarak kurulan birincil, toplam ve fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimini içeren 1, 2 ve 3. modellerde hata terimleri normal dağılmaktadır. Otokolerasyon, değişen varyans ve spesifikasyon sorunları da bulunmamaktadır.

Kömür ve hidro enerji tüketimini içeren model 4 ve 5'te spesifikasyon sorunu vardır. Modeller doğru olarak kurulmadığından ötürü kısa ve uzun dönem katsayıları ile bu katsayıların istikrarlılığının sınındığı CUSUM ve CUSUMSQ testleri tahmin edilmemiştir.

Tablo 25: ARDL Modelleri (1-5)

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
lnCO2 _{t-1}	0,0198	0,2856**	0,0072	0,1098	0,1201
lnY	0,3542**	0,2827*	0,0903	0,7068***	0,7446***
lnFD	0,0594***	0,0478***	0,0653**	0,0252	0,0459**
lnFD _{t-1}	-	-	-0,0421	-	-
lnFD _{t-2}	-	-	0,0644**	-	-
lnURB	0,2384*	0,3353***	0,2681***	0,1368	0,3254**
lnIND	0,1625***	0,1539**	0,2424***	0,0537	0,1075
lnIND _{t-1}	-	-	-	0,1429*	0,1597*
lnPEC	0,3913***	-	-	-	-
lnTEC	-	0,5228***	-	-	-
lnTEC _{t-1}	-	-0,2162	-	-	-
lnFEC	-	-	0,6901***	-	-
lnCC	-	-	-	0,1371**	-
lnHEC	-	-	-	-	-0,0137
C	-4,7059**	-5,1372***	-4,8333***	-6,7792***	-8,0314***
Diagnostik Testler	ARCH	BPG/White	Ramsey	LM	JB
Model 1	0,0298 (0,8638)	0,6275 (0,7070) 0,5458 (0,7697)	1,8179 (0,1865)	0,2348 (0,6310)	1,7840 (0,4098)
Model 2	0,1474 (0,7031)	0,8519 (0,5533) 0,9035 (0,5152)	1,0883 (0,3044)	0,0394 (0,8438)	1,2865 (0,5255)
Model 3	0,2117 (0,6480)	0,7164 (0,6754) 0,7728 (0,6291)	2,1284 (0,1546)	0,0031 (0,9559)	1,7697 (0,4127)
Model 4	0,1608 (0,6906)	0,6411 (0,7188) 0,7897 (0,6008)	5,3055 (0,0277)	0,0064 (0,9362)	3,9824 (0,1365)
Model 5	0,2526 (0,6180)	0,4292 (0,8770) 0,6787 (0,6888)	8,1640 (0,0073)	0,0001 (0,9916)	1,9757 (0,3723)

Tablo 26’da model 6-9 için kurulan ARDL modelleri gösterilmektedir. Lineer olarak kurulan petrol ve elektrik enerjisi tüketimini içeren 6. ve 7. modellerde hata terimleri normal dağılmaktadır. Otokolerasyon, değişen varyans ve spesifikasyon sorunları da bulunmamaktadır. Ancak yenilenebilir ve alternatif enerji tüketimini içeren model 8 ve 9’da spesifikasyon sorunu vardır. Modeller doğru olarak kurulmadığından ötürü kısa ve uzun dönem katsayıları ile bu katsayıların istikrarlılığının sınındığı CUSUM ve CUSUMSQ testleri tahmin edilmemiştir.

Tablo 26: ARDL Modelleri (6-9)

Değişkenler	Model 6	Model 7	Model 8	Model 9	
lnCO _{2,t-1}	0,0544	0,2494**	0,0998	0,1230	
lnY	0,6164***	0,3745**	0,8010***	0,7402***	
lnFD	0,0567***	0,0677***	0,0483**	0,0472**	
lnURB	0,4814***	0,1789	0,3974***	0,3375**	
lnIND	0,0890	0,0486	0,0336	0,1039	
lnIND _{t-1}	-	0,1618*	0,1533**	0,1562*	
lnOC	0,1894***	-	-	-	
lnELC	-	0,5269**	-	-	
lnELC _{t-1}	-	-0,4056**	-	-	
lnREC	-	-	0,1006	-	
lnAEC	-	-	-	-0,0149	
C	-7,5970***	-5,0559***	-9,0467***	-7,9901***	
Diagnostik Testler	ARCH	BPG/White	Ramsey	LM	JB
Model 6	0,0258 (0,8730)	0,9383 (0,4803) 1,1125 (0,3750)	0,1322 (0,7184)	0,0293 (0,8649)	0,5071 (0,7760)
Model 7	0,0354 (0,8515)	0,2969 (0,9619) 0,2920 (0,9637)	0,8127 (0,3740)	0,4311 (0,5161)	1,0314 (0,5970)
Model 8	0,1313 (0,7190)	0,9498 (0,4823) 1,0384 (0,4233)	4,0474 (0,0525)	0,0048 (0,9452)	0,5470 (0,7606)
Model 9	0,2178 (0,6433)	0,4375 (0,8716) 0,5957 (0,7548)	7,6677 (0,0092)	0,0009 (0,9762)	1,9133 (0,3841)

4.4.2.1.2. Kuadratik ARDL Modelleri

Kuadratik eşitlikler için kurulan ARDL modelleri tablo 27, 28, 29 ve 30'da gösterilmektedir.

Tablo 27'de model 10-14 için kurulan ARDL modelleri belirtilmektedir. Kuadratik olarak kurulan ÇK-eğrisi hipotezinin sınırdığı beş modelde de hata terimleri normal dağılmaktadır. Otokolerasyon, değişen varyans ve spesifikasyon sorunları da bulunmamaktadır. Birincil, toplam, fosil yakıt kaynaklı, kömür ve hidro enerjiyi içeren beş model 1971-2014 dönemi için yeni veriler ile de tahmin edilmiştir. Tablo 28'de yeni veri seti ile model 10-14 için kurulan ARDL modelleri gösterilmektedir.

Tablo 27: ARDL Modelleri 1971-2013 (10-14)

Değişkenler	Model 10	Model 11	Model 12	Model 13	Model 14
lnCO _{2,t-1}	0,0062	0,0778	-0,0242	0,0798	0,0850
lnY	4,5264*	4,5243*	3,3246*	6,6433***	8,5835***
lnY ²	-0,2285*	-0,2337*	-0,1777*	-0,3340***	-0,4391***
lnFD	0,0776***	0,0718***	0,0762***	0,0509**	0,0805***
lnFD _{t-1}	-	-	-0,0412	-	-
lnFD _{t-2}	-	-	0,0697***	-	-
lnURB	0,2382*	0,3459***	0,2579***	0,1245	0,3201***
lnIND	0,1200*	0,1362**	0,2015***	0,0663	0,1417**
lnPEC	0,3016**	-	-	-	-
lnTEC	-	0,4327***	-	-	-
lnFEC	-	-	0,6420***	-	-
lnCC	-	-	-	0,1469**	-
lnHEC	-	-	-	-	-0,0344**
C	-23,4090**	-24,7456**	-19,1606**	-32,7001***	-42,5788***
Diagnostik Testler	ARCH	BPG/White	Ramsey	LM	JB
Model 10	0,0630 (0,8030)	0,3681 (0,9144) 0,3986 (0,8964)	0,0098 (0,9922)	0,0171 (0,8965)	0,5020 (0,7780)
Model 11	0,0107 (0,9179)	0,6186 (0,7367) 0,6206 (0,7351)	1,1885 (0,2835)	0,0966 (0,7579)	0,0964 (0,9529)
Model 12	0,2415 (0,6259)	0,6201 (0,7706) 0,6604 (0,7372)	0,0355 (0,8518)	0,8625 (0,4326)	1,4710 (0,4792)
Model 13	0,3338 (0,5667)	0,4353 (0,8730) 0,4883 (0,8363)	0,0147 (0,9042)	0,7441 (0,3946)	2,4811 (0,2892)
Model 14	0,3438 (0,5610)	0,5510 (0,7895) 0,6552 (0,7075)	0,0004 (0,9827)	1,9215 (0,1750)	0,7366 (0,6918)

Kuadratik olarak kurulan ÇK-eğrisi hipotezinin sınındığı model 10, 11, 12 ve 13'te hata terimleri normal dağılmaktadır. Otokolerasyon, değişen varyans ve spesifikasyon sorunları da bulunmamaktadır. Ancak yeni veri setinde model 14'ün kuadratik olarak doğru formda kurulmadığı görülmektedir. Model 14 doğru olarak kurulmadığından ötürü kısa ve uzun dönem katsayıları ile bu katsayıların istikrarlılığının sınındığı CUSUM ve CUSUMSQ testleri tahmin edilmemiştir. Yeni veri seti ile lineer ve kübik modeller de test edilmiş ve eski veri seti ile benzer bulgular elde edilmiştir. Model 14 için çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasında lineer ve N şeklinde bir ilişki de söz konusu değildir.

Tablo 28: ARDL Modelleri 1971-2014 (10-14)

Değişkenler	Model 10	Model 11	Model 12	Model 13	Model 14
lnCO _{2,t-1}	0,2977**	0,2526*	-0,0552	0,0088	0,0583
lnY	4,3011	4,8142**	4,1464**	10,0065***	10,9912***
lnY ²	-0,2253	-0,2525**	-0,2267**	-0,5220***	-0,5719***
lnFD	0,0650**	0,0526**	0,0452	0,0214	0,0671**
lnFD _{t-1}	-	-	-0,0135	-	-
lnFD _{t-2}	-	-	0,0614***	-	-
lnURB	0,2445	0,3339***	0,2895***	0,1507	0,3334**
lnIND	0,1567	0,0731	0,1688***	0,0197	0,0762
lnPEC	0,6201**	-	-	-	-
lnPEC _{t-1}	-0,4999**	-	-	-	-
lnTEC	-	0,5274***	-	-	-
lnTEC _{t-1}	-	-0,2367*	-	-	-
lnFEC	-	-	0,7144***	-	-
lnCC	-	-	-	0,0790***	-
lnHEC	-	-	-	-	-0,0092*
C	-21,9388	-25,7631**	-24,5009***	-47,6356***	-53,2899***
Diagnostik Testler	ARCH	BPG/White	Ramsey	LM	JB
Model 10	0,5138 (0,4777)	0,5022 (0,8460) 0,4694 (0,8750)	2,4644 (0,1260)	0,8324 (0,3682)	0,4125 (0,8136)
Model 11	0,5123 (0,4783)	0,5521 (0,8087) 0,6384 (0,7399)	0,7387 (0,3963)	0,0572 (0,8124)	0,0726 (0,9643)
Model 12	0,2960 (0,5895)	0,5225 (0,8472) 0,5302 (0,8415)	0,2171 (0,6445)	1,1375 (0,3340)	1,3105 (0,5192)
Model 13	0,4884 (0,4887)	0,8059 (0,5881) 0,7825 (0,6063)	0,0375 (0,8476)	0,4736 (0,4960)	2,6306 (0,2683)
Model 14	1,3800 (0,2470)	0,2150 (0,9795) 0,2601 (0,9652)	3,2455 (0,0805)	0,1880 (0,6673)	1,2646 (0,5313)

Benzer şekilde petrol tüketimi, elektrik tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve alternatif enerji tüketiminin yer aldığı sırasıyla model 15, 16, 17 ve 18 için de hem eski hem de yeni veri seti ile ÇK-eğrisi hipotezi sınanmış ve sonuçları Tablo 29 ile 30'da gösterilmiştir. Tablo 29'da model 15, 16 ve 17'de gerçekleştirilen diagnostik testlerden Breusch-Godfrey (BG)-LM otokolerasyon, Breusch-Pagan-Godfrey (BPG), White ve otoregresif koşullu değişen varyans (ARCH) testleri ise değişen varyans sorununun olmadığını, Jarque-Bera (JB) testi modellerin hata terimlerinin normal dağıldığını göstermektedir. Ramsey-Reset testinin sonuçları da modelin uygun yapısal formda kurulduğunu belirtmektedir.

Tablo 29: ARDL Modelleri 1971-2013 (15-18)

Değişkenler	Model 15	Model 16	Model 17	Model 18	
lnCO _{2,t-1}	0,0540	0,0154	0,0853	0,0457	
lnY	1,7063	6,2031**	7,6207**	9,5022***	
lnY ²	-0,0604	-0,3093**	-0,3898**	-0,4897***	
lnFD	0,0609***	0,0877***	0,0788***	0,0901***	
lnURB	0,4610***	0,1704	0,2839*	0,3299***	
lnIND	0,0872	0,0535	0,1335*	0,1037	
lnIND _{t-1}	-	0,1591*	-	-	
lnOC	0,1677*	-	-	-	
lnELC	-	0,0744	-	-	
lnREC	-	-	0,0553	-	
lnAEC	-	-	-	-0,0699***	
lnAEC _{t-1}	-	-	-	0,0449*	
C	-12,3515	-31,8376***	-37,5233***	-32,7001***	
Diagnostik Testler	ARCH	BPG/White	Ramsey	LM	JB
Model 15	0,0357 (0,8510)	0,7342 (0,6445) 0,8738 (0,5369)	0,0382 (0,8461)	0,0002 (0,9964)	0,4905 (0,7825)
Model 16	0,1132 (0,7383)	0,5192 (0,8333) 0,7145 (0,6770)	0,0455 (0,8324)	0,1646 (0,6876)	0,3930 (0,8215)
Model 17	0,0335 (0,8556)	0,8139 (0,5821) 0,7924 (0,5987)	0,0002 (0,9876)	1,4475 (0,2375)	1,1338 (0,5672)
Model 18	0,2065 (0,6520)	1,7594 (0,1214) 0,4883 (0,0993)	0,0338 (0,8552)	0,9662 (0,3330)	0,2506 (0,8822)

Model 18'de White testi değişen varyans sorunun olabileceğini göstermektedir. Ancak bu modelde BGP testi ile değişen varyans sorununun olmadığı ve ARCH etkisinin de bulunmadığı belirlenmiştir. Sonuç olarak model 18'de diğer 3 modelde olduğu gibi değişen varyans sorununun olmadığına karar verilmiş ve bu nedenle kısa ve uzun dönem katsayıları tahmin edilmiştir.

Tablo 30: ARDL Modelleri 1971-2014 (15-18)

Değişkenler	Model 15	Model 16	Model 17	Model 18	
lnCO _{2,t-1}	0,0578	0,2952**	0,0758	0,0773	
lnY	8,6152***	4,4299	11,8249***	11,5183***	
lnY ²	-0,4448**	-0,2321	-0,6279***	-0,6008***	
lnFD	0,0656**	0,0642**	0,0775***	0,0699***	
lnURB	0,4046**	0,2458	0,2057	0,3605***	
lnIND	0,0221	0,0545	0,1225	0,0911	
lnOC	0,0529	-	-	-	
lnELC	-	0,6120**	-	-	
lnELC _{t-1}	-	-0,4946**	-	-	
lnREC	-	-	-0,1635	-	
lnAEC	-	-	-	-0,0529**	
C	-42,6766	-22,5237*	-55,2128***	-55,7306***	
Diagnostik Testler	ARCH	BPG/White	Ramsey	LM	JB
Model 15	0,9616 (0,3327)	0,3342 (0,9328) 0,3903 (0,9016)	1,8758 (0,1798)	0,0273 (0,8696)	0,3347 (0,8458)
Model 16	0,5449 (0,4647)	0,4868 (0,8569) 0,4467 (0,8840)	2,5607 (0,1191)	0,7762 (0,3846)	0,3933 (0,8214)
Model 17	0,2265 (0,6367)	0,7333 (0,6452) 0,7288 (0,6487)	0,5196 (0,4759)	0,8570 (0,3611)	1,4095 (0,4942)
Model 18	1,1258 (0,2950)	0,3975 (0,8973) 0,4153 (0,8862)	0,5466 (0,4648)	0,9491 (0,3368)	1,0795 (0,5828)

Tablo 30’da 1971-2014 döneminde yeni veri seti ile ÇK-eğrisinin sınındığı model 15, 16, 17 ve 18’in sonuçları gösterilmektedir. Tüm modellerde hata terimleri normal dağılmaktadır. Otokolerasyon, değişen varyans ve spesifikasyon sorunları da bulunmamaktadır.

4.4.2.1.3. Kübik ARDL Modelleri

Çalışmada son olarak CO₂ salımı ve ekonomik büyüme arasındaki N şeklinde bir ilişkinin varlığının testi için kübik modeller kullanılmıştır. Kübik eşitlikler için kurulan ARDL modelleri tablo 31 ve 32’de gösterilmektedir.

Tablo 31: ARDL Modelleri (19-23)

Değişkenler	Model 19	Model 20	Model 21	Model 22	Model 23
lnCO _{2,t-1}	-0,0016	0,0826	-0,0306	0,0771	0,0353
lnY	28,7133	-19,3009	-26,7982	19,5979	104,9775
lnY ²	-2,9769	2,4667	3,2416	-1,8034	-11,3733
lnY ³	0,1040	-0,1020	-0,1292	0,0555	0,4136
lnFD	0,0728***	0,0766***	0,0792***	0,0481*	0,0649**
lnFD _{t-1}	-	-	-0,0411	-	-
lnFD _{t-2}	-	-	0,0740***	-	-
lnURB	0,2357*	0,3453***	0,2645***	0,1229	0,2758**
lnIND	0,1187*	0,1380**	0,2036***	0,0650	0,0629
lnIND _{t-1}	-	-	-	-	0,1460*
lnPEC	0,3123**	-	-	-	-
lnTEC	-	0,4383***	-	-	-
lnFEC	-	-	0,6347***	-	-
lnCC	-	-	-	0,1483**	-
lnHEC	-	-	-	-	-0,0426**
C	-94,3061	45,2727	-69,2091	-70,7415	-325,9133***
Diagnostik Testler	ARCH	BPG/White	Ramsey	LM	JB
Model 19	0,0684 (0,7950)	0,3983 (0,8966) 0,5590 (0,8032)	0,3185 (0,5764)	0,0013 (0,9712)	0,3307 (0,8475)
Model 20	0,0147 (0,9040)	0,5731 (0,7725) 0,6666 (0,7166)	1,3719 (0,2501)	0,0451 (0,8330)	0,0373 (0,9815)
Model 21	0,2366 (0,6294)	0,6200 (0,7708) 0,7930 (0,6358)	0,0880 (0,7688)	1,2277 (0,3082)	0,9733 (0,6146)
Model 22	0,3573 (0,5534)	0,4472 (0,8650) 0,4230 (0,8988)	0,3637 (0,5507)	0,6954 (0,4105)	2,4181 (0,2984)
Model 23	0,6032 (0,4420)	0,8648 (0,5551) 0,8812 (0,5517)	0,6099 (0,4407)	0,7189 (0,4030)	0,2220 (0,8949)

Tablo 31’de birincil enerji tüketimi, toplam enerji tüketimi, fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi, kömür tüketimi ve hidro enerji tüketimini kapsayan model 19, 20, 21, 22 ve 23 için kurulan ARDL modelleri ve bu modellere ait diagnostik testler gösterilmektedir.

Bütün modeller için gerçekleştirilen diagnostik testlerden BG-LM otokolerasyon, BPG, White ve ARCH testleri ise değişen varyans sorununun olmadığını, JB testi modellerin hata terimlerinin normal dağıldığını göstermektedir. Ramsey-Reset testinin sonuçları da modelin uygun yapısal formda kurulduğunu belirtmektedir.

Tablo 32: ARDL Modelleri (24-27)

Değişkenler	Model 24	Model 25	Model 26	Model 27	
lnCO _{2,t-1}	0,0525	0,0145	0,0825	0,0787	
lnY	8,0483	12,3509	19,6332	85,1026	
lnY ²	-0,7813	-1,0069	-1,7439	-9,1078	
lnY ³	0,0273	0,0263	0,0508	0,3273	
lnFD	0,0595**	0,0863***	0,0771***	0,0696***	
lnURB	0,4619***	0,1721	0,2765	0,3571***	
lnIND	0,0867	0,0519	1,1362	0,1302**	
lnIND _{t-1}	-	0,1604*	-	-	
lnOC	0,1686*	-	-	-	
lnELC	-	0,0731	-	-	
lnREC	-	-	-0,0644	-	
lnAEC	-	-	-	-0,0479**	
C	-30,9428	-49,8915	-72,9506	-267,6429	
Diagnostik Testler	ARCH	BPG/White	Ramsey	LM	JB
Model 24	0,0348 (0,8529)	0,7310 (0,6470) 0,8235 (0,5878)	0,0315 (0,8601)	0,0007 (0,9778)	0,4524 (0,7975)
Model 25	0,1146 (0,7368)	0,5176 (0,8344) 0,6977 (0,7059)	0,1780 (0,6760)	0,1564 (0,6951)	0,3595 (0,8354)
Model 26	0,0332 (0,8563)	0,8122 (0,5834) 0,7246 (0,6686)	0,0212 (0,8851)	1,4288 (0,2407)	1,1296 (0,5684)
Model 27	0,3080 (0,5820)	0,6702 (0,6955) 0,6310 (0,7458)	1,6091 (0,2138)	1,7756 (0,1921)	0,7568 (0,6849)

Tablo 32’de petrol tüketimi, elektrik tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve alternatif enerji tüketimini kapsayan model 24, 25, 26 ve 27 için kurulan ARDL modelleri ve bu modellere ait diagnostik testler gösterilmektedir.

Bütün modeller için gerçekleştirilen diagnostik testlerden BG-LM otokolerasyon, BPG, White ve ARCH testleri ise değişen varyans sorununun olmadığını, JB testi modellerin hata terimlerinin normal dağıldığını göstermektedir. Ramsey-Reset testinin sonuçları da modellerin uygun yapısal formda kurulduğunu belirtmektedir.

ARDL modelleri kurulup diagnostik testlerle modellerin uyumluluğu ve güvenilirliği belirlendikten sonra analize dahil edilen değişkenler arasındaki eşbütünlük varlığının tespiti için sınır testi kullanılmıştır. Sınır testinin sonuçları da lineer, kuadratik ve kübik modeller için üç başlık altında incelenmiştir.

4.4.2.2. Sınır Testinin Sonuçları

4.4.2.2.1. Lineer Modeller İçin Sınır Testi

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin varlığının lineer modellerde tespiti için gerçekleştirilen sınır testine ait sonuçlar Tablo 33'te gösterilmektedir.

Tablo 33: Sınır Testi Sonuçları (1-9)

k =5	ARDL	F istatistiği	R ²	DW
1-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{PEC})$	1,0,0,0,0,0	6,9992***	0,9953	1,8218
2-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{TEC})$	1,0,0,0,0,1	4,8993***	0,9959	1,9842
3-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{FEC})$	1,0,2,0,0,0	5,5346***	0,9974	1,9029
4-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{CC})$	1,0,0,0,1,0	6,6695**	0,9953	1,8823
5-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{HEC})$	1,0,0,0,1,0	6,4704***	0,9948	1,9371
6-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{OC})$	1,0,0,0,0,0	6,9819***	0,9955	1,9391
7-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{ELC})$	1,0,0,0,1,1	5,6229***	0,9956	2,1536
8-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{REC})$	1,0,0,0,1,0	6,5541***	0,9949	1,9990
9-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{AEC})$	1,0,0,0,1,0	6,4688***	0,9948	1,9433

Not: ***: %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Tablo kritik değerleri Narayan (2005)'in çalışmasından elde edilmiştir.

Tabloda 9 farklı enerji tüketimi serisi için gerçekleştirilmiş 9 farklı modelde de analize dahil edilen değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Ancak ARDL modelleri kurulurken gerçekleştirilen diagnostik testlerde model 4, 5, 8 ve 9'un uygun yapısal formda kurulmadıkları Ramsey-Reset testi ile belirlenmiştir. Bahsi geçen modellerde değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olsa da elde edilen tahminler güvenilir olmayacaktır. Bu nedenle lineer modellerden sadece birincil enerji tüketimi, toplam enerji tüketimi, fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi, petrol tüketimi ve elektrik enerjisi tüketimini kapsayan model 1, 2, 3, 6 ve 7'nin uzun ve kısa dönem katsayıları tahmin edilmiştir.

4.4.2.2. Kuadratik Modeller İçin Sınır Testi

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin varlığının kuadratik modellerde tespiti için gerçekleştirilen sınır testine ait sonuçlar Tablo 34’te gösterilmektedir.

Tablo 34: Sınır Testi Sonuçları 1971-2013 (10-18)

k =6	ARDL	F istatistiği	R ²	DW
10-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{PEC})$	1,0,0,0,0,0,0	6,0634***	0,9957	2,0022
11-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{TEC})$	1,0,0,0,0,0,0	6,2822***	0,9960	1,8800
12-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{FEC})$	1,0,0,2,0,0,0	5,6974***	0,9976	2,0963
13-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{CC})$	1,0,0,0,0,0,0	6,1087***	0,9958	2,1765
14-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{HEC})$	1,0,0,0,0,0,0	6,0199***	0,9956	2,3773
15-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{OC})$	1,0,0,0,0,0,0	6,1342***	0,9955	1,9902
16-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{ELC})$	1,0,0,0,0,1,0	5,5826***	0,9956	2,1029
17-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{REC})$	1,0,0,0,0,0,0	6,3420***	0,9951	2,3292
18-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{AEC})$	1,0,0,0,0,0,1	5,3509***	0,9960	2,2680

Not: ***: %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Tablo kritik değerleri Narayan (2005)’in çalışmasından elde edilmiştir.

1971-2013 döneminde eski veri seti ile tahmin edilen modeller için analize dahil edilen değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin varlığı tespit edilmiştir. Sınır testi gerçekleştirilen bu 9 model için diagnostik testler daha önce belirtildiği gibi uygun bulunduğu için kısa ve uzun dönem katsayıları da tahmin edilmiştir.

Tablo 35: Sınır Testi Sonuçları 1971-2014 (10-18)

k =6	ARDL	F istatistiği	R²	DW
10-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{PEC})$	1,0,0,0,0,0,1	5,9282***	0,9954	2,2392
11-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{TEC})$	1,0,0,0,0,0,1	4,1902**	0,9961	2,0305
12-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{FEC})$	1,0,0,2,0,0,0	5,9261***	0,9976	1,7829
13-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{CC})$	1,0,0,0,0,0,0	5,8279***	0,9965	2,1817
14-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{HEC})$	1,0,0,0,0,0,0	5,7604***	0,9949	2,1109
15-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{OC})$	1,0,0,0,0,0,0	6,1979***	0,9945	2,0434
16-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{ELC})$	1,0,0,0,0,0,1	5,8753***	0,9953	2,2308
17-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{REC})$	1,0,0,0,0,0,0	6,3139***	0,9947	2,2512
18-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{AEC})$	1,0,0,0,0,0,0	5,8713***	0,9953	2,2751

Not: **: %5 ve ***: %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Tablo kritik değerleri Narayan (2005)'in çalışmasından elde edilmiştir.

Tablo 35'te yeni veri seti ile tahmin edilen kuadratik modellere ait sınır testinin sonuçları gösterilmektedir. 1971-2014 döneminde yeni veri seti ile tahmin edilen modeller için analize dahil edilen değişkenler arasında uzun dönemli ilişkilerin varlığı tespit edilmiştir. Sınır testi gerçekleştirilen bu 9 modelde 14. model uygun formda kurulmamıştır. Bu nedenle hidro enerjisinin olduğu modelin kısa ve uzun dönem katsayıları tahmin edilmemiştir. Geriye kalan 8 model için kısa ve uzun dönem katsayılarının tahmini gerçekleştirilmiştir.

4.4.2.2.3. Kübik Modeller İçin Sınır Testi

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin varlığının kübik modellerde tespiti için gerçekleştirilen sınır testine ait sonuçlar Tablo 36'da gösterilmektedir. Sınır testinden elde edilen sonuçlara göre 9 model için de değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki söz konusudur.

Model 19-27 arası gerçekleştirilen 9 modelde de diagnostik testlerde herhangi bir sorun olmadığı daha önceki kısımda ifade edilmiştir. Bu nedenle 9 model için de kısa ve uzun dönem katsayılarının tahmini gerçekleştirilmiştir.

Tablo 36: Sınır Testi Sonuçları (19-23)

k =7	ARDL	F istatistiği	R²	DW
19-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln Y^3, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{PEC})$	1,0,0,0,0,0,0,0	6,0634***	0,9957	1,9807
20-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln Y^3, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{TEC})$	1,0,0,0,0,0,0,0	6,2822***	0,9960	1,9027
21-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln Y^3, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{FEC})$	1,0,0,0,2,0,0,0	5,6974***	0,9977	2,1542
22-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln Y^3, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{CC})$	1,0,0,0,0,0,0,0	6,1087***	0,9958	2,1713
23-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln Y^3, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{HEC})$	1,0,0,0,0,0,1,0	5,5668***	0,9961	2,2485
24-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln Y^3, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{OC})$	1,0,0,0,0,0,0,0	6,1342***	0,9955	1,9856
25-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln Y^3, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{ELC})$	1,0,0,0,0,0,1,0	5,5826***	0,9956	2,1022
26-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln Y^3, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{REC})$	1,0,0,0,0,0,0,0	6,3420***	0,9951	2,3325
27-) $\ln\text{CO}_2=f(\ln Y, \ln Y^2, \ln Y^3, \ln\text{FD}, \ln\text{URB}, \ln\text{IND}, \ln\text{AEC})$	1,0,0,0,0,0,0,0	6,0219***	0,9957	2,3820

Not: ***: %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Tablo kritik değerleri Narayan (2005)'in çalışmasından elde edilmiştir.

4.4.2.3. ARDL Modeline Dayalı Uzun Dönem Katsayıları

4.4.2.3.1. Lineer Modeller için Uzun Dönem Katsayıları

Lineer modeller için elde edilen uzun dönem katsayıları aşağıdaki Tablo 37'de yer almaktadır. Model 3 için gelir düzeyi ile CO₂ salımı arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. Model 1, 2, 6 ve 7'de ise gelir düzeyindeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,3613-0,4990 arasında arttırdığı belirlenmiştir.

Finansal gelişme değişkeni beş modelde de anlamlı bulunmuştur. Finansal gelişmedeki %1'lik bir artış CO₂ salımını %0,0606-0,0902 arasında arttırmaktadır. Bu etki, lineer modele dahil edilen değişkenler arasındaki en düşük etkidir.

Kentleşme değişkeni model 7'de istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Geriye kalan dört modelde kentleşmedeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,2432-0,5091 oranında arttırdığı belirlenmiştir.

Tablo 37: Lineer Modellerden Elde Edilen Uzun Dönem Katsayıları (1,2,3,6,7)

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 6	Model 7
lnY	0,3613**	0,3958*	0,0910	0,6519***	0,4990**
lnFD	0,0606***	0,0669**	0,0883***	0,0600***	0,0902***
lnURB	0,2432*	0,4694***	0,2701***	0,5091***	0,2384
lnIND	0,1658***	0,2155***	0,2442***	0,0942	0,2805***
lnPEC	0,3992***	-	-	-	-
lnTEC	-	0,4291*	-	-	-
lnFEC	-	-	0,6952***	-	-
lnOC	-	-	-	0,2003***	-
lnELC	-	-	-	-	0,1616
C	-4,8010***	-7,1913***	-4,8685***	-8,0346***	-6,7363***

Not: ***, ** ve * modelden elde edilen katsayıların sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Sanayileşme değişkeni model 6'da istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Geriye kalan dört modelde sanayileşmedeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,1658-0,2805 oranında arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Model 1'de birincil enerji tüketimindeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,3992, model 2'de ise toplam enerji tüketimindeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,4291 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Model 3 ve 4'te ise fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi ile petrol tüketimindeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını sırasıyla %0,6952 ve %0,2003 oranında arttırdığı belirlenmiştir. Model 7'de elektrik tüketiminin CO₂ salımına herhangi bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

Kömür tüketimi, hidro enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve alternatif enerji tüketiminin olduğu modellerde spesifikasyon sorunu olduğundan dolayı bu modellere ait uzun dönem katsayıları tahmin edilmemiştir. Özetlemek gerekirse lineer olarak kurulan 9 modelde 4'ünde spesifikasyon sorunu bulunmakta, 1'inde ise gelir düzeyi ile CO₂ salımı arasında herhangi bir ilişki

bulunmamaktadır. 9 modelin sadece 4'ünde gelir düzeyi ile CO₂ salımı arasında lineer bir ilişki olabileceği belirlenmiştir.

4.4.2.3.2. Kuadratik Modeller için Uzun Dönem Katsayıları

Kuadratik modeller için hem eski hem de yeni veri seti ile elde edilen uzun dönem katsayıları Tablo 38 ve 39'da yer almaktadır. Tablo 38'de 1971-2013 döneminde eski veri seti ile ÇK-eğrisinin geçerli olup olmadığı sınanmaktadır.

Tablo 38: Kuadratik Modellerden Elde Edilen Uzun Dönem Katsayıları 1971-2013 (10-18)

Değişkenler	Model 10	Model 11	Model 12	Model 13	Model 14
lnY	4,5550*	4,9061**	3,2459*	7,2201***	9,3814***
lnY ²	-0,2300*	-0,2535*	-0,1735*	-0,3630***	-0,4799***
lnFD	0,0781***	0,0779***	0,1022***	0,0553**	0,0880***
lnURB	0,2397*	0,3751***	0,2518***	0,1353	0,3499***
lnIND	0,1208*	0,1477**	0,1967***	0,0720	0,1549**
lnPEC	0,3035**	-	-	-	-
lnTEC	-	0,4693***	-	-	-
lnFEC	-	-	0,6268***	-	-
lnCC	-	-	-	0,1597**	-
lnHEC	-	-	-	-	-0,0376**
C	-23,5570**	-26,8340**	-18,7074**	-35,5395***	-46,5364***
Y*	19.937\$	15.915\$	11.499\$	20.795\$	17.541\$
Değişkenler	Model 15	Model 16	Model 17	Model 18	
lnY	1,8037	6,3005***	8,3317**	9,9575***	
lnY ²	-0,0638	-0,3142**	-0,4261**	-0,5132***	
lnFD	0,0643**	0,0890***	0,0861***	0,0944***	
lnURB	0,4874***	0,1731	0,3103*	0,3457***	
lnIND	0,0922	0,2159**	0,1460	0,1086	
lnOC	0,1773*	-	-	-	
lnELC	-	0,0755	-	-	
lnREC	-	-	-0,0604	-	
lnAEC	-	-	-	-0,0262	
C	-13,0567	-32,3375***	-41,0245***	-48,8320***	
Y*	Yok	22.576\$	17.563\$	16.316\$	

Not: ***, ** ve * modelden elde edilen katsayıların sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Model 15 hariç geriye kalan 8 modelde, Y'nin katsayısının pozitif, Y²'nin katsayısının negatif ve her iki katsayının da istatistiksel olarak anlamlı bulunmasında ötürü ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Finansal gelişme değişkeni 9 modelde de anlamlı bulunmuştur. Finansal gelişmedeki %1'lik bir artış CO₂ salımını %0,0533-0,1022 arasında arttırmaktadır. Bu etki, eski veri setinde kuadratik modele dahil edilen değişkenler arasındaki en düşük etkidir.

Kentleşme değişkeni model 13 ve 16'da istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Geriye kalan 7 modelde kentleşmedeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,2432-0,5091 oranında arttırdığı belirlenmiştir.

Sanayileşme değişkeni model 13, 15, 17 ve 18'de istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Geriye kalan 5 modelde sanayileşmedeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,1208-0,2159 oranında arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Model 10, 11, 12, 13, 14 ve 15'te birincil enerji tüketimi, toplam enerji tüketimi, fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi, kömür tüketimi, hidro enerji tüketimi ve petrol tüketimindeki %1'lik bir artış sırasıyla CO₂ salımını %0,3035, %0,4693, %0,6268, %0,1597, %0,0376 ve %0,1773 oranında arttırmaktadır. Elektrik tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve alternatif enerji tüketiminin CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkisi söz konusu değildir.

Tablo 39'da 1971-2014 döneminde yeni veri seti ile ÇK-eğrisinin geçerli olup olmadığı sınanmaktadır. Eski veri setine benzer bir şekilde model 15 hariç geriye kalan 7 modelde, Y'nin katsayısının pozitif, Y²'nin katsayısının negatif ve her iki katsayının da istatistiksel olarak anlamlı bulunmasında ötürü ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

Finansal gelişme değişkeni model 13'te anlamsız bulunmuştur. Diğer 7 model için finansal gelişmedeki %1'lik bir artış CO₂ salımını %0,0696-0,0925 arasında arttırmaktadır. Bu etki, yeni veri setinde kuadratik modele dahil edilen değişkenler arasındaki en düşük etkidir.

Kentleşme değişkeni model 10, 13, 16 ve 17'de istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Geriye kalan dört modelde kentleşmedeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,2743-0,5091 oranında arttırdığı belirlenmiştir. Sadece model 12'de sanayileşme değişkeni anlamlı, geriye kalan 7 modelde ise bu değişken istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Bu modelde sanayileşmedeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,1599 oranında arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Birincil enerji tüketimi ve toplam enerji tüketimindeki %1'lik bir artışın sırasıyla CO₂ salımını %0,1711 ve %0,3889 oranında arttırdığı belirlenmiştir. Fosil yakıt kaynaklı enerji tüketiminin ve kömür tüketiminin CO₂ salımını sırasıyla %0,6770 ve %0,0797 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Alternatif enerji tüketimindeki %1'lik bir artışın ise bu salımı %0,0574 oranında azalttığı sonucuna

varılmıştır. Yeni veri seti ile gerçekleştirilen modellerde petrol tüketimi, elektrik tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi CO₂ salımını etkilememektedir.

Tablo 39: Kuadratik Modellerden Elde Edilen Uzun Dönem Katsayıları 1971-2014 (10-18)

Değişkenler	Model 10	Model 11	Model 12	Model 13
lnY	6,1250*	6,4420**	3,2295**	10,0957***
lnY ²	-0,3209*	-0,3379**	-0,2148**	-0,5266***
lnFD	0,0925**	0,0705**	0,0882***	0,0216
lnURB	0,3482	0,4469***	0,2743***	0,1521
lnIND	0,0807	0,0978	0,1599***	0,0198
lnPEC	0,1711*	-	-	-
lnTEC	-	0,3889*	-	-
lnFEC	-	-	0,6770***	-
lnCC	-	-	-	0,0797***
C	-31,2421**	-34,4745***	-23,2191***	-48,0603***
Y*	13.917\$	13.768\$	9.343\$	14.521\$
Değişkenler	Model 15	Model 16	Model 17	Model 18
lnY	9,1439	6,2862*	12,7952***	12,4841***
lnY ²	-0,4720	-0,3293*	-0,6794***	-0,6511***
lnFD	0,0696**	0,0911**	0,0839***	0,0758***
lnURB	0,4294***	0,3488	0,2245	0,3908***
lnIND	0,0235	0,0773	0,1325	0,0987
lnOC	0,0562	-	-	-
lnELC	-	0,1665	-	-
lnREC	-	-	-0,1769	-
lnAEC	-	-	-	-0,0574**
C	-45,2955***	-31,9621**	-59,7433***	-60,4038***
Y*	Yok.	13.921\$	12.795\$	14.542\$

Not: ***, ** ve * modellerden elde edilen katsayıların sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Eski ve yeni veri setleri ile tahmin edilmiş modeller kıyaslandığında birbirine benzer olduğu kadar, farklı bulgular da ortaya çıkmıştır. Her iki veri setinde de petrol tüketiminin var olduğu modelde ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı ve diğer modellerde ise bu hipotezin geçerli olduğu tespit edilmiştir.

Finansal gelişme her iki veri setinde de CO₂ salımı üzerinde az da olsa arttırıcı bir etkiye sahiptir. Kentleşme eski veri setinde daha fazla modelde anlamlı bulunsa da yeni veri setinde CO₂

salımını arttıran önemli bir etken olarak yer almaktadır. Sanayileşmenin eski veri setinde CO₂ salımını arttırdığı net iken, yeni veri setinde sanayileşme neredeyse bütün modellerde istatistiksel olarak anlamsızdır. Model 12 hariç yeni veri setinde sanayileşmenin CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. Enerji tüketimlerinde fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi her iki veri setinde de CO₂ salımını en fazla arttıran enerji türüdür. Modellerden elde edilen sabit terimin işaretinin negatif olması normaldir. Çünkü bağımsız değişkenlerde herhangi bir değişiklik olmadığı takdirde CO₂ salımı azalacaktır.

ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu modellerden elde edilen dönüm noktaları incelendiğinde, eski veri setinde 8 modelin tamamında, yeni veri setinde ise 7 modelin 5'inde dönüm noktasındaki gelir düzeyinin, analiz periyodundaki kişi başına düşen gelir düzeyinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Gelişmekte olan bir ülke için bu bulgu oldukça makuldür. Türkiye henüz CO₂ salımını azaltacak gelir düzeyine erişememiştir.

4.4.2.3.3. Kübik Modeller için Uzun Dönem Katsayıları

Son olarak kübik modeller için elde edilen ARDL modellerine dayalı uzun dönem katsayıları Tablo 40'ta gösterilmiştir.

Kübik olarak kurulan 9 modelde de CO₂ salımı ve gelir düzeyi arasında N şeklinde bir ilişkinin var olmadığı belirlenmiştir.

Finansal gelişme tüm modellerde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Finansal gelişmedeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,0521-0,0875 oranında arttırdığı belirlenmiştir.

Kentleşme değişkeni model 22, 25 ve 26'da anlamsız bulunmuştur. Geriye kalan modellerde kentleşmedeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,2353-0,4875 arttırdığı tespit edilmiştir.

Sanayileşme değişkeni 9 modelin 5'inde anlamlı bulunmuştur. Bu modellerde sanayileşmedeki %1'lik bir artışın CO₂ salımını %0,1185-0,1976 oranında arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Kübik modellerde yenilenebilir enerji tüketimi haricinde geriye kalan 8 enerji tüketimi değişkeninin de CO₂ salımına etkisinin var olduğu görülmektedir. Hidro enerji tüketimi ve alternatif enerji tüketimi CO₂ salımını negatif, geriye kalan enerji türleri ise pozitif yönde etkilemektedir.

Tablo 40: Kübik Modellerden Elde Edilen Uzun Dönem Katsayıları (19-27)

Değişkenler	Model 19	Model 20	Model 21	Model 22	Model 23
lnY	28,6668	-21,0394	-26,0006	21,2361	108,8277
lnY ²	-2,9721	2,6889	3,1451	-1,9542	-11,7905
lnY ³	0,1038	-0,1112	-0,1254	0,0601	0,4287
lnFD	0,0727***	0,0835***	0,1087***	0,0521*	0,0673**
lnURB	0,2353*	0,3764***	0,2566***	0,1332	0,2859**
lnIND	0,1185*	0,1504**	0,1976***	0,0704	0,2166***
lnPEC	0,3118**				
lnTEC		0,4778**			
lnFEC			0,6158**		
lnCC				0,1607**	
lnHEC					-0,0442**
C	-94,1532***	49,3506	67,1481	-76,6547	-337,8666
N ilişkisi	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Değişkenler	Model 24	Model 25	Model 26	Model 27	
lnY	8,4945	12,5337	21,3995	92,3814	
lnY ²	-0,8246	-1,0218	-1,9008	-9,8868	
lnY ³	0,0288	0,0267	0,0554	0,3553	
lnFD	0,0628**	0,0875***	0,0841***	0,0756**	
lnURB	0,4875***	0,1746	0,3014	0,3876**	
lnIND	0,0915	0,2155	0,1484	0,1413*	
lnOC	0,1780*				
lnELC		0,0742**			
lnREC			-0,0702		
lnAEC				-0,0520**	
C	-32,6579	-50,6298	-72,9506	-290,5342	
N ilişkisi	Yok	Yok	Yok	Yok	

Not: ***, ** ve * modellerden elde edilen katsayıların sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Sonuçlar toparlanacak olursa, bu çalışmada çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişkiler lineer, kübik ve kuadratik olmak üzere üç farklı model ile incelenmiştir. ARDL, sınır testi yaklaşımına dayalı elde edilen uzun dönem katsayıları sonucunda lineer ve kübik modellerin CO₂ salımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri tam olarak yansıtmadıkları sonucuna varılmıştır. ÇK-eğrisi kuadratik modellerde iki farklı veri seti ile test edilmiştir. Bu testlerin sonucunda ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğuna ve Türkiye’de gelir ile CO₂ salımı arasında ters U şeklinde bir ilişki bulunduğu karar verilmiştir. Kuadratik modellerden elde edilen bulgular ve genel

anlamda değişkenlerin uzun dönemde CO₂ salımına etkileri Tablo 41’de özetlenmiştir. Tabloda ayrıca iki ayrı veri seti ile elde edilen dönüm noktaları kıyaslanmıştır.

Tablo 41: ÇK-eğrisi için Elde Edilen Bulguların Eski ve Yeni Veri Seti ile Kıyaslanması

Dönem	1971-2013				1971-2014			
	ÇK-eğrisi	Dönüm Noktası	Enerji Etkisi	FD, URB, IND	ÇK-eğrisi	Dönüm Noktası	Enerji Etkisi	FD, URB, IND
10-PEC	√	19.937\$	+	+ + +	√	13.917\$	+	+ x x
11-TEC	√	15.915\$	+	+ + +	√	13.768\$	+	+ + x
12-FEC	√	11.499\$	+	+ + +	√	9.343\$	+	+ + +
13-CC	√	20.795\$	+	+ x x	√	14.521\$	+	x x x
14-HEC	√	17.541\$	-	+ x +	-	-	-	-
15-OC	X	Yok	+	+ + x	X	Yok	x	+ + x
16-ELC	√	22.576\$	x	+ x +	√	13.921\$	x	+ x x
17-REC	√	17.563\$	x	+ + x	√	12.795\$	x	+ x x
18-AEC	√	16.316\$	x	+ + x	√	14.542\$	-	+ + x

Not: Eski veri seti için en yüksek kişi başına düşen GSYİH düzeyi 11,245\$ ve yeni veri seti için 13,312\$’dır.

Tablo ÇK-eğrisi bulgularının özetlenmesi ve iki veri setinin karşılaştırılması için oldukça açıklayıcıdır. Tabloda + işareti ilgili değişkenin CO₂ salımına pozitif ve - işareti negatif etki ettiğini, x işareti ise ilgili değişken ile bu salım arasında herhangi bir ilişki bulunmadığını göstermektedir. Yeni veri seti ile HEC’in yer aldığı 14. model spesifikasyon sorunundan ötürü tahmin edilmemiştir.

Her iki veri setinde de ÇK-eğrisi hipotezinin petrol tüketimi haricinde geriye kalan 8 enerji tüketimi değişkeninin var olduğu modellerde geçerli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen dönüm noktaları incelendiğinde, eski veri setinde 8 farklı kişi başına düşen GSYİH değerinin mevcut gelir düzeyinin üzerinde yer aldığı belirlenmiştir. Yeni veri setinde ise 5 farklı kişi başına düşen GSYİH değeri mevcut gelir düzeyinin üzerinde, 2’si ise bu gelir düzeyinin altında yer almaktadır

Enerji tüketim çeşitlerinin CO₂ salımı üzerindeki etkileri incelendiğinde; birincil enerji tüketimi, toplam enerji tüketimi, fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi ve kömür tüketimi her iki veri setinde de CO₂ salımını artırıcı etkiye sahiptir. Her iki veri setinde de elektrik tüketimi ile yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkisi söz konusu değildir. Alternatif enerji tüketimi yeni veri setinde CO₂ salımını negatif, petrol tüketimi ve hidro enerji tüketimi ise eski veri setinde sırasıyla bu salımı pozitif ve negatif yönde etkilemektedir. İki veri seti arasında temel olarak 3 enerji tüketimi değişkeninin etkisinde fark söz konusudur.

CO₂ salımını en çok arttıran enerji tüketimi çeşitleri her iki veri setinde de fosil yakıt kaynaklı, toplam, birincil ve kömür tüketimi olarak sıralanabilir. Bu dört çeşit enerji tüketimi ağırlıklı olarak fosil yakıtlar ile gerçekleşmektedir. Türkiye’de fosil yakıtlar CO₂ salımının en önemli belirleyicilerindedir.

Finansal gelişme iki veri setinde de neredeyse bütün modellerde anlamlı olarak tespit edilmiştir. Ancak finansal gelişmenin CO₂ salımı üzerinde arttırıcı etkisi sınırlıdır.

Kentleşme, gelir düzeyi ve fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi çeşitlerinden sonra CO₂ salımı üzerinde en önemli etkiye sahip değişkendir. İki veri setinde de bu durum doğrulanmıştır. Son olarak sanayileşme eski veri setinde CO₂ salımını arttıran önemli bir etken iken, yeni veri setinde CO₂ salımı üzerinde etkisi istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir değişken haline gelmiştir.

4.4.2.4. ARDL Modeline Dayalı Hata Düzeltme Modelleri

4.4.2.4.1. Lineer Eşitliklerin Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları

Uzun dönem katsayıları tahmin edilip ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu belirlendikten sonra, son olarak değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişkilerin belirlenmesi için hata düzeltme modelleri kullanılmıştır. Lineer modeller için ARDL yaklaşımına dayalı hata düzeltme modellerinin sonuçları Tablo 42’de yer almaktadır.

Tablo 42: Lineer Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları (1,2,3,6,7)

Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3	Model 6	Model 7
lnΔY	0,3711**	0,2883**	0,1195	0,5548***	0,3352**
lnΔFD	0,0579*	0,0565*	0,0629**	0,0558*	0,0840**
lnΔFD _{t-1}	-	-	-0,0617**	-	-
lnΔURB	0,1358	0,2710	0,1927	0,5035**	0,0499
lnΔIND	0,0976	0,1468**	0,2562***	0,0815	0,0557
lnΔPEC	0,4410***	-	-	-	-
lnΔTEC	-	0,5146***	-	-	-
lnΔFEC	-	-	0,6950***	-	-
lnΔOC	-	-	-	0,2642***	-
lnΔELC	-	-	-	-	0,5554***
ΔC	-4,3307***	-5,3096***	-4,4153***	-7,1073***	-4,9300***
ECT _{t-1}	-0,9027***	-0,7310***	-0,9051***	-0,8850***	-0,7255***

Not: ***, ** ve * modelden elde edilen katsayıların sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Lineer modellerde kısa dönemde gelir düzeyindeki artışın CO₂ salımını arttırdığı belirlenmiştir. Uzun dönemde olduğu gibi kısa dönemde de finansal gelişme bu salımı arttırmaktadır. Kentleşmenin kısa dönemde CO₂ salımı üzerinde model 6 hariç herhangi bir etkisi söz konusu değildir. Sanayileşme de sadece model 2 ve 3'te CO₂ salımını arttırmaktadır.

Birincil, toplam, fosil yakıt kaynaklı, petrol ve elektrik enerjisi tüketimleri kısa dönemde CO₂ salımını arttırmaktadır. Kısa dönemde lineer modellerde fosil yakıt kaynaklı enerji tüketiminden sonra elektrik tüketimi CO₂ salımını arttıran en önemli değişken konumundadır.

Modellerden elde edilen hata düzeltme terimlerinin katsayıları 0 ile -1 arasında ve istatistiksel olarak anlamlı tespit edilmiştir. Katsayıların -1'e yakın olması nedeniyle, kısa dönemde oluşabilecek sapmaların uzun dönem denge değerine yakınsayacağı söylenebilir.

4.4.2.4.2. Kuadratik Eşitliklerin Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları

Kuadratik modeller için ARDL yaklaşımına dayalı hata düzeltme modellerinin sonuçları tablo 43 ve 44'te yer almaktadır.

Tablo 43'te 1971-2013 dönemine ait veri seti ile gerçekleştirilen kuadratik modele ait kısa dönem katsayıları gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre model 13, 14, 17 ve 18'de kısa dönemde de gelir düzeyi ve CO₂ salımı arasında ters U şeklinde bir ilişki söz konusudur.

Finansal gelişme uzun dönemde olduğu gibi kısa dönemde de CO₂ salımını az miktarda arttırmaktadır. Kentleşme ve sanayileşmenin çoğu modelde kısa dönemde CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkilerinin bulunmadığı belirlenmiştir.

Yenilenebilir enerji tüketimi haricinde diğer 8 enerji tüketimi CO₂ salımına kısa dönemde etki etmektedir. Bu etki birincil, toplam, fosil, kömür, petrol ve elektrik tüketimi için arttırıcı, hidro enerji ve alternatif enerji tüketimi için ise azaltıcı yöndedir.

Modellerden elde edilen hata düzeltme terimlerinin katsayıları negatif, -2'den büyük ve istatistiksel olarak anlamlı tespit edilmiştir. Katsayıların -1'e yakın olması nedeniyle, kısa dönemde oluşabilecek sapmaların uzun dönem denge değerine yakınsayacağı ve -1'den küçük olan katsayılar için de kısa dönemdeki sapmaların uzun dönem denge değerinden çok fazla uzaklaşmayacağı söylenebilir.

Tablo 43: Kuadratik Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları 1971-2013 (10-18)

Değişkenler	Model 10	Model 11	Model 12	Model 13	Model 14
lnΔY	5,2060	4,9221	3,8276	5,3938*	6,7382**
lnΔY ²	-0,2691	-0,2611	-0,2079	-0,2676*	-0,3321**
lnΔFD	0,0787***	0,0759**	0,0789***	0,0715**	0,0744**
lnΔFD _{t-1}	-	-	-0,0671***	-	-
lnΔURB	0,1613	0,2745	0,2023	0,0975	0,3914*
lnΔIND	0,0602	0,1192*	0,2266***	-0,0049	0,0600
lnΔPEC	0,3569***	-	-	-	-
lnΔTEC	-	0,5275***	-	-	-
lnΔFEC	-	-	0,6680***	-	-
lnΔCC	-	-	-	0,1884***	-
lnΔHEC	-	-	-	-	-0,0621***
ΔC	-24,3291***	-24,4972***	-18,8893***	-34,8664***	-47,9868***
ECT _{t-1}	-1,0285***	-0,8886***	-1,0033***	-0,9853***	-1,0254***
Değişkenler	Model 15	Model 16	Model 17	Model 18	
lnΔY	-1,0431	5,4983*	7,5139**	8,3361***	
lnΔY ²	0,0889	-0,2762	-0,3860*	-0,4221**	
lnΔFD	0,0562*	0,0963***	0,0844**	0,0804***	
lnΔURB	0,5483**	-0,0939	0,2458	0,3177	
lnΔIND	0,0845	0,0584	0,0552	0,0233	
lnΔOC	0,2811***	-	-	-	
lnΔELC	-	0,1991*	-	-	
lnΔREC	-	-	-0,1353	-	
lnΔAEC	-	-	-	-0,0693***	
ΔC	-11,4584***	-30,0397***	-44,0419***	-50,3756***	
ECT _{t-1}	-0,8777***	-0,9780***	-1,0705***	-1,0268***	

Not: ***, ** ve * modelden elde edilen katsayıların sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 44'te 1971-2014 döneminde yeni veri seti ile gerçekleştirilen kuadratik modele ait kısa dönem katsayıları gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre model 11, 12, 13, 17 ve 18'de kısa dönemde de gelir düzeyi ve CO₂ salımı arasında ters-U şeklinde bir ilişki söz konusudur.

Finansal gelişme, uzun dönemde olduğu gibi tüm modellerde kısa dönemde de CO₂ salımını az miktarda arttırmaktadır. Kentleşme ve sanayileşmenin (model 12 hariç) tüm modellerde, kısa dönemde CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkilerinin bulunmadığı belirlenmiştir.

Bütün modellerdeki enerji tüketimi değişkenleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Yenilenebilir ve alternatif enerji tüketimi kısa dönemde CO₂ salımını azaltmakta, birinci, toplam, fosil yakıt kaynaklı, kömür, petrol ve elektrik enerjisi tüketimi ise bu salımı kısa dönemde arttırmaktadır.

Tablo 44: Kuadratik Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları 1971-2014 (10-18)

Değişkenler	Model 10	Model 11	Model 12	Model 13
lnΔY	3,9403	5,7661*	4,8224**	7,8018***
lnΔY ²	-0,2108	-0,3131*	-0,2706**	-0,4029***
lnΔFD	0,0901***	0,0626**	0,0498**	0,0509*
lnΔFD _{t-1}	-	-	-0,0507**	-
lnΔURB	0,1237	0,0420	0,0349	0,2491
lnΔIND	-0,0180	0,1146	0,2363***	-0,0295
lnΔPEC	0,7125***	-	-	-
lnΔTEC	-	0,5862***	-	-
lnΔFEC	-	-	0,7818***	-
lnΔCC	-	-	-	0,0894***
lnΔHEC	-	-	-	-
ΔC	-23,9008***	-29,1129***	-21,0719***	-49,4597***
ECT _{t-1}	-0,7471***	-0,8446***	-0,9077***	-1,0291***
Değişkenler	Model 15	Model 16	Model 17	Model 18
lnΔY	5,5225	4,4962	10,7503***	9,1359**
lnΔY ²	-0,2794	-0,2413	-0,5702***	-0,4657***
lnΔFD	0,0690*	0,0894**	0,0812**	0,0705**
lnΔURB	0,3978	0,0561	0,4545	0,6130
lnΔIND	0,0315	-0,0166	0,0584	0,0289
lnΔOC	0,1938**	-	-	-
lnΔELC	-	0,6911***	-	-
lnΔREC	-	-	-0,2924*	-
lnΔAEC	-	-	-	-0,0799***
ΔC	-42,1192***	-24,5335***	-64,0331***	-62,5892***
ECT _{t-1}	-0,9299***	-0,7676***	-1,0717***	-1,0361***

Not: ***, ** ve * modelden elde edilen katsayıların sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Modellerden elde edilen hata düzeltme terimlerinin katsayıları negatif, -2'den büyük ve istatistiksel olarak anlamlı tespit edilmiştir. Eski veri seti ile gerçekleştirilen modellerde olduğu gibi katsayıların -1'e yakın olması nedeniyle, kısa dönemde oluşabilecek sapmaların uzun dönem denge değerine yakınsayacağı ve -1'den küçük olan katsayılar için de kısa dönemdeki sapmaların uzun dönem denge değerinden çok fazla uzaklaşmayacağı söylenebilir. Kısa dönemde de her iki veri seti ile birbirine benzer bulgular elde edilmiştir.

4.4.2.4.3. Kübik Eşitliklerin Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları

Kübik modeller için ARDL yaklaşımına dayalı hata düzeltme modellerinin sonuçları Tablo 45'te yer almaktadır. Tabloda yer alan sonuçlara göre gelir düzeyi ile CO₂ salımı arasında uzun dönemde olduğu gibi kısa dönemde de N şeklinde bir ilişki söz konusu değildir. Kübik modellerde CO₂ salımı ile ekonomik büyüme arasında hiçbir ilişki yoktur.

Finansal gelişme uzun dönemde olduğu gibi tüm modellerde kısa dönemde de CO₂ salımını az miktarda arttırmaktadır. Kentleşmenin kısa dönemde tüm modellerde CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde sanayileşmenin de model 21 haricinde kısa dönemde CO₂ salımının üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Enerji türlerine bakıldığında yenilenebilir enerji tüketimi haricinde diğer 8 enerji tüketimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Kısa dönemde birincil, toplam, fosil yakıt kaynaklı, kömür, petrol ve elektrik enerjisi tüketimleri CO₂ salımını arttırmakta, hidro enerji ve alternatif enerji tüketimi ise bu salımın azalmasına yardımcı olmaktadır.

Modellerden elde edilen hata düzeltme terimlerinin katsayıları negatif, -2'den büyük ve istatistiksel olarak anlamlı tespit edilmiştir. Kübik modellerde katsayıların -1'e yakın olması nedeniyle, kısa dönemde oluşabilecek sapmaların uzun dönem denge değerine yakınsayacağı ve -1'den küçük olan katsayılar için de kısa dönemdeki sapmaların uzun dönem denge değerinden çok fazla uzaklaşmayacağı söylenebilir.

Tablo 45: Kübik Hata Düzeltme Modellerinin Sonuçları (19-27)

Değişkenler	Model 19	Model 20	Model 21	Model 22	Model 23
lnΔY	53,5671	14,0498	11,9528	-19,1869	-21,1826
lnΔY ²	-5,7167	-1,2779	-1,1126	2,5373	2,8164
lnΔY ³	0,2044	0,0376	0,0334	-0,1065	-0,1180
lnΔFD	0,0749**	0,0772**	0,0813***	0,0709**	0,0764**
lnΔFD _{t-1}	-	-	-0,0723***	-	-
lnΔURB	0,0402	0,1095	0,1059	-0,0009	0,2336
lnΔIND	0,0550	0,1243*	0,2322***	0,0017	0,1031
lnΔPEC	0,3695***	-	-	-	-
lnΔTEC	-	0,5248***	-	-	-
lnΔFEC	-	-	0,6675***	-	-
lnΔCC	-	-	-	0,1881***	-
lnΔHEC	-	-	-	-	-0,0632***
ΔC	-97,8179***	44,1449***	66,3892***	77,1477***	368,3877***
ECT _{t-1}	-1,0389***	-0,8944***	-0,9886***	-1,0064***	-1,0903***
Değişkenler	Model 24	Model 25	Model 26	Model 27	
lnΔY	-5,2912	-5,2912	-71,2241	-46,4574	
lnΔY ²	0,5705	0,5705	8,5353	5,7224	
lnΔY ³	-0,0181	-0,0181	-0,3366	-0,2294	
lnΔFD	0,0558*	0,0558*	0,0863**	0,0769**	
lnΔURB	0,5752	0,5752	0,3119	0,3837	
lnΔIND	0,0836	0,0836	0,0710	0,0722	
lnΔOC	0,2805***	-	-	-	
lnΔELC	-	0,2805***	-	-	
lnΔREC	-	-	-0,1480	-	
lnΔAEC	-	-	-	-0,0772***	
ΔC	28,8392***	28,8392***	88,2169***	318,7895***	
ECT _{t-1}	-0,8830***	-0,8830***	-1,1094***	-1,0972***	

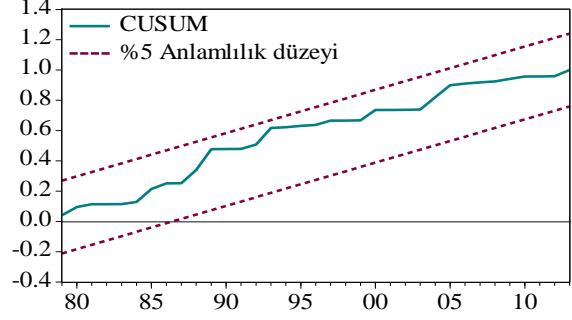
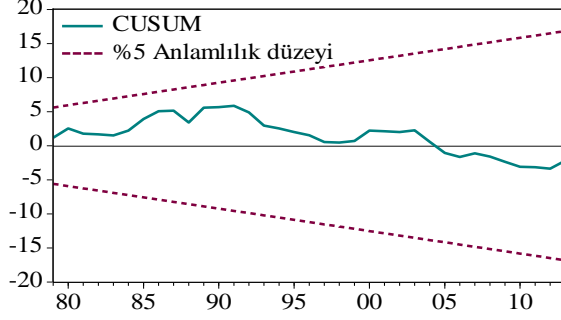
Not: ***, ** ve * modellerden elde edilen katsayıların sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

4.4.2.5. CUSUM ve CUSUMSQ Testleri

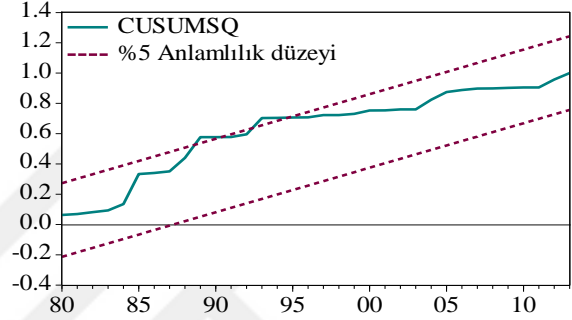
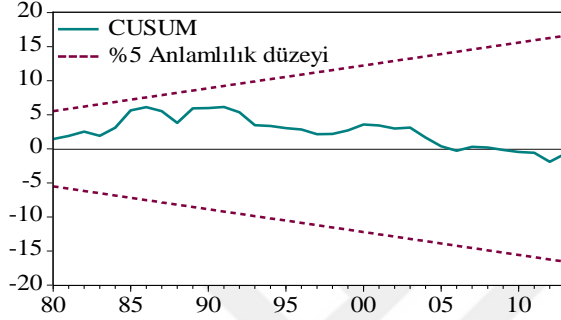
Son olarak tüm modellerden elde edilen katsayıların istikrarlı olup olmadığının tespit için Brown vd. (1975) tarafından geliştirilmiş, sırasıyla ardışık hata terimleri ve hata terimlerinin karelerine uygulanan CUSUM ve CUSUMSQ testleri kullanılmıştır. Her iki teste ait sonuçlar Grafik 1, 2 ve 3'te gösterilmiş olup modellerden elde edilen katsayıların istikrarlı olduğu kanıtlanmıştır.

Grafik 13: Linear Modeller için CUSUM ve CUSUMSQ

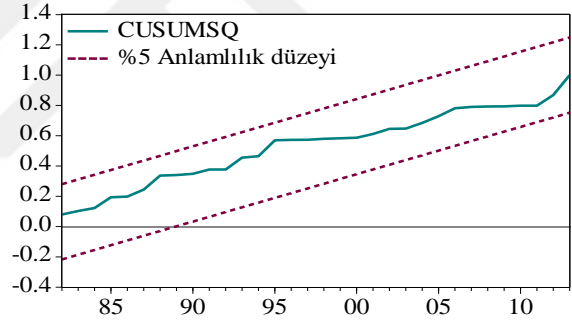
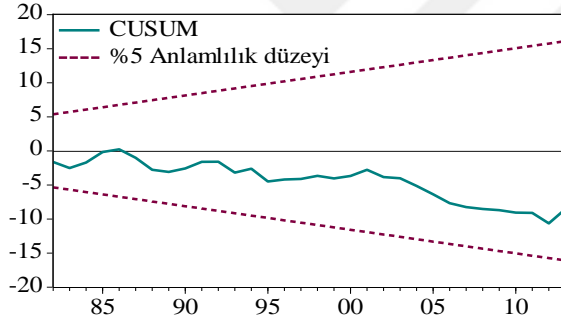
Model 1 için CUSUM ve CUSUMSQ



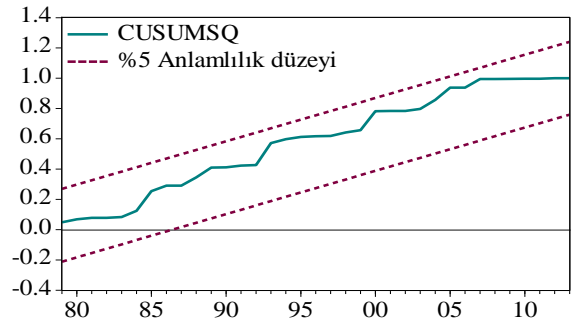
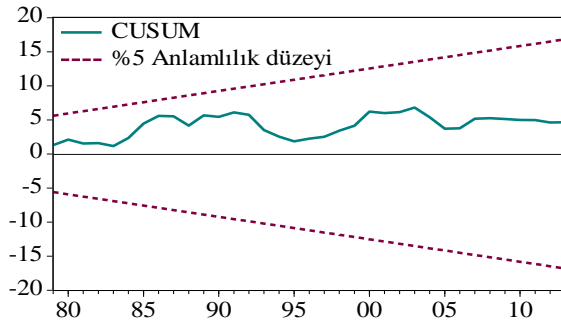
Model 2 için CUSUM ve CUSUMSQ



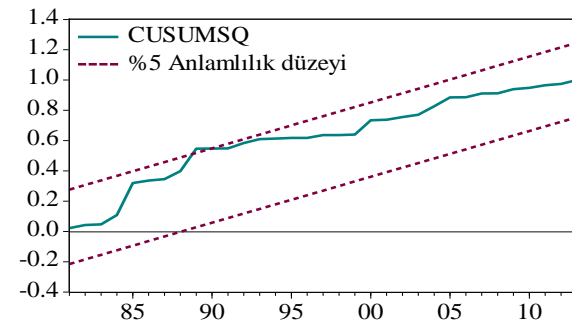
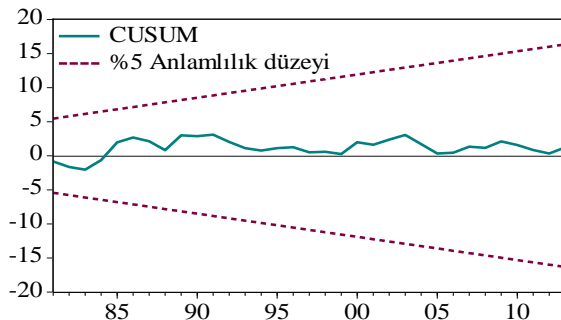
Model 3 için CUSUM ve CUSUMSQ



Model 6 için CUSUM ve CUSUMSQ

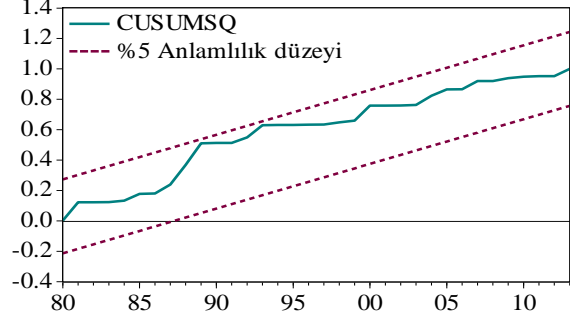
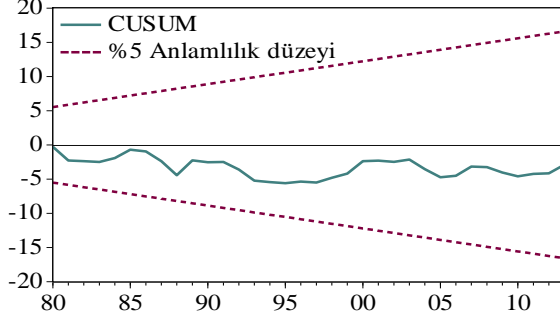


Model 7 için CUSUM ve CUSUMSQ

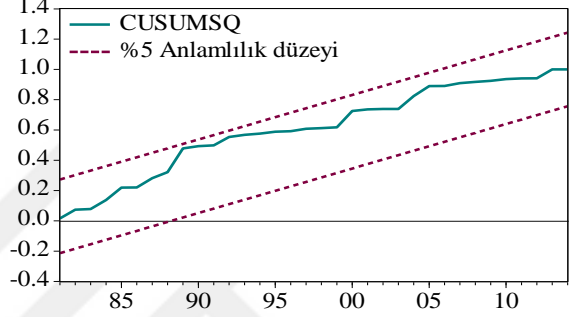
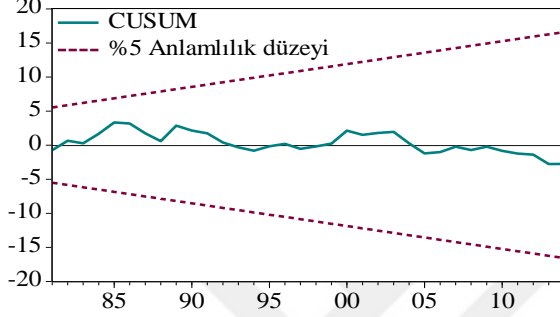


Grafik 14: Kuadratik Modeller için CUSUM ve CUSUMSQ

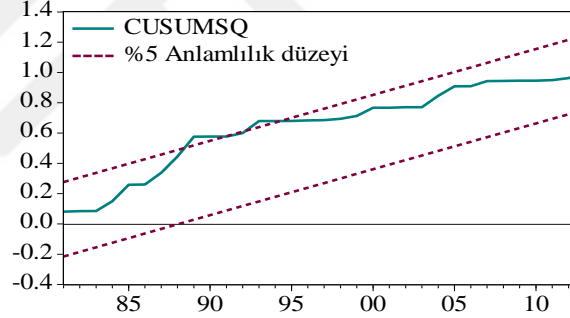
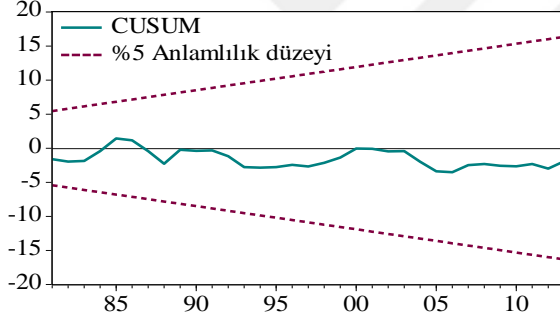
Model 10 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2013)



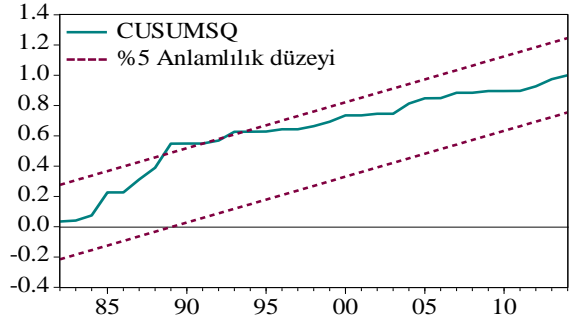
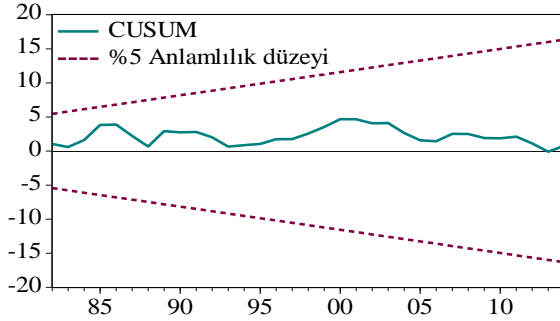
Model 10 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2014)



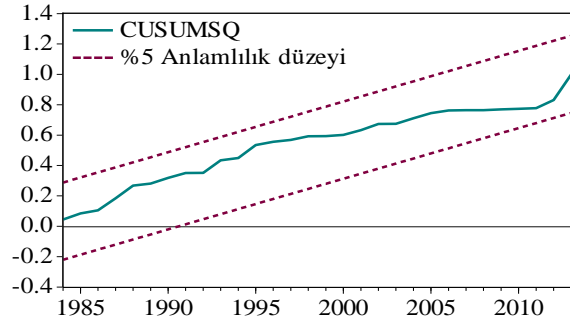
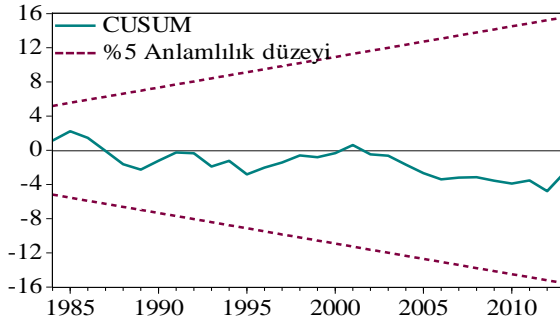
Model 11 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2013)



Model 11 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2014)

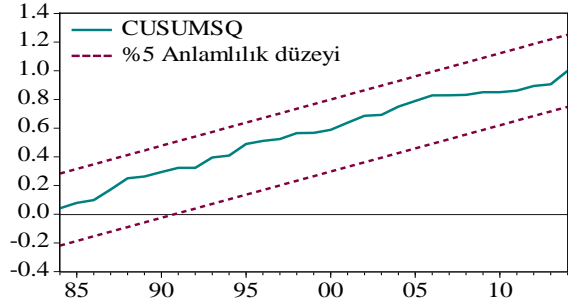
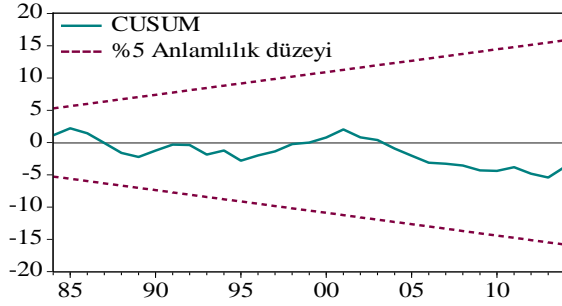


Model 12 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2013)

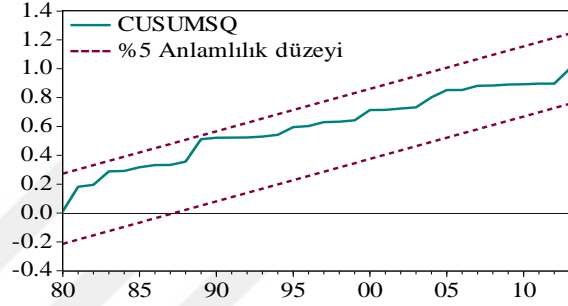
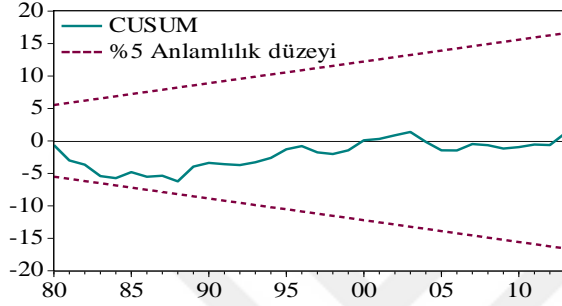


Grafik 14: (Devamı)

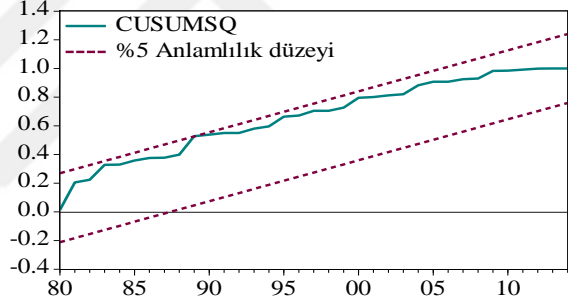
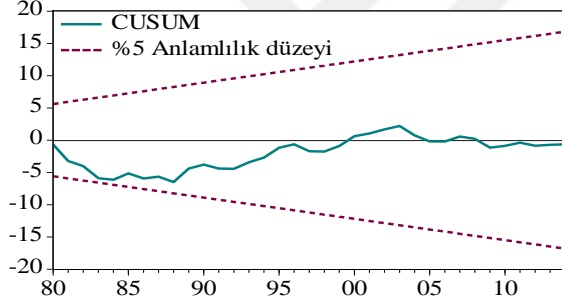
Model 12 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2014)



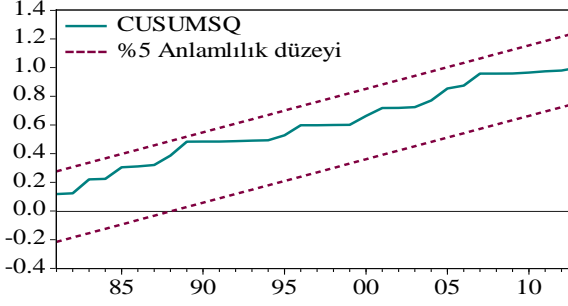
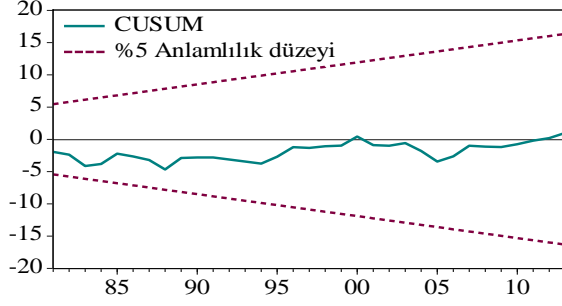
Model 13 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2013)



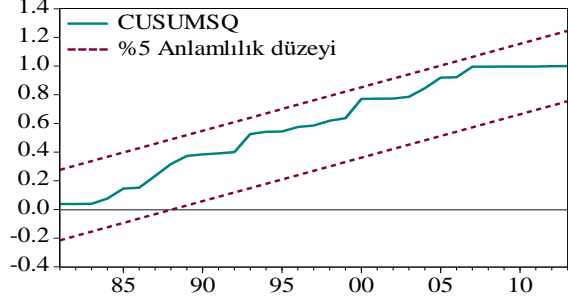
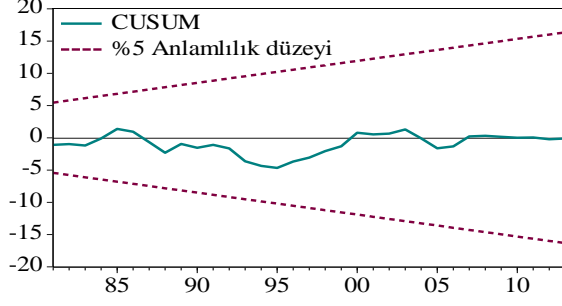
Model 13 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2014)



Model 14 için CUSUM ve CUSUMSQ

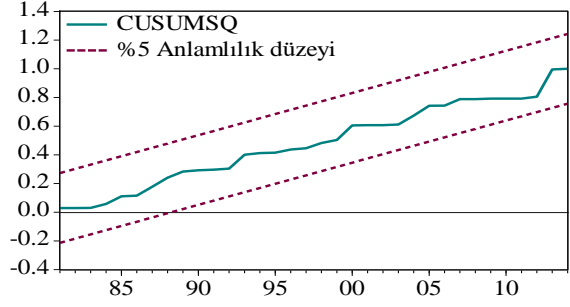
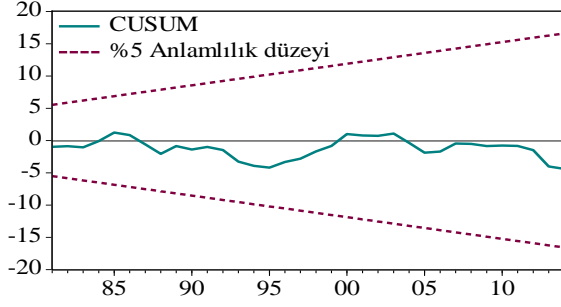


Model 15 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2013)

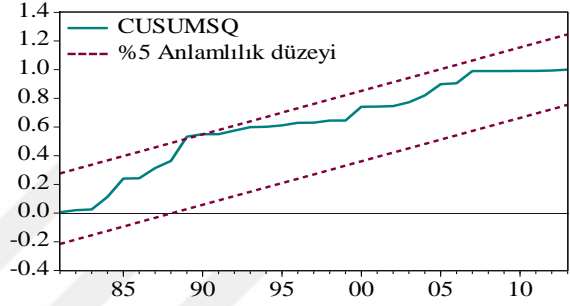
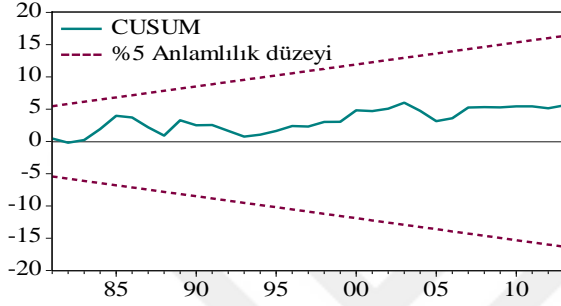


Grafik 14: (Devamı)

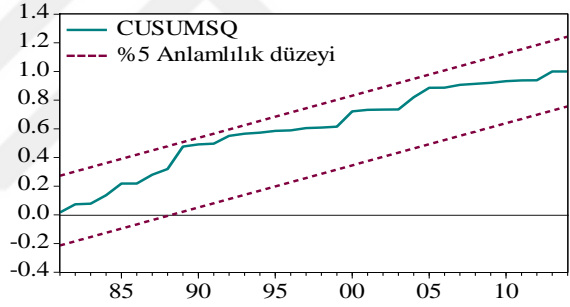
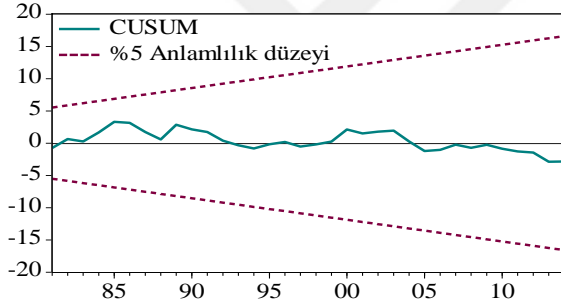
Model 15 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2014)



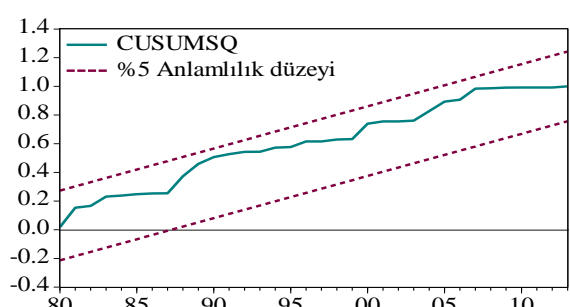
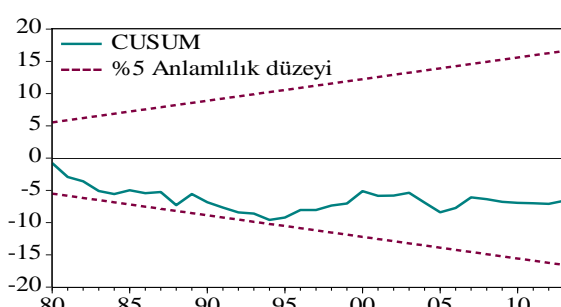
Model 16 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2013)



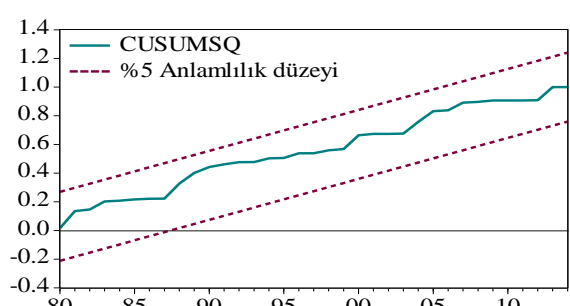
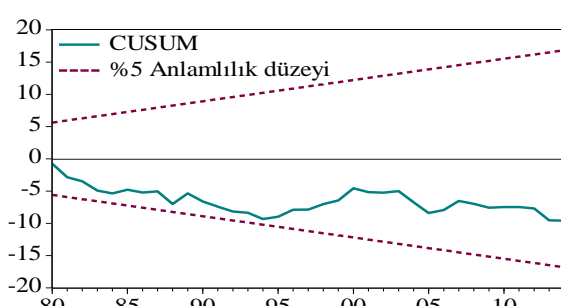
Model 16 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2014)



Model 17 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2013)

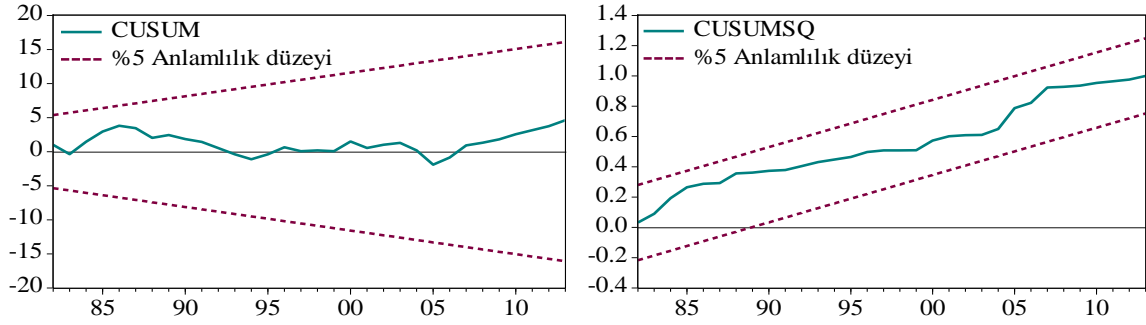


Model 17 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2014)

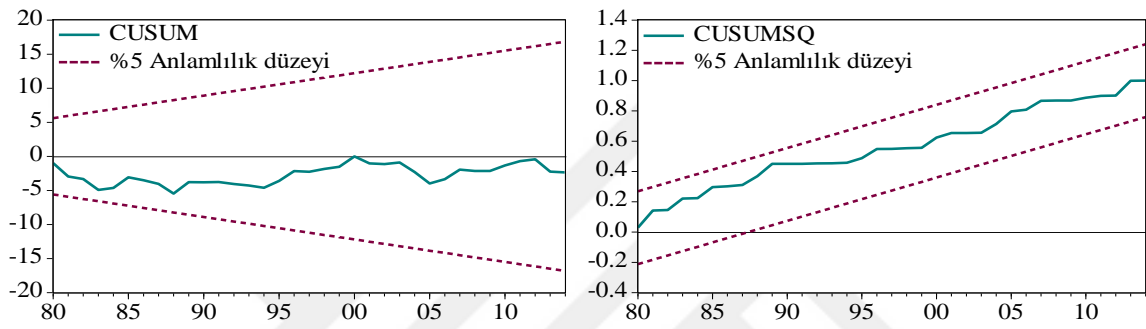


Grafik 14: (Devamı)

Model 18 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2013)

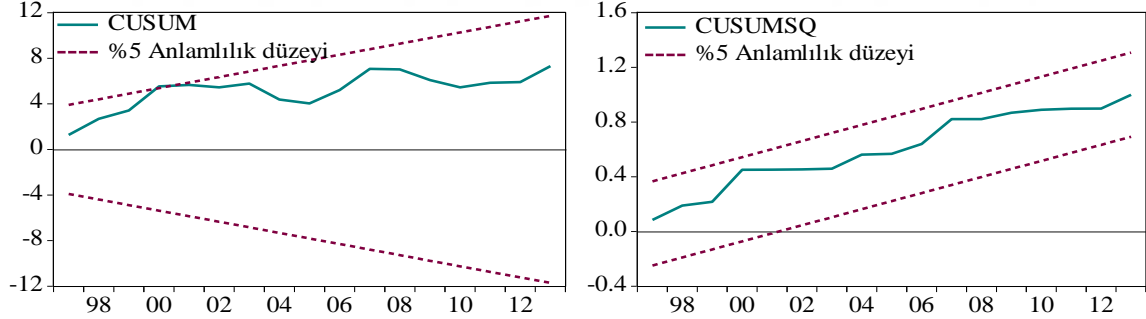


Model 18 için CUSUM ve CUSUMSQ (1971-2014)

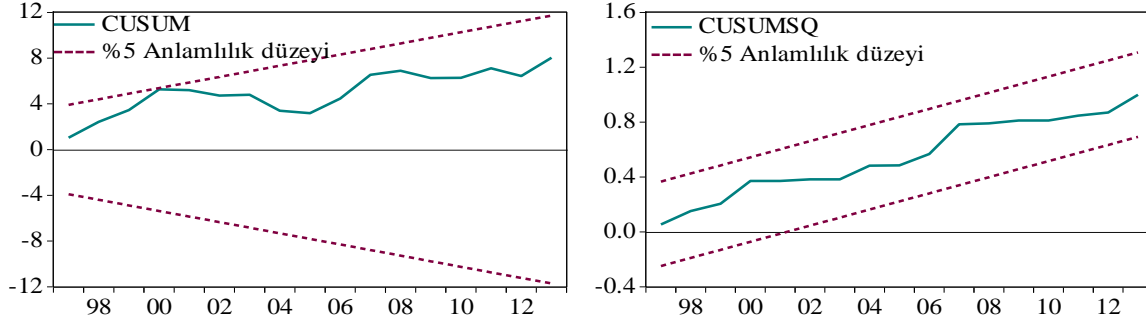


Grafik 15: Kübik Modeller İçin CUSUM ve CUSUMSQ

Model 19 için CUSUM ve CUSUMSQ

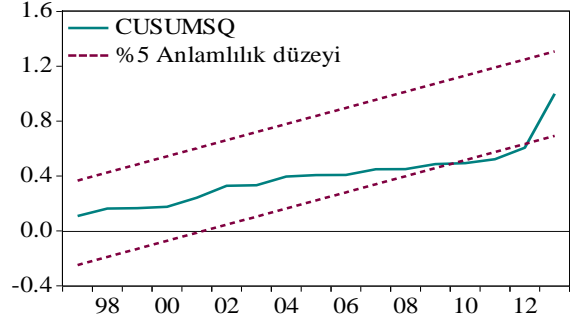
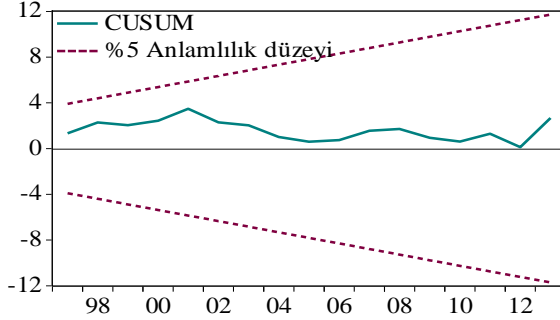


Model 20 için CUSUM ve CUSUMSQ

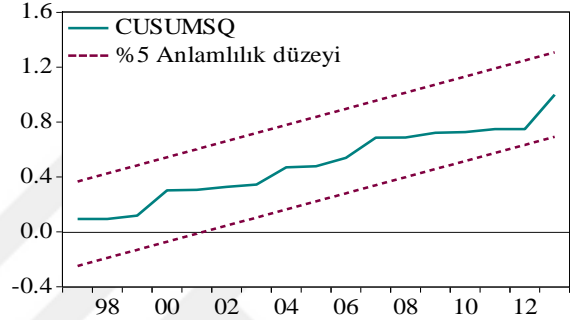
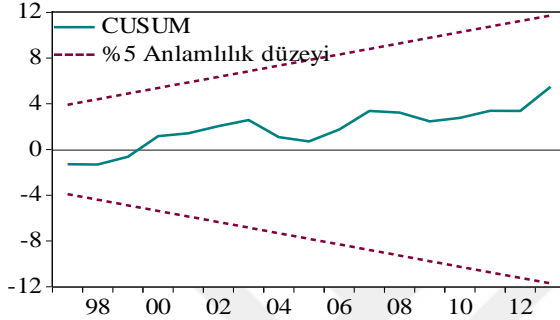


Grafik 15: (Devamı)

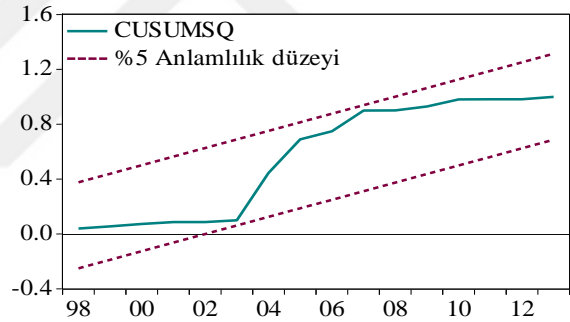
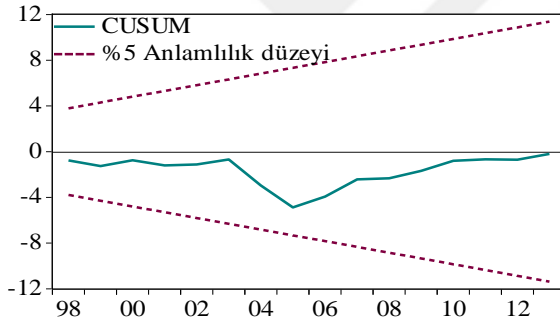
Model 21 için CUSUM ve CUSUMSQ



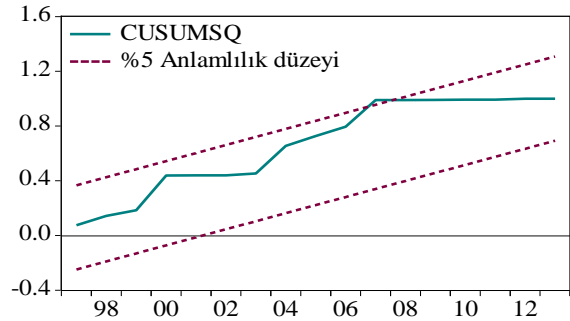
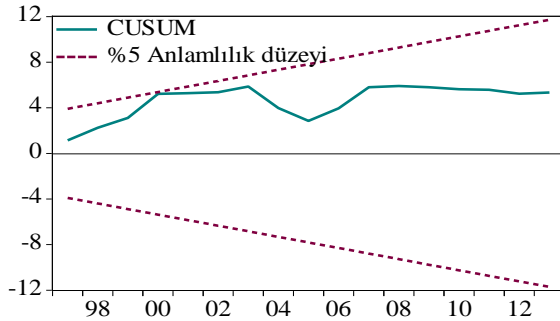
Model 22 için CUSUM ve CUSUMSQ



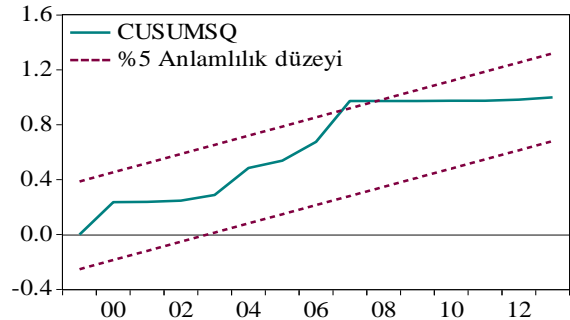
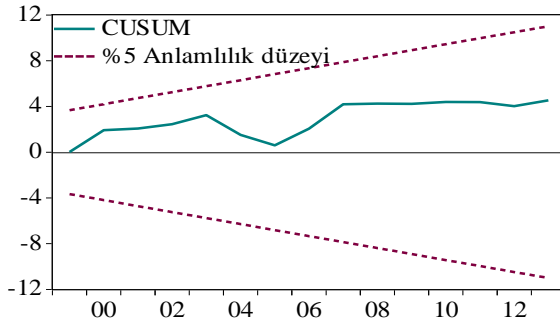
Model 23 için CUSUM ve CUSUMSQ



Model 24 için CUSUM ve CUSUMSQ

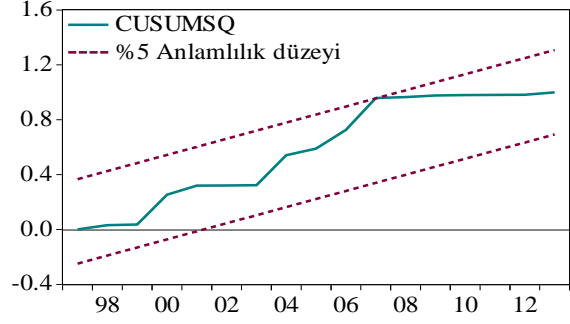
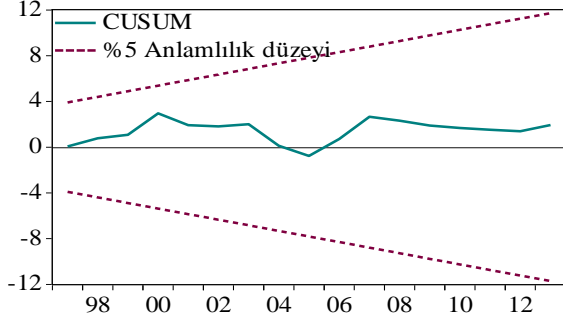


Model 25 için CUSUM ve CUSUMSQ

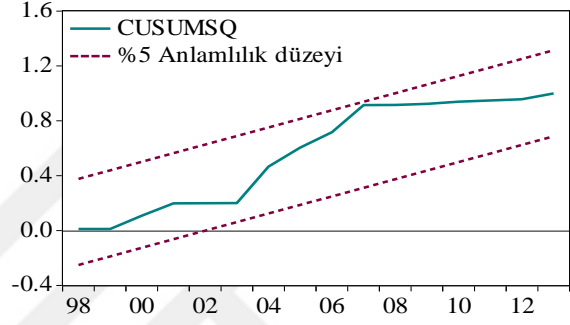
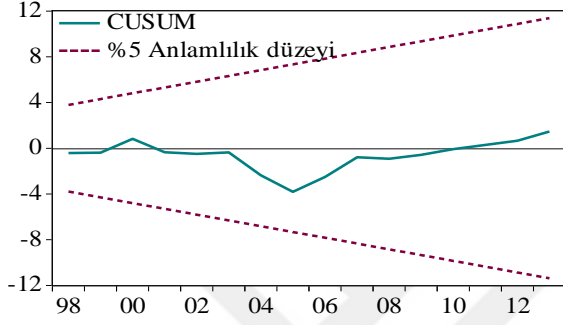


Grafik 15: (Devamı)

Model 26 için CUSUM ve CUSUMSQ



Model 27 için CUSUM ve CUSUMSQ



SONUÇ VE ÖNERİLER

Çevre kalitesi ve ekonomik büyüme ilişkisi günümüzde oldukça önem kazanmaya başlamıştır. Sürdürülebilir bir çevrenin varlığı, bireylerin ve dünyada var olan toplumların refahı için önemlidir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi sorunlar çevre kirliliğine, özellikle CO₂ salımına neden olan faktörlerin belirlenmesini ve gerekli tedbirlerin alınmasını zorunlu kılmaktadır. Ekonomik büyüme, CO₂ salımına etki eden en önemli faktörlerden biri olarak görülmektedir. Ekonomik büyüme ile CO₂ salımı arasındaki ilişkiler ampirik olarak ÇK-eğrisi hipotezi ile incelenmektedir. ÇK-eğrisi hipotezi kısaca, kişi başına düşen gelir düzeyi arttıkça ilk etapta çevre kirliliği göstergelerinin de artacağını, gelir düzeyi belirli bir noktaya eriştikten sonra artmaya devam ettiğinde ise bu göstergelerin azalacağını ifade etmektedir. Elde edilen dönüm noktası, ülkenin bir nevi çevre kirliliğini azaltmadaki gücünü ve konumunu göstermektedir. Bu dönüm noktasına erişerek CO₂ salımını azaltmak, hem ülke bazında hem de bir bütün olarak dünya için mühim bir durumdur.

Bu çalışmada CO₂ salımı ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler 1971-2013 ve 1971-2014 olmak üzere iki farklı dönem ve iki farklı veri seti ile incelenmiştir. İki değişken arasındaki ilişkiler lineer, kuadratik ve kübik olmak üzere üç farklı model ve 9 farklı enerji tüketimi değişkeni ile toplamda 27 farklı model kurularak analiz edilmiştir. Kuadratik modeller 1971-2014 dönemi için tekrar test edilmiştir. Modellere birincil enerji tüketimi, toplam enerji tüketimi, fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi, kömür tüketimi, hidro enerji tüketimi, petrol tüketimi, elektrik tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve alternatif enerji tüketimi değişkenlerinin yanı sıra; finansal gelişme, kentleşme ve sanayileşme değişkenleri de dahil edilmiştir.

Enerji tüketimi CO₂ salımını arttıran en önemli etkenlerden biri olarak görülmektedir. Sanayileşme nedeniyle fosil yakıt tüketiminde gerçekleşen muazzam artışla beraber, çevre kirliliği ve özellikle CO₂ salımı da önemli ölçüde artmıştır. Ancak 1973 OPEC petrol krizi ile birlikte birçok ülkenin üretim süreci sekteye uğramıştır. Bu nedenle, ülkeler günün birinde tükenebileceği düşünülen fosil yakıtlar yerine başka enerji kaynakları arayışına girmişlerdir. Bu noktada rüzgar, güneş, hidro enerji ve benzeri yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılmıştır. Bahsi geçen yenilenebilir enerji kaynaklarının CO₂ salımının azaltılmasına yardımcı olmaları beklenmektedir. Hem fosil yakıt kaynaklı hem de yenilenebilir enerji tüketimleri ile 9 farklı enerji çeşidi kullanılarak çalışmada enerji tüketimi ölçütü değiştiğinde CO₂ salımı ve ekonomik büyüme ilişkisinin ne ölçüde değişeceğinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

TÜİK Aralık 2016'da GSYİH hesaplamasını değiştirmiştir. Dünya Bankası'nın Kalkınma Göstergeleri'nden sağlanan Türkiye verileri de 2017 yılında değişiklik göstermiştir. Bu nedenle çalışmada kuadratik modeller yeni veri seti ile de sınanarak daha sağlıklı sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada ilk olarak, analize dahil edilen 14 değişkenin durağanlık düzeyleri, yapısal kırılma içermeyen DF-GLS ve içsel olarak iki yapısal kırılmaya izin veren LP birim kök testleri ile sınanmıştır. Bağımlı değişken olarak modellerde yer alan CO₂ salımının birinci farkında durağan olduğuna, diğer serilerin ise seviye değerlerinde ve birinci farkında karma olarak durağan olduklarına karar verilmiştir. Seriler farklı derecelerde durağan olduğundan ve herhangi bir seri I(2) olarak belirlenmediğinden ötürü, ÇK-eğrisi hipotezinin sınanması için ARDL, sınır testi yaklaşımından faydalanılmıştır.

Gerçekleştirilen sınır testi sonucunda lineer, kuadratik ve kübik olarak kurulan 27 modelin tamamında analize dahil edilen değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Kurulan ARDL modellerinde lineer eşitliklerde kömür ve hidro enerji tüketimi içeren model 4 ve 5 ile yenilenebilir ve alternatif enerji tüketimini içeren model 8 ve 9 Ramsey-Reset testine göre uygun formda kurulmamıştır. Geriye kalan 23 modelde spesifikasyon sorunu yoktur. Ayrıca uygun formda kurulan bu modellerde varyansı sabit olan hata terimleri normal dağılmakta ve otokolerasyon problemi bulunmamaktadır. CUSUM ve CUSUMSQ testleri ile de ARDL modellerinden elde edilen kısa ve uzun dönem katsayıların istikrarlı olduğu belirlenmiştir.

ARDL modellerinden elde edilen uzun dönem katsayıların sonuçlarına göre: lineer eşitliklerde gelir düzeyi ile CO₂ salımı arasında 4 model için bir ilişki olduğu, 5 modelde ise iki değişken arasında herhangi bir ilişki olmadığı belirlenmiştir. Kübik olarak kurulan modellerin hiçbirinde kişi başına düşen GSYİH ile CO₂ salımı arasında bir ilişki tespit edilememiştir.

Lineer ve kübik modellerin gelir ile CO₂ salımı arasındaki ilişkilerin tespiti için uygun form olmadığı belirlenmiştir. Kuadratik olarak kurulan modellerde ise eski veri setinde sadece petrol tüketiminin olduğu model 15'te ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olmadığı, yeni veri setinde ise hem petrol hem de hidro enerji tüketiminde bu hipotezin doğrulanmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Geriye kalan bütün modeller için her iki veri setinde de ÇK-eğrisi hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir.

ÇK-eğrisi hipotezinin geçerliliği belirlendikten sonra her bir model için kişi başına düşen GSYİH arttığında CO₂ salımının azalmaya başlayacağı gelir düzeyi (dönüm noktası) belirlenmiştir. Eski veri setinden elde edilen dönüm noktaları 11.499\$-22.576\$ arasındadır. Eski veri setinde kişi başına düşen en yüksek gelir düzeyi 11.254\$'dır. Elde edilen dönüm noktalarının hepsi bu düzeyinin üzerindedir. Yeni veri setinden elde edilen dönüm noktaları ise 9.343\$-14.542\$ arasındadır. Yeni

veri setinde kişi başına düşen en yüksek gelir düzeyi 13.312\$'dır. Elde edilen 7 dönüm noktasından 5'i bu düzeyinin üzerindedir. Genel olarak her iki veri setinde de elde edilen dönüm noktaları analiz döneminin dışında, daha yüksek bir değer olarak yer almaktadır.

Elde edilen bu bulgu Bölük ve Mert (2015), Tutulmaz (2015), Çağlar ve Mert (2017), Pata (2018a), Pata (2018b), Pata (2018c) ve Pata ve Yurtkuran (2018)'ın Türkiye için gerçekleştirdikleri ve dönüm noktasını analiz edilen dönemin dışında bulan çalışmaları destekler niteliktedir. Türkiye gelişmekte olan bir ülkedir. Dinda (2004) ve Iwata (2010)'nın gelişmekte olan ülkelerin henüz elde edilen dönüm noktasına erişemediği görüşü, Türkiye için analiz bulguları dahilinde geçerlidir.

Uzun dönemde kişi başına düşen gelir düzeyi ile CO₂ salımı arasındaki ilişkilerden bahsedildikten sonra diğer değişkenler ile bu salım arasındaki ilişkiler sınıflandırılabilir. Gelir düzeyinden sonra CO₂ salımını en çok etkileyen değişkenler fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi çeşitleri olarak tespit edilmiştir. Fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi, birincil enerji tüketimi ve toplam enerji tüketimi CO₂ salımını en fazla arttıran enerji türleri olarak belirlenmiştir. Petrol ve kömür tüketiminin CO₂ salımını arttırıcı etkileri diğer 3 değişkeni takip etmektedir. Elektrik tüketiminin ise CO₂ salımı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Hidro enerji ve alternatif enerji tüketimlerinin CO₂ salımını azaltıcı etkileri oldukça sınırlıdır. Yenilenebilir enerji tüketiminin ise CO₂ salımı üzerinde herhangi bir azaltıcı etkisi söz konusu değildir. Türkiye'de çevreci enerji kaynaklarının üretimi ve tüketimi toplam enerji içerisinde çok az bir paya sahiptir. Bu sebeple yenilenebilir enerji tüketimi, çevre kirliliğinin azaltılması için istenen etkiyi henüz gösterememektedir.

Finansal gelişme CO₂ salımını arttırmaktadır. Ancak bu etki hidro enerji ve alternatif enerji tüketiminde olduğu gibi oldukça sınırlıdır. Türkiye'de finansal gelişme CO₂ salımı üzerinde önemli bir belirleyici değildir.

Kentleşme değişkeni, gelir ve enerji tüketiminden sonra CO₂ salımını en fazla arttıran etkidir. Sanayileşme ise kentleşme kadar olmasa da CO₂ salımını arttıran diğer bir değişkendir. Hem kentleşme hem de sanayileşmedeki yükseliş, mal ve hizmet talebinde artışa sebebiyet vermektedir. Ürün tüketiminde gerçekleşen bu artış ise CO₂ salımında yükselişe neden olmaktadır.

Kısa dönemli bulgular ise uzun dönemden kısmen farklılık arz etmektedir. ARDL yaklaşımına dayalı hata düzeltme modellerinden elde edilen sonuçlara göre uzun dönemde olduğu gibi kısa dönemde de kişi başına düşen GSYİH ile CO₂ salımı arasında ters U şeklinde bir ilişki söz konusudur. Ancak eski veri seti ile oluşturulan 9 modelin ve yeni veri seti ile oluşturulan 8 modelin 5'inde bu durum geçerlidir.

Fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi, birincil enerji tüketimi, toplam enerji tüketimi ve elektrik tüketimi kısa dönemde CO₂ salımını en fazla arttıran enerji türleridir. Petrol ve kömür tüketimi de CO₂ salımını arttırmakta, hidro enerji, alternatif enerji ve yenilenebilir enerji tüketimleri ise bu salımı kısa dönemde azaltmaktadır. Yine de yenilenebilir enerji türlerinin CO₂ salımını azaltışı oldukça sınırlıdır.

Finansal gelişme uzun dönemde olduğu gibi kısa dönemde de CO₂ salımını en az arttıran değişken olarak tespit edilmiştir. Kentleşmenin kısa dönemde bu salım üzerinde hiçbir etkisi bulunmamaktadır. Sanayileşmenin de benzer şekilde kısa dönemde çevre kirliliği üzerinde herhangi bir etkisi yoktur.

Elde edilen ampirik bulgular değerlendirilecek olursa; Türkiye'nin belirtilen dönüm noktalarındaki gelir düzeylerine yakınsaması gerekmektedir. Şu anki kişi başına düşen gelir düzeyi CO₂ salımının azaltılması için yeterli değildir.

Türkiye'de enerji tüketiminin %80'den fazlası fosil yakıt kaynaklıdır. Yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payı ise yalnızca %6 civarındadır. Yenilenebilir enerji tüketimi, alternatif enerji tüketimi ve hidro enerji tüketimi CO₂ salımını azaltmada pek etkili değildir. Bu üç enerji tüketim çeşitinin her birinin toplam enerji tüketimindeki payı oldukça azdır. Yenilenebilir enerji tüketiminde artış sağlanır ise CO₂ salımı daha fazla azaltılabilir. Bu salımın azaltılması için fosil yakıt tüketiminin düşürülmesi ve ikame enerji kaynakları ile düşen bu tüketimin, üretimin sektöre uğratılmaması için telafi edilmesi gerekmektedir. Türkiye'de fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimlerinin CO₂ salımını arttırdıkları tespit edildiğinden dolayı, enerji etkinliğinin artırılması ve çevreci enerji kaynakları ile enerji tüketiminin gerçekleştirilmesi, çevre kalitesinin artırılması için bir gerekliliktir.

Kentleşme düzeyi de enerji tüketiminden sonra CO₂ salımını arttıran en önemli etkenlerden biridir. Kentleşmenin çevre kalitesi üzerindeki zararlı etkilerinin azaltılması için çevreci kentleşme planlarının yapılması ve çarpık kentleşme olgusunun giderilmesi gerekmektedir. Ayrıca kentsel taşımacılık faaliyetlerinde kamusal taşımacılığı yaygınlaştırarak fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan CO₂ salımı azaltılabilir. Şehir planlarında daha çevre dostu politikaların uygulanması ile birlikte enerji tüketiminin olumsuz etkileri sınırlandırılabilir.

Artan sanayi üretimi de CO₂ salımını arttırmaktadır. Sanayi sektöründe çevreci enerji kaynaklarının kullanılması için teşvikler verilmeli, CO₂ salımını düzenleyici ve denetleyici uygulamalar yürürlüğe konulmalıdır. İhracata dayalı bir sanayi yapısı olan Türkiye'de firmaların hem yerel halka hem de dış dünyaya satılan mallarda gerekli çevresel standartları sağlamaları gerekmektedir. Bu açıdan da CO₂ salımının azaltılması önem arz etmektedir. Sanayi sektöründe eski teknolojiler ile üretim gerçekleştiren fabrikalar, çevre kirliliğine sebebiyet verebilmektedir. Bu

kirliliğin önlenmesi için üretim sürecinden daha yeni ve çevreci teknolojilerin teşvik edilmesi gerekmektedir. Ayrıca sanayi ve enerji sektörüne verilen, çevre kirliliği yaratan sübvansiyonlar kesilmelidir.

Türkiye 2015 yılının sonunda yapılan Paris Konferansında CO₂ salımındaki artış hızını azaltmayı taahhüt etmiştir. Olumlu bir adım olsa da artışı, %21 oranında 2030 yılına kadar azaltarak yine CO₂ salımının yükseltilmesi yeterli değildir. Türkiye, AB'ye ve dünyadaki en güçlü 10 ekonomi arasına girmeyi hedefleyen bir ülkedir. Bu iki hedefi gerçekleştirebilmek için sürdürülebilir büyüme şarttır. CO₂ salımındaki artış, sürdürülebilir büyüme hedeflerindeki en önemli engellerden biridir. Bunu önlemek için yukarıda bahsedilen önlemlere ek olarak karbon yakalama ve depolama teknolojileri ile karbon vergileri uygulanabilir. Artan CO₂ salımı negatif dışsallıklar oluşturarak insan sağlığı üzerinde olumsuz etkide bulunabilir. Bu olumsuz etki takiben uzun dönemde beşeri sermaye ve verimlilikte azalışa sebebiyet verebilir. Üretimin azalması toplumsal refahın ve kişi başına düşen gelirin de azalmasına neden olacaktır. Karbon vergisi ile enerji tüketimi veya CO₂ salımı miktarına kısıtlama getirilerek daha çevreci bir yapı oluşturulabilir. Aynı zamanda karbon vergisinden elde edilen gelir ile işçi vergileri azaltılabilir. İşçi gibi üretimden pay alan ve ülkeye katma değer sağlayan bir üretim faktörü yerine CO₂ salımına vergi koymak, hem çevre kirliliğinin ve küresel çapta iklim değişikliği sorununun önlenmesine yardımcı olacak, hem de işçi vergilerindeki azalış ülkelerin refah düzeyinin yükselmesini sağlayacaktır. Bu iki politika düzgün bir şekilde gerçekleştirildiğinde çift yönlü bir kazanç elde edilecektir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Abdallah, Khaled Ben vd. (2013), "Indicators for Sustainable Energy Development: A Multivariate Cointegration and Causality Analysis from Tunisian Road Transport Sector", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 25, 34-43.
- Abdou, Doaa Mohamed Salman ve Atya, Eyah Mohammed (2013), "Investigating the Energy-Environmental Kuznets Curve: Evidence from Egypt", **International Journal of Green Economics**, 7(2), 103-115.
- Abdouli, Mohammad ve Hammami, Sami (2017), "Economic Growth, FDI Inflows and Their Impact on the Environment: An Empirical Study for the MENA Countries", **Quality & Quantity**, 51(1), 121-146.
- Abdullah, Sabah ve Morley, Bruce (2014), "Environmental Taxes and Economic Growth: Evidence from Panel Causality Tests", **Energy Economics**, 42, 27-33.
- Acaravci, Ali ve Akalin, Guray (2017), "Environment–Economic Growth Nexus: A Comparative Analysis of Developed and Developing Countries", **International Journal of Energy Economics and Policy**, 7(5), 34-43.
- Acaravci, Ali ve Ozturk, Ilhan (2010), "On the Relationship between Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth in Europe", **Energy**, 35(12), 5412-5420.
- Advisory Scientific Committee (2016), **Too Late, Too Sudden: Transition to a Low-Carbon Economy and Systemic Risk**, Report No. 6 of the Advisory Scientific Committee of the European Systemic Risk Board: Frankfurt.
- Ahmad, Ashfaq vd. (2016), "Carbon Emissions, Energy Consumption and Economic Growth: An Aggregate and Disaggregate Analysis of the Indian Economy", **Energy Policy**, 96, 131-143.
- Ahmad, Najid vd. (2017), "Modelling the CO₂ Emissions and Economic Growth in Croatia: Is There Any Environmental Kuznets Curve?", **Energy**, 123, 164-172.
- Ahmed, Khalid ve Long, Wei (2012), "Environmental Kuznets Curve and Pakistan: An Empirical Analysis", **Procedia Economics and Finance**, 1, 4-13.
- Ahmed, Khalid ve Qazi, Ahmer Qasim (2014), "Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emission in Mongolia: An Empirical Analysis", **Management of Environmental Quality: An International Journal**, 25(4), 505-516.

- Ahmed, Khalid vd. (2015), "The Linkages between Deforestation, Energy and Growth for Environmental Degradation in Pakistan", **Ecological Indicators**, 49, 95-103.
- _____ (2016), "Revisiting the Emissions-Energy-Trade Nexus: Evidence from the Newly Industrializing Countries", **Environmental Science and Pollution Research**, 23(8), 7676-7691.
- Akbostancı, Elif vd. (2009), "The Relationship between Income and Environment in Turkey: Is There an Environmental Kuznets Curve?", **Energy Policy**, 37(3), 861-867.
- Alam, Md. Mahmudul vd. (2016), "Relationships Among Carbon Emissions, Economic Growth, Energy Consumption and Population Growth: Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia", **Ecological Indicators**, 70, 466-479.
- Aldy, Joseph E. (2005), "An Environmental Kuznets Curve Analysis of US State-Level Carbon Dioxide Emissions", **The Journal of Environment & Development**, 14(1), 48-72.
- Ali, Sharafat vd. (2015), "Analyzing the Dynamics of Energy Consumption, Liberalization, Financial Development, Poverty and Carbon Emissions in Pakistan", **Journal of Applied Environmental and Biological Sciences**, 5(4), 166-183.
- Ali, Wajahat vd. (2016), "The Dynamic Linkage between Technological Innovation and CO₂ Emissions in Malaysia: An ARDL Bound Approach", **International Journal of Energy Economics and Policy**, 6(3), 389-400.
- _____ (2017a), "The Dynamic Relationship between Structural Change and CO₂ Emissions in Malaysia: A Cointegrating Approach", **Environmental Science and Pollution Research**, 24(14), 12723-12739.
- _____ (2017b), "Re-visiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Malaysia: Fresh Evidence from ARDL Bounds Testing Approach", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 77, 990-1000.
- Alkhatlan, Khalid ve Javid, Muhammad (2013), "Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth in Saudi Arabia: An Aggregate and Disaggregate Analysis", **Energy Policy**, 62, 1525-1532.
- Al-Mulali, Usama vd. (2015a), "Investigating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Vietnam", **Energy Policy**, 76, 123-131.
- _____ (2015b), "Estimating the Environment Kuznets Curve Hypothesis: Evidence from Latin America and the Caribbean Countries", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 50, 918-924.

- _____ (2015c), “Investigating the Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis by Utilizing the Ecological Footprint as an Indicator of Environmental Degradation”, **Ecological Indicators**, 48, 315-323.
- _____ (2016a), “Investigating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Seven Regions: The Role of Renewable Energy”, **Ecological Indicators**, 67, 267-282.
- _____ (2016b), “Investigating the Presence of the Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis in Kenya: An Autoregressive Distributed Lag (ARDL) Approach”, **Natural Hazards**, 80(3), 1729-1747.
- Al-Mulali, Usama ve Ozturk, Ilhan (2016), “The Investigation of Environmental Kuznets Curve Hypothesis in the Advanced Economies: The Role of Energy Prices”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 54, 1622-1631.
- Al Sayed, Ahmad R. ve Sek, Siok Kun (2013), “Environmental Kuznets Curve: Evidences from Developed and Developing Economies”, **Applied Mathematical Sciences**, 7(22), 1081-1092.
- Ajmi, Ahdi Noomen vd. (2015), “On the Relationships between CO₂ Emissions, Energy Consumption and Income: The Importance of Time Variation”, **Energy Economics**, 49, 629-638.
- Andreoni, James ve Levinson, Arik (2001), “The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve”, **Journal of Public Economics**, 80(2), 269-286.
- Ang, James B. (2007), “CO₂ Emissions, Energy Consumption, and Output in France”, **Energy Policy**, 35(10), 4772-4778.
- Antonakakis, Nikolaos vd. (2017), “Energy Consumption, CO₂ Emissions, and Economic Growth: An Ethical Dilemma”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 68, 808-824.
- Apergis, Nicholas ve Payne, James E. (2009), “CO₂ Emissions, Energy Usage, and Output in Central America”, **Energy Policy**, 37(8), 3282-3286.
- _____ (2010), “The Emissions, Energy Consumption, and Growth Nexus: Evidence from the Commonwealth of Independent States”, **Energy Policy**, 38(1), 650-655.
- Apergis, Nicholas ve Ozturk, Ilhan (2015), “Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Asian Countries”, **Ecological Indicators**, 52, 16-22.
- Arı, Ayşe ve Zeren, Fatma (2011), “CO₂ Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi”, **Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 18(2), 37-47.
- Arouri, Mohamed El Hedi vd. (2012), “Energy Consumption, Economic Growth and CO₂ Emissions in Middle East and North African Countries”, **Energy Policy**, 45, 342-349.

- _____ (2014), “Environmental Kuznets Curve in Thailand: Cointegration and Causality Analysis”, **The Journal of Energy and Development**, 39(1/2), 149-170.
- Artan, Seyfettin vd. (2015), “Türkiye’de Çevre Kirliliği, Dışa Açıklık ve Ekonomik Büyüme İlişkisi”, **Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi**, 13(1), 308-325.
- Asghari, Maryam (2012), “Environmental Kuznets Curve and Growth Source in Iran”, **Panoeconomicus**, 59(5), 609-623.
- Atasoy, Burak Sencer (2017), “Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis Across the US: Evidence from Panel Mean Group Estimators”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 77, 731-747.
- Atıcı, Cemal ve Kurt, Fırat (2007), “Türkiye'nin Dış Ticareti ve Çevre Kirliliği: Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı”, **Tarım Ekonomisi Dergisi**, 13(2), 61-69.
- Atıcı, Cemal (2009), “Carbon Emissions in Central and Eastern Europe: Environmental Kuznets Curve and Implications for Sustainable Development”, **Sustainable Development**, 17(3), 155-160.
- Aung, Thiri Shwesin vd. (2017), “Economic Growth and Environmental Pollution in Myanmar: An Analysis of Environmental Kuznets Curve”, **Environmental Science and Pollution Research**, 24(25), 20487-20501.
- Aydın, Halil İbrahim ve Eren, Mehmet Vahit (2018), “Malthus’un Ahı Tutarsa? Küresel İklim Değişikliğini Yeniden Düşünmek”, **İktisat ve Toplum**, 91, 65-70.
- Azam, Muhammad ve Khan, Abdul Qayyum (2016a), “Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Comparative Empirical Study for Low, Lower Middle, Upper Middle and High Income Countries”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 63, 556-567.
- _____ (2016b), “Urbanization and Environmental Degradation: Evidence from Four SAARC Countries-Bangladesh, India, Pakistan, and Sri Lanka”, **Environmental Progress & Sustainable Energy**, 35(3), 823-832.
- Azlina, A. A. vd. (2014), “Dynamic Linkages Among Transport Energy Consumption, Income and CO₂ Emission in Malaysia”, **Energy Policy**, 73, 598-606.
- Babu, Sinha Swati ve Datta, Soumyendra Kishore (2013), “The Relevance of Environmental Kuznets Curve (EKC) in a Framework of Broad-Based Environmental Degradation and Modified Measure of Growth—A Pooled Data Analysis”, **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, 20(4), 309-316.
- Baek, Jungho (2015a), “Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emissions: The Case of Arctic Countries”, **Energy Economics**, 50, 13-17.

- _____ (2015b), “A Panel Cointegration Analysis of CO₂ Emissions, Nuclear Energy and Income in Major Nuclear Generating Countries”, **Applied Energy**, 145, 133-138.
- Baek, Jungho ve Kim, Hyun Seok (2013), “Is Economic Growth Good or Bad for the Environment? Empirical Evidence from Korea”, **Energy Economics**, 36, 744-749.
- Bakirtas, Ibrahim ve Cetin, Mumin Atalay (2017), “Revisiting the Environmental Kuznets Curve and Pollution Haven Hypotheses: MIKTA Sample”, **Environmental Science and Pollution Research**, 24(22), 18273-18283.
- Balaguer, Jacint ve Cantavella, Manuel (2016), “Estimating the Environmental Kuznets Curve for Spain by Considering Fuel Oil Prices (1874–2011)”, **Ecological Indicators**, 60, 853-859.
- Balibey, Mesut (2015), “Relationships among CO₂ Emissions, Economic Growth and Foreign Direct Investment and the EKC Hypothesis in Turkey”, **International Journal of Energy Economics and Policy**, 5(4), 1042-1049.
- Balsalobre-Lorente, Daniel vd. (2018), “How Economic Growth, Renewable Electricity and Natural Resources Contribute to CO₂ Emissions?”, **Energy Policy**, 113, 356-367.
- Başar, Selim ve Temurlenk, Mehmet Sinan (2007), “Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama”, **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 21(1), 1-12.
- Beckerman, Wilfred (1992), “Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment?”, **World Development**, 20(4), 481-496.
- Begum, Rawshan Ara vd. (2015), “CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic and Population Growth in Malaysia”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 41, 594-601.
- Ben Jebli, Mehdi ve Youssef, Slim Ben (2015), “The Environmental Kuznets Curve, Economic Growth, Renewable and Non-Renewable Energy, and Trade in Tunisia”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 47, 173-185.
- Ben Jebli, Mehdi vd. (2015), “The Role of Renewable Energy Consumption and Trade: Environmental Kuznets Curve Analysis for Sub-Saharan Africa Countries”, **African Development Review**, 27(3), 288-300.
- _____ (2016), “Testing Environmental Kuznets Curve Hypothesis: The Role of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Trade in OECD Countries”, **Ecological Indicators**, 60, 824-831.
- Bilgili, Faik vd. (2016), “The Dynamic Impact of Renewable Energy Consumption on CO₂ Emissions: A Revisited Environmental Kuznets Curve Approach”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 54, 838-845.

- Birdsall, Nancy ve Wheeler, David (1993), "Trade Policy and Industrial Pollution in Latin America: Where Are the Pollution Havens?", **The Journal of Environment & Development**, 2(1), 137-149.
- Boamah, Kofi Baah vd. (2017), "Carbon Dioxide Emission and Economic Growth of China-the Role of International Trade", **Environmental Science and Pollution Research**, 24(14), 13049-13067.
- Boutabba, Mohamed Amine (2014), "The Impact of Financial Development, Income, Energy and Trade on Carbon Emissions: Evidence from the Indian Economy", **Economic Modelling**, 40, 33-41.
- Bouznit, Mohammed ve Pablo-Romero, Maria Del P. (2016), "CO₂ Emission and Economic Growth in Algeria", **Energy Policy**, 96, 93-104.
- Bölük, Gülден ve Mert, Mehmet (2014), "Fossil & Renewable Energy Consumption, GHGs (Greenhouse Gases) and Economic Growth: Evidence from a Panel of EU (European Union) Countries", **Energy**, 74, 439-446.
- _____ (2015), "The Renewable Energy, Growth and Environmental Kuznets Curve in Turkey: An ARDL Approach", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 52, 587-595.
- BP, (2018), "Statistical Review of World Energy", <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/excel/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-all-data.xlsx> (20.06.2018).
- Brock, William Allen ve Taylor, Michael Scott (2005), "Economic Growth and the Environment: A Review of Theory and Empirics", **In Handbook of Economic Growth (1749-1821)**, Elsevier, Netherlands.
- Chandran, V. G. R. ve Tang, Chor Foon (2013), "The Impacts of Transport Energy Consumption, Foreign Direct Investment and Income on CO₂ Emissions in ASEAN-5 Economies", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 24, 445-453.
- Chen, Wenhui ve Lei, Yalin (2018), "The Impacts of Renewable Energy and Technological Innovation on Environment-Energy-Growth Nexus: New Evidence from a Panel Quantile Regression", **Renewable Energy**, 123, 1-14.
- Chen, Yulong vd. (2019), "CO₂ Emissions, Economic Growth, Renewable and Non-renewable Energy Production and Foreign Trade in China", **Renewable Energy**, 131, 208-216.
- Cho, C.-H. vd. (2014), "An Environment Kuznets Curve for GHG Emissions: A Panel Cointegration Analysis", **Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy**, 9(2), 120-129.
- Chow, Gregory C. ve Li, Jie (2014), "Environmental Kuznets Curve: Conclusive Econometric Evidence for CO₂", **Pacific Economic Review**, 19(1), 1-7.

- Coondoo, Dipankor ve Dinda, Soumyananda (2002), "Causality between Income and Emission: A Country Group-Specific Econometric Analysis", **Ecological Economics**, 40(3), 351-367.
- Çağlar, Abdullah Emre ve Mert, Mehmet (2017), "Türkiye'de Çevresel Kuznets Hipotezi ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Karbon Salımı Üzerine Etkisi: Yapısal Kırımlı Eşbütünlük Yaklaşımı", **Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi**, 24(1), 21-38.
- Çiçek, Hüseyin Güçlü ve Çiçek, Serdar (2012), "Karbon Vergisi ile Karbon Ticareti İzinlerinin Karşılaştırılması", **İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi**, 47, 95-119.
- Çukurçayır, Mehmet Akif ve Sağır, Hayriye (2008), "Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları", **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 20, 257-278.
- Dam, Mehmet Metin vd. (2014), "Çevresel Kuznets Eğrisi ve Türkiye: Ampirik Bir Analiz", **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, EYİ 2013 Özel Sayısı, 85-96.
- Danish, vd. (2017), "Role of Renewable Energy and Non-Renewable Energy Consumption on EKC: Evidence from Pakistan", **Journal of Cleaner Production**, 156, 855-864.
- _____ (2018), "Energy Production, Economic Growth and CO₂ Emission: Evidence from Pakistan", **Natural Hazards**, 90(1), 27-50.
- Dasgupta, Susmita vd. (2002), "Confronting the Environmental Kuznets Curve", **Journal of Economic Perspectives**, 16(1), 147-168.
- Day, Kathleen M. ve Grafton, R. Quentin (2003), "Growth and the Environment in Canada: An Empirical Analysis", **Canadian Journal of Agricultural Economics**, 51(2), 197-216.
- De Bruyn, Sander M. vd. (1998), "Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Basis of Environmental Kuznets Curves", **Ecological Economics**, 25(2), 161-175.
- Demirbaş, Ayhan (2003), "Energy and Environmental Issues Relating to Greenhouse Gas Emissions in Turkey", **Energy Conversion and Management**, 44(1), 203-213.
- De Vita, Glauco vd. (2015), "Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in a Tourism Development Context", **Environmental Science and Pollution Research**, 22(21), 16652-16663.
- Destek, Mehmet Akif vd. (2016), "The Relationship between CO₂ Emission, Energy Consumption, Urbanization and Trade Openness for Selected CEECs", **Research in World Economy**, 7(1), 52-58.
- Dinda, Soumyananda (2004), "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", **Ecological Economics**, 49(4), 431-455.
- _____ (2005), "A Theoretical Basis for the Environmental Kuznets Curve", **Ecological Economics**, 53(3), 403-413.

- Dijkgraaf, Elbert ve Vollebergh, Herman R. J. (2005), "A Test for Parameter Homogeneity in CO₂ Panel EKC Estimations", **Environmental and Resource Economics**, 32(2), 229-239.
- Dogan, Eyup vd. (2017). "Investigating the Impacts of Energy Consumption, Real GDP, Tourism and Trade on CO₂ Emissions by Accounting for Cross-sectional Dependence: A Panel Study of OECD Countries", **Current Issues in Tourism**, 20(16), 1701-1719.
- Dogan, Eyup ve Turkekul, Berna (2016), "CO₂ Emissions, Real Output, Energy Consumption, Trade, Urbanization and Financial Development: Testing the EKC Hypothesis for the USA", **Environmental Science and Pollution Research**, 23(2), 1203-1213.
- Dogan, Eyup ve Seker, Fahri (2016a), "The Influence of Real Output, Renewable and Non-renewable Energy, Trade and Financial Development on Carbon Emissions in the Top Renewable Energy Countries", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 60, 1074-1085.
- _____ (2016b), "Determinants of CO₂ Emissions in the European Union: the Role of Renewable and Non-Renewable Energy", **Renewable Energy**, 94, 429-439.
- Dogan, Eyup ve Ozturk, Ilhan (2017), "The Influence of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Real Income on CO₂ Emissions in the USA: Evidence from Structural Break Tests", **Environmental Science and Pollution Research**, 24(11), 10846-10854.
- Dogan, Nezahat (2016), "Agriculture and Environmental Kuznet Curves in the Case of Turkey: Evidence from ARDL and Bounds Test", **Agricultural Economics**, 12, 566-574.
- Du, Limin vd. (2012), "Economic Development and Carbon Dioxide Emissions in China: Provincial Panel Data Analysis", **China Economic Review**, 23(2), 371-384.
- Dünya Bankası (2018), "Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri", <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators> (22.05.2018).
- Elliott, Graham vd. (1996), "Efficient Tests for An Autoregressive Unit Root", **Econometrica**, 64(4), 813-836.
- Engle, Robert Fry ve Granger, Clive William John (1987), "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing", **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, 55(2), 251-276.
- Erataş, Filiz ve Uysal, Doğan (2014). "Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımının "BRICT" Ülkeleri Kapsamında Değerlendirilmesi", **İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası**, 64(1), 1-25.
- Erol, Ece Demiray vd. (2013), "Çevresel Kuznets Eğrisi'nin Yükselen Piyasa Ekonomilerindeki Geçerliliği: Panel Veri Analizi" **Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 1, 400-415.

- Ertugrul, Hasan Murat vd. (2016), “The Impact of Trade Openness on Global Carbon Dioxide Emissions: Evidence from the Top Ten Emitters Among Developing Countries”, **Ecological Indicators**, 67, 543-555.
- Esteve, Vicente ve Tamarit, Cecilio (2012a), “Threshold Cointegration and Nonlinear Adjustment between CO₂ and Income: The Environmental Kuznets Curve in Spain, 1857–2007”, **Energy Economics**, 34(6), 2148-2156.
- _____ (2012b), “Is There an Environmental Kuznets Curve for Spain? Fresh Evidence from Old Data”, **Economic Modelling**, 29(6), 2696-2703.
- Farhani, Sahbi vd. (2014a), “CO₂ Emissions, Output, Energy Consumption, and Trade in Tunisia”, **Economic Modelling**, 38, 426-434.
- _____ (2014b), “The Environmental Kuznets Curve and Sustainability: A Panel Data Analysis”, **Energy Policy**, 71, 189-198.
- Farhani, Sahbi ve Ozturk, Ilhan (2015), “Causal Relationship between CO₂ Emissions, Real GDP, Energy Consumption, Financial Development, Trade Openness, and Urbanization in Tunisia”, **Environmental Science and Pollution Research**, 22(20), 15663-15676.
- Farhani, Sahbi ve Shahbaz, Muhammad (2014), “What Role of Renewable and Non-renewable Electricity Consumption and Output is Needed to Initially Mitigate CO₂ Emissions in MENA Region?” **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 40, 80-90.
- Fodha, Mouez ve Zaghoud, Oussama (2010), “Economic Growth and Pollutant Emissions in Tunisia: An Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve”, **Energy Policy**, 38(2), 1150-1156.
- Friedl, Birgit ve Getzner, Michael (2003), “Determinants of CO₂ Emissions in a Small Open Economy”, **Ecological Economics**, 45(1), 133-148.
- Gibbins, Jon ve Chalmers, Hannah (2008), “Carbon Capture and Storage”, **Energy Policy**, 36(12), 4317-4322.
- Giddens, Anthony (2009), **The Politics of Climate Change. Polity Press**, Cambridge, UK.
- Gill, Abid Rashid vd. (2018), “A Test of Environmental Kuznets Curve (EKC) for Carbon Emission and Potential of Renewable Energy to Reduce Green House Gases (GHG) in Malaysia”, **Environment, Development and Sustainability**, 20(3), 1103-1114.
- Goldemberg, Jose (1998), “Leapfrog Energy Technologies”, **Energy Policy**, 26(10), 729-741.
- Gómez, Mario ve Rodríguez, José Carlos (2016), “Analysis of Causality between Economic Growth and Carbon Emissions: The Case of Mexico 1971-2011”, **World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering**, 10(12), 1074-1079.

- Ghosh, Sajal (2002), "Electricity Consumption and Economic Growth in India", **Energy Policy**, 30(2), 125-129.
- Govindaraju, VGR Chandran ve Tang, Chor Foon (2013), "The Dynamic Links between CO₂ Emissions, Economic Growth and Coal Consumption in China and India", **Applied Energy**, 104, 310-318.
- Gozgor, Giray ve Can, Muhlis (2016), "Export Product Diversification and the Environmental Kuznets Curve: Evidence from Turkey", **Environmental Science and Pollution Research**, 23(21), 21594-21603.
- Gökmenoğlu, Korhan ve Taspinar, Nigar (2016), "The Relationship between CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic Growth and FDI: The Case of Turkey", **The Journal of International Trade & Economic Development**, 25(5), 706-723.
- Gregory, Allan W. ve Hansen, Bruce E. (1996), "Residual-Based Tests for Cointegration in Models with Regime Shifts", **Journal of Econometrics**, 70(1), 99-126.
- Grossman, Gene M. ve Krueger, Alan B. (1991), **Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement** (No. w3914). National Bureau of Economic Research.
- Guangyue, Xu ve Deyong, Song (2011), "An Empirical Study on the Environmental Kuznets Curve for China's Carbon Emissions: Based on Provincial Panel Data", **Chinese Journal of Population Resources and Environment**, 9(3), 66-76.
- Gümrükçü, Harun ve Ersoy, Güneş (2018), "Küresel Çağ'ında İklim Değişikliği ve Ekonomik Politik", **İktisat ve Toplum**, 91, 27-38.
- Halicioğlu, Ferda (2009), "An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey", **Energy Policy**, 37(3), 1156-1164.
- Halicioğlu, Ferda ve Ketenci, Natalya (2016), "The Impact of International Trade on Environmental Quality: The Case of Transition Countries", **Energy**, 109, 1130-1138.
- Hamit-Haggar, Mahamat (2012), "Greenhouse Gas Emissions, Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis from Canadian Industrial Sector Perspective", **Energy Economics**, 34(1), 358-364.
- Hanif, Imran (2017), "Economics-Energy-Environment Nexus in Latin America and the Caribbean", **Energy**, 141, 170-178.
- Haq, Ihtistam ul vd. (2016), "Empirical Investigation of Environmental Kuznets Curve for Carbon Emission in Morocco", **Ecological Indicators**, 67, 491-496.
- Hatemi-J, Abdunnasser (2008), "Tests for Cointegration with Two Unknown Regime Shifts with an Application to Financial Market Integration", **Empirical Economics**, 35(3), 497-505.

- Heidari, Hassan vd. (2015), “Economic Growth, CO₂ Emissions, and Energy Consumption in the Five ASEAN Countries”, **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, 64, 785-791.
- Holtedahl, Pernille ve Joutz, Frederick L. (2004), “Residential Electricity Demand in Taiwan”, **Energy Economics**, 26(2), 201-224.
- Hossain, Sharif (2012), “An Econometric Analysis for CO₂ Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Foreign Trade and Urbanization of Japan”, **Low Carbon Economy**, 3(3), 92-105.
- Howarth, Richard B. (1997), “Energy Efficiency and Economic Growth”, **Contemporary Economic Policy**, 15(4), 1-9.
- Hussain, Matloub vd. (2012), “An Econometric Study of Carbon Dioxide (CO₂) Emissions, Energy Consumption, and Economic Growth of Pakistan”, **International Journal of Energy Sector Management**, 6(4), 518-533.
- IEA (2008), **CO₂ Capture and Storage: A Key Carbon Abatement Option**, International Energy Agency Publications, Paris.
- _____ (2017), **CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights**, International Energy Agency Publications, Paris.
- _____ (2018), “IEA Headline Energy Data”, https://www.iea.org/media/statistics/IEA_HeadlineEnergyData_2017.xlsx (20.04.2018).
- Ibrahim, Mansor H. ve Law, Siong Hook (2014), “Social Capital and CO₂ Emission-Output Relations: A Panel Analysis”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 29, 528-534.
- Ibrahim, Mansor H. ve Rizvi, Syed Aun R. (2015), “Emissions and Trade in Southeast and East Asian Countries: A Panel Co-integration Analysis”, **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, 7(4), 460-475.
- Inglesi-Lotz, Roula ve Dogan, Eyup (2018), “The Role of Renewable versus Non-Renewable Energy to the Level of CO₂ Emissions a Panel Analysis of Sub-Saharan Africa’s Big 10 Electricity Generators”, **Renewable Energy**, 123, 36-43.
- IPCC (2005), **Carbon Capture and Storage**, Cambridge University Press, Canada.
- _____ (2007), **The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Geneva, Switzerland.
- IRENA vd. (2018), “Renewable Energy Policies in a Time of Transition”, http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_IEA_REN21_Policies_2018.pdf (21.11.2018).

- Iwata, Hiroki vd. (2010), "Empirical Study on the Environmental Kuznets Curve for CO₂ in France: The Role of Nuclear Energy", **Energy Policy**, 38(8), 4057-4063.
- _____ (2011), "A Note on the Environmental Kuznets Curve for CO₂: A Pooled Mean Group Approach", **Applied Energy**, 88(5), 1986-1996.
- Jaforullah, Mohammad ve King, Alan (2017), "The Econometric Consequences of an Energy Consumption Variable in a Model of CO₂ Emissions", **Energy Economics**, 63, 84-91.
- Jalil, Abdul ve Mahmud, Syed F. (2009), "Environment Kuznets Curve for CO₂ Emissions: A Cointegration Analysis for China", **Energy Policy**, 37(12), 5167-5172.
- Jalil, Abdul ve Feridun, Mete (2011), "The Impact of Growth, Energy and Financial Development on the Environment in China: A Cointegration Analysis", **Energy Economics**, 33, 284-291.
- Jaunky, Vishal Chandr (2011), "The CO₂ Emissions-Income Nexus: Evidence from Rich Countries", **Energy Policy**, 39(3), 1228-1240.
- Javid, Muhammad ve Sharif, Fatima (2016), "Environmental Kuznets Curve and Financial Development in Pakistan", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 54, 406-414.
- Jayanthakumaran, Kankesu ve Liu, Ying (2012), "Openness and the Environmental Kuznets Curve: Evidence from China", **Economic Modelling**, 29(3), 566-576.
- Jayanthakumaran, Kankesu vd. (2012), "CO₂ Emissions, Energy Consumption, Trade and Income: A Comparative Analysis of China and India", **Energy Policy**, 42, 450-460.
- Johansen, Søren ve Juselius, Katarina (1990), "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money", **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, 52(2), 169-210.
- John, Andrew ve Pecchenino, Rowena (1994), "An Overlapping Generations Model of Growth and the Environment", **The Economic Journal**, 104, 1393-1410.
- Kaika, Dimitra ve Zervas, Efthimios (2013), "The Environmental Kuznets Curve (EKC) Theory-Part A: Concept, Causes and the CO₂ Emissions Case", **Energy Policy**, 62, 1392-1402.
- Kais, Saidi ve Sami, Hammami (2016), "An Econometric Study of the Impact of Economic Growth and Energy Use on Carbon Emissions: Panel Data Evidence from Fifty Eight Countries", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 59, 1101-1110.
- Kanjilal, Kakali ve Ghosh, Sajal (2013), "Environmental Kuznet's Curve for India: Evidence from Tests for Cointegration with Unknown Structural Breaks", **Energy Policy**, 56, 509-515.
- Kasman, Adnan ve Duman, Yavuz Selman (2015), "CO₂ Emissions, Economic Growth, Energy Consumption, Trade and Urbanization in New EU Member and Candidate Countries: A Panel Data Analysis", **Economic Modelling**, 44, 97-103.

- Katircioğlu, Salih Turan ve Taşınar, Nigar (2017), “Testing the Moderating Role of Financial Development in an Environmental Kuznets Curve: Empirical Evidence from Turkey”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 68, 572-586.
- Katircioğlu, Setareh ve Katircioğlu, Salih Turan (2018a), “Testing the Role of Urban Development in the Conventional Environmental Kuznets Curve: Evidence from Turkey”, **Applied Economics Letters**, 25(11), 741-746.
- Katircioğlu, Salih Turan ve Katircioğlu, Setareh (2018b), “Testing the Role of Fiscal Policy in the Environmental Degradation: The Case of Turkey”, **Environmental Science and Pollution Research**, 25(6), 5616-5630.
- Kaygusuz, Kamil (2009), “Energy and Environmental Issues Relating to Greenhouse Gas Emissions for Sustainable Development in Turkey”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 13(1), 253-270.
- Keleş, Ruşen (2015), **100 Soruda Çevre, Çevre Sorunları ve Çevre Politikası**, 2. Baskı, Yakın Kitapevi Yayınları, İzmir.
- Keleş, Ruşen vd. (2015), **Çevre Politikası**, 8. Baskı, İmge Kitapları Yayınları, Ankara.
- Kılıç, Ramazan ve Akalın, Güray (2016), “Türkiye’de Çevre ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı”, **Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 16(2), 49-60.
- Kıvılcım, İlge (2014), **Türkiye’nin Karbon Piyasalarındaki Mevcut Durumu**, İktisadi Kalkınma Vakfı, İstanbul.
- Kim, Hyun S. ve Baek, Jungho (2011), “The Environmental Consequences of Economic Growth Revisited”, **Economics Bulletin**, 31(2), 1-13.
- Kiviyiro, Pendo ve Arminen, Heli (2014), “Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, and Foreign Direct Investment: Causality Analysis for Sub-Saharan Africa”, **Energy**, 74, 595-606.
- Kleemann, Linda ve Abdulai, Awudu (2013), “The Impact of Trade and Economic Growth on the Environment: Revisiting the Cross-country Evidence”, **Journal of International Development**, 25(2), 180-205.
- Kohler, Marcel (2013), “CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade: A South African Perspective”, **Energy Policy**, 63, 1042-1050.
- Kömür Atlası (2017), “Fosil Yakıtlar Hakkında Olgular ve Rakamlar”, https://tr.boell.org/sites/default/files/komur_atlasi.pdf (01.11.2018).
- Kraemer, Moritz ve Negrila, Liliana (2014), **Climate Change is a Global Mega-Trend for Sovereign Risk**, Standard & Poor’s Ratings Services: Frankfurt.

- Lacheheb, Miloud vd. (2015), “Economic Growth and CO₂ Emissions: Investigating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Algeria”, **International Journal of Energy Economics and Policy**, 5(4), 1125-1132.
- Lantz, Van ve Feng, Q. (2006), “Assessing Income, Population, and Technology Impacts on CO₂ Emissions in Canada: Where's the EKC?”, **Ecological Economics**, 57(2), 229-238.
- Lapinskienė, Giedrė vd. (2014), “Greenhouse Gases Emissions and Economic Growth—Evidence Substantiating the Presence of Environmental Kuznets Curve in the EU”, **Technological and Economic Development of Economy**, 20(1), 65-78.
- Lau, Lin-Sea vd. (2014), “Investigation of the Environmental Kuznets Curve for Carbon Emissions in Malaysia: Do Foreign Direct Investment and Trade Matter?”, **Energy Policy**, 68, 490-497.
- Lean, Hooi Hooi ve Smyth, Russell (2010), “CO₂ Emissions, Electricity Consumption and Output in ASEAN”, **Applied Energy**, 87(6), 1858-1864.
- Lee, Chien-Chiang vd. (2010), “The Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Water Pollution: Do Regions Matter?” **Energy Policy**, 38(1), 12-23.
- Lee, Joe-Ming vd. (2015), “The Relationship between CO₂ Emissions and Financial Development: Evidence from OECD countries”, **The Singapore Economic Review**, 60(05), 1550117-1-1550117-21.
- Leitão, Nuno Carlos ve Shahbaz, Muhammad (2013), “Carbon Dioxide Emissions, Urbanization and Globalization: A Dynamic Panel Data”, **Economic Research Guardian**, 3(1), 22-32.
- Li, Tingting, vd. (2016), “Environmental Kuznets Curve in China: New Evidence from Dynamic Panel Analysis”, **Energy Policy**, 91, 138-147.
- Lise, Wietze (2006), “Decomposition of CO₂ Emissions over 1980–2003 in Turkey”, **Energy Policy**, 34(14), 1841-1852.
- Lise, Wietze ve Van Montfort, Kees (2007), “Energy Consumption and GDP in Turkey: Is There a Co-integration Relationship?” **Energy Economics**, 29(6), 1166-1178.
- Liu, Xuyi vd. (2017), “The Impact of Renewable Energy and Agriculture on Carbon Dioxide Emissions: Investigating the Environmental Kuznets Curve in Four Selected ASEAN Countries”, **Journal of Cleaner Production**, 164, 1239-1247.
- Liu, Xuyi ve Bae, Junghan (2018), “Urbanization and Industrialization Impact of CO₂ Emissions in China”, **Journal of Cleaner Production**, 172, 178-186.
- Llorca, Matthieu ve Meunier, André (2009), “SO₂ Emissions and the Environmental Kuznets Curve: The Case of Chinese Provinces”, **Journal of Chinese Economic and Business Studies**, 7(1), 1-16.

- Lotfalipour, Mohammad Reza vd. (2010), "Economic Growth, CO₂ Emissions, and Fossil Fuels Consumption in Iran", **Energy**, 35(12), 5115-5120.
- López-Menéndez, Ana Jesús vd. (2014), "Environmental Costs and Renewable Energy: Re-Visiting the Environmental Kuznets Curve", **Journal of Environmental Management**, 145, 368-373.
- Lumsdaine, Robin L. ve Papell, David H. (1997), "Multiple Trend Breaks and the Unit-Root Hypothesis", **Review of Economics and Statistics**, 79(2), 212-218.
- Magnani, Elisabetta (2001), "The Environmental Kuznets Curve: Development Path or Policy Result?", **Environmental Modelling & Software**, 16(2), 157-165.
- Maki, Daiki (2012), "Tests for Cointegration Allowing for an Unknown Number of Breaks", **Economic Modelling**, 29(5), 2011-2015.
- Managi, Shunsuke (2006), "Are There Increasing Returns to Pollution Abatement? Empirical Analytics of the Environmental Kuznets Curve in Pesticides", **Ecological Economics**, 58(3), 617-636.
- Markandya, Anil vd. (2006), "Empirical Analysis of National Income and SO₂ Emissions in Selected European Countries", **Environmental and Resource Economics**, 35(3), 221-257.
- Marrero, Gustavo A. (2010), "Greenhouse Gases Emissions, Growth and the Energy Mix in Europe", **Energy Economics**, 32(6), 1356-1363.
- Martínez-Zarzoso, Inmaculada vd. (2004), "Pooled Mean Group Estimation of an Environmental Kuznets Curve for CO₂", **Economics Letters**, 82(1), 121-126.
- Martínez-Zarzoso, Inmaculada ve Maruotti, Antonello (2011), "The Impact of Urbanization on CO₂ Emissions: Evidence from Developing Countries", **Ecological Economics**, 70(7), 1344-1353.
- Menegaki, Angeliki N. ve Tsagarakis, Konstantinos P. (2015), "Rich Enough to Go Renewable, but Too Early to Leave Fossil Energy?", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 41, 1465-1477.
- Mert, Mehmet ve Bölük, Gülden (2016), "Do Foreign Direct Investment and Renewable Energy Consumption Affect the CO₂ Emissions? New Evidence from a Panel ARDL Approach to Kyoto Annex Countries", **Environmental Science and Pollution Research**, 23(21), 21669-21681.
- Mishra, Vidon vd. (2009), "The Energy-GDP Nexus: Evidence from a Panel of Pacific Island Countries", **Resource and Energy Economics**, 31(3), 210-220.
- Moghadam, Hadi Esmailpour ve Dehbashi, Vahid (2018), "The Impact of Financial Development and Trade on Environmental Quality in Iran", **Empirical Economics**, 54(4), 1777-1799.

- Moomaw, William R. ve Unruh, Gregory C. (1997), “Are Environmental Kuznets Curves Misleading Us? The Case of CO₂ Emissions”, **Environment and Development Economics**, 2(4), 451-463.
- Mrabet, Zouhair vd. (2017), “The Impact of Economic Development on Environmental Degradation in Qatar”, **Environmental and Ecological Statistics**, 24(1), 7-38.
- Mrabet, Zouhair ve Alsamara, Mouyad (2017), “Testing the Kuznets Curve Hypothesis for Qatar: A Comparison between Carbon Dioxide and Ecological Footprint”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 70, 1366-1375.
- Mugableh, Mohamed Ibrahim (2015), “Economic Growth, CO₂ Emissions, and Financial Development in Jordan: Equilibrium and Dynamic Causality Analysis”, **International Journal of Economics and Finance**, 7(7), 98-105.
- Munasinghe, Mohan (1993), **Environmental Economics and Sustainable Development**, Washington: World Bank Publications.
- _____ (1999), “Is Environmental Degradation an Inevitable Consequence of Economic Growth: Tunneling Through the Environmental Kuznets Curve”, **Ecological Economics**, 29(1), 89-109.
- Munir, Sehar ve Khan, Azra (2014), “Impact of Fossil Fuel Energy Consumption on CO₂ Emissions: Evidence from Pakistan (1980-2010)”, **The Pakistan Development Review**, 53(4), 327-346.
- Narayan, Paresh Kumar (2005), “The Saving and Investment Nexus for China: Evidence from Cointegration Tests”, **Applied Economics**, 37(17), 1979-1990.
- Narayan, Paresh Kumar ve Narayan, Seema (2005a), “Are Exports and Imports Cointegrated? Evidence from 22 Least Developed Countries”, **Applied Economics Letters**, 12(6), 375-378.
- _____ (2005b), “Estimating Income and Price Elasticities of Imports for Fiji in a Cointegration Framework”, **Economic Modelling**, 22(3), 423-438.
- _____ (2010), “Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: Panel Data Evidence from Developing Countries”, **Energy Policy**, 38(1), 661-666.
- Narayan, Paresh Kumar ve Smyth, Russell (2006a), “Higher Education, Real Income and Real Investment in China: Evidence from Granger Causality Tests”, **Education Economics**, 14(1), 107-125.
- _____ (2006b), “What Determines Migration Flows from Low-Income to High-Income Countries? An Empirical Investigation of Fiji–Us Migration 1972–2001”, **Contemporary Economic Policy**, 24(2), 332-342.
- Nasir, Muhammad ve Rehman, Faiz Ur (2011), “Environmental Kuznets Curve for Carbon Emissions in Pakistan: An Empirical Investigation”, **Energy Policy**, 39(3), 1857-1864.

- Nasreen, Samia vd. (2017), “Financial Stability, Energy Consumption and Environmental Quality: Evidence from South Asian Economies”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 67, 1105-1122.
- Och, Maralgua (2017), “Empirical Investigation of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Nitrous Oxide Emissions for Mongolia”, **International Journal of Energy Economics and Policy**, 7(1), 117-128.
- OECD (2016), **Effective Carbon Rates: Pricing CO₂ through Taxes and Emissions Trading Systems**, OECD Publishing, Paris.
- _____ (2017), “Environmentally Related Taxes: Taxes on Energy Use” <https://www.oecd.org/tax/tax-policy/environmental-tax-profile-turkey.pdf> (02.11.2017).
- _____ (2018), “OECD.stat” http://stats.oecd.org/index.aspx?DatasetCode=ENV_ENVPOLICY(05.03.2018).
- Omisakin, Olusegun Akin (2009), “Economic Growth and Environmental Quality in Nigeria: Does Environmental Kuznets Curve Hypothesis Hold?”, **Environmental Research Journal**, 3(1), 14-18.
- Onafowora, Olugbenga A. ve Owoye, Oluwole (2014), “Bounds Testing Approach to Analysis of the Environment Kuznets Curve Hypothesis”, **Energy Economics**, 44, 47-62.
- Onater-Isberk, Esra (2016), “Environmental Kuznets Curve Under Noncarbohydrate Energy”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 64, 338-347.
- Osabuohien, Evans S. vd. (2014), “Beyond the Environmental Kuznets Curve in Africa: Evidence from Panel Cointegration”, **Journal of Environmental Policy & Planning**, 16(4), 517-538.
- Ozturk, Ilhan ve Acaravci, Ali (2010), “CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Turkey”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 14(9), 3220-3225.
- _____ (2013), “The Long-Run and Causal Analysis of Energy, Growth, Openness and Financial Development on Carbon Emissions in Turkey”, **Energy Economics**, 36, 262-267.
- Ozturk, Ilhan ve Al-Mulali, Usama (2015), “Investigating the Validity of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Cambodia”, **Ecological Indicators**, 57, 324-330.
- Ozatac, Nesrin vd. (2017), “Testing the EKC Hypothesis by Considering Trade Openness, Urbanization, and Financial Development: The Case of Turkey”, **Environmental Science and Pollution Research**, 24, 16690-16701.
- Ozcan, Burcu (2013), “The Nexus between Carbon Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Middle East Countries: A Panel Data Analysis”, **Energy Policy**, 62, 1138-1147.
- Ozcan, Mustafa (2016), “Estimation of Turkey’ s GHG Emissions from Electricity Generation by Fuel Types”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 53, 832-840.

- Özcan, Burcu (2015), “ÇKE Hipotezi Yükselen Piyasa Ekonomileri İçin Geçerli mi? Panel Veri Analizi”, **Doğuş Üniversitesi Dergisi**, 16(1), 1-14.
- Özokcu, Selin ve Özdemir, Özlem (2017), “Economic Growth, Energy, and Environmental Kuznets Curve”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 72, 639-647.
- Öztürk, Atakan vd. (2012), “İklim Değişikliği ile Mücadelede Karbon Piyasaları ve Türkiye İçin Bir Değerlendirme”, **KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi**, Özel Sayı, 306-312.
- Pablo-Romero, Maria Del P. ve De Jesús, Josué (2016), “Economic Growth and Energy Consumption: The Energy-Environmental Kuznets Curve for Latin America and the Caribbean”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 60, 1343-1350.
- Pacione, Michael (2009), **Urban Geography: A Global Perspective Third edition**, Routledge, London.
- Pal, Debdatta ve Mitra, Subrata Kumar (2017), “The Environmental Kuznets Curve for Carbon Dioxide in India and China: Growth and Pollution at Crossroad”, **Journal of Policy Modeling**, 39(2), 371-385.
- Panayotou, Theodore (1993), **Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development** (No. 992927783402676). International Labour Organization.
- Pao, Hsiao-Tien ve Tsai, Chung-Ming (2010), “CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in BRIC Countries”, **Energy Policy**, 38(12), 7850-7860.
- Pao, Hsiao-Tien vd. (2011), “Modeling the CO₂ Emissions, Energy Use, and Economic Growth in Russia”, **Energy**, 36(8), 5094-5100.
- Pao, Hsiao-Tien ve Tsai, Chung-Ming (2011a), “Modeling and Forecasting the CO₂ Emissions, Energy Consumption, and Economic Growth in Brazil”, **Energy**, 36(5), 2450-2458.
- _____ (2011b), “Multivariate Granger Causality between CO₂ Emissions, Energy Consumption, FDI (Foreign Direct Investment) and GDP (Gross Domestic Product): Evidence from a Panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) Countries”, **Energy**, 36(1), 685-693.
- Parasız, İlker ve Eren, Nazım (2015), **Örnek Olaylarla Makro İktisat**, Ekin Yayınevi, Bursa.
- Park, Sun-Young ve Yoo, Seung-Hoon (2014), “The Dynamics of Oil Consumption and Economic Growth in Malaysia”, **Energy Policy**, 66, 218-223.
- Pata, Uğur Korkut (2018a), “The Effect of Urbanization and Industrialization on Carbon Emissions in Turkey: Evidence from ARDL Bounds Testing Procedure”, **Environmental Science and Pollution Research**, 25(8), 7740-7747.

- _____ (2018b), “Renewable Energy Consumption, Urbanization, Financial Development, Income and CO₂ Emissions in Turkey: Testing EKC Hypothesis with Structural Breaks”, **Journal of Cleaner Production**, 187, 770-779.
- _____ (2018c), “The Influence of Coal and Noncarbohydrate Energy Consumption on CO₂ Emissions: Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Turkey”, **Energy**, 160, 1115-1123.
- Pata, Uğur Korkut ve Yurtkuran, Süleyman (2018), “Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Nüfus Yoğunluğu ve Finansal Gelişmenin CO₂ Salımına Etkisi: Türkiye Örneği”, **Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi**, Prof. Dr. Harun TERZİ Özel Sayısı, 303-318.
- Perman, Roger ve Stern, David Ian (2003), “Evidence from Panel Unit Root and Cointegration Tests that the Environmental Kuznets Curve Does Not Exist”, **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, 47(3), 325-347.
- Pesaran, Mohammad Hashem vd. (2001), “Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships”, **Journal of Applied Econometrics**, 16(3), 289-326.
- Pesaran, Mohammad Hashem ve Shin, Yongcheol (1999), “An Autoregressive Distributed Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis”, In: Symposium Strom S, Editor. **Chapter 11 in Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: the Ragnar Frisch Centennial**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ponce de Leon Barido, Diego ve Marshall, Jullian D. (2014), “Relationship between Urbanization and CO₂ Emissions Depends on Income Level and Policy”, **Environmental Science & Technology**, 48(7), 3632-3639.
- Rafindadi, Abdulkadir Abdulrashid (2016), “Revisiting the Concept of Environmental Kuznets Curve in Period of Energy Disaster and Deteriorating Income: Empirical Evidence from Japan”, **Energy Policy**, 94, 274-284.
- Rahman, Mohammad Mafizur (2017), “Do Population Density, Economic Growth, Energy Use and Exports Adversely Affect Environmental Quality in Asian Populous Countries?”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 77, 506-514.
- REN21 (2018), **Renewables 2018 Global Status Report**, Renewable Energy Policy Network for the 21th Century, Paris.
- Richmond, Amy K. ve Kaufmann, Robert K. (2006a), “Is There a Turning Point in the Relationship between Income and Energy Use and/or Carbon Emissions?”, **Ecological Economics**, 56(2), 176-189.
- _____ (2006b), “Energy Prices and Turning Points: The Relationship between Income and Energy Use/Carbon Emissions”, **The Energy Journal**, 157-180.

- Roca, Jordi vd. (2001), "Economic Growth and Atmospheric Pollution in Spain: Discussing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis", **Ecological Economics**, 39(1), 85-99.
- Rosa, Eugene A. ve Dietz, Thomas (2012), "Human Drivers of National Greenhouse-Gas Emissions", **Nature Climate Change**, 2(8), 581-586.
- Rosenberg, Nathan (1998), "The Role of Electricity in Industrial Development", **The Energy Journal**, 19(2), 7-24.
- Saboori, Behnaz vd. (2012a), "Economic Growth and CO₂ Emissions in Malaysia: A Cointegration Analysis of the Environmental Kuznets Curve", **Energy Policy**, 51, 184-191.
- _____ (2012b), "An Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emissions in Indonesia: The Role of Energy Consumption and Foreign Trade", **International Journal of Economics and Finance**, 4(2), 243-251.
- Saboori, Behnaz ve Sulaiman, Jamalludin (2013a), "Environmental Degradation, Economic Growth and Energy Consumption: Evidence of the Environmental Kuznets Curve in Malaysia", **Energy Policy**, 60, 892-905.
- _____ (2013b), "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Countries: A Cointegration Approach", **Energy**, 55, 813-822.
- Saboori, Behnaz vd. (2016), "Environmental Kuznets Curve and Energy Consumption in Malaysia: A Cointegration Approach", **Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy**, 11(9), 861-867.
- Saboori, Behnaz ve Soleymani, A. (2011), "CO₂ Emissions, Economic Growth and Energy Consumption in Iran: A Co-integration Approach", **International Journal of Environmental Sciences**, 2(1), 44-53.
- Sadorsky, Perry (2010), "The Impact of Financial Development on Energy Consumption in Emerging Economies", **Energy Policy**, 38(5), 2528-2535.
- Sapkota, Pratikshya ve Bastola, Umesh (2017), "Foreign Direct Investment, Income, and Environmental Pollution in Developing Countries: Panel Data Analysis of Latin America", **Energy Economics**, 64, 206-212.
- Schwert, G. William (1989), "Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation", **Journal of Business & Economic Statistics**, 7(2), 147-159.
- Sehrawat, Madhu vd. (2015), "The Impact of Financial Development, Economic Growth and Energy Consumption on Environmental Degradation: Evidence from India", **Management of Environmental Quality: An International Journal**, 26(5), 666-682.

- Sebri, Maamar ve Ben-Salha, Ousama (2014), “On the Causal Dynamics between Economic Growth, Renewable Energy Consumption, CO₂ Emissions and Trade Openness: Fresh Evidence from BRICS Countries”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 39, 14-23.
- Seker, Fahri vd. (2015), “The Impact of Foreign Direct Investment on Environmental Quality: A Bounds Testing and Causality Analysis for Turkey”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 52, 347-356.
- Selden, Thomas M. ve Song, Daqing (1994), “Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?” **Journal of Environmental Economics and Management**, 27(2), 147-162.
- Sephton, Peter ve Mann, Janelle (2016), “Compelling Evidence of an Environmental Kuznets Curve in the United Kingdom”, **Environmental and Resource Economics**, 64(2), 301-315.
- Seto, Karen C. vd. (2010), “The New Geography of Contemporary Urbanization and the Environment”, **Annual Review of Environment and Resources**, 35, 167-194.
- Shafiei, Sahar ve Salim, Ruhul A. (2014), “Non-renewable and Renewable Energy Consumption and CO₂ Emissions in OECD Countries: A Comparative Analysis”, **Energy Policy**, 66, 547-556.
- Shafik, Nemat ve Bandyopadhyay, Sushenjit (1992), **Economic Growth and Environmental Quality: Time-Series and Cross-Country Evidence**, (Vol. 904). Washington: World Bank Publications.
- Shahbaz, Muhammad vd. (2012), “Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Pakistan: Cointegration and Granger Causality”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 16(5), 2947-2953.
- Shahbaz, Muhammad (2013), “Does Financial Instability Increase Environmental Degradation? Fresh Evidence from Pakistan”, **Economic Modelling**, 33, 537-544.
- Shahbaz, Muhammad vd. (2013a), “Revisiting the Environmental Kuznets Curve in a Global Economy”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 25, 494-502.
- _____ (2013b), “Environmental Kuznets Curve in Romania and the Role of Energy Consumption”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 18, 165-173.
- _____ (2013c), “The Effects of Financial Development, Economic Growth, Coal Consumption and Trade Openness on CO₂ Emissions in South Africa”, **Energy Policy**, 61, 1452-1459.
- _____ (2013d), “Does Financial Development Reduce CO₂ Emissions in Malaysian Economy? A Time Series Analysis”, **Economic Modelling**, 35, 145-152.

- _____ (2013e), “Economic Growth, Energy Consumption, Financial Development, International Trade and CO₂ Emissions in Indonesia”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 25, 109-121.
- _____ (2014a), “Economic Growth, Electricity Consumption, Urbanization and Environmental Degradation Relationship in United Arab Emirates”, **Ecological Indicators**, 45, 622-631.
- _____ (2014b), “Environmental Kuznets Curve in an Open Economy: A Bounds Testing and Causality Analysis for Tunisia”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 34, 325-336.
- _____ (2015a), “Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Portugal”, **International Journal of Energy Economics and Policy**, 5(2), 475-481.
- _____ (2015b), “Does Energy Intensity Contribute to CO₂ Emissions? A Trivariate Analysis in Selected African Countries”, **Ecological Indicators**, 50, 215-224.
- _____ (2016a), “Environmental Kuznets Curve Hypothesis and the Role of Globalization in Selected African Countries”, **Ecological Indicators**, 67, 623-636.
- _____ (2016b), “Time-varying Analysis of CO₂ Emissions, Energy Consumption, and Economic Growth Nexus: Statistical Experience in Next 11 Countries”, **Energy Policy**, 98, 33-48.
- _____ (2017), “CO₂ Emissions in Australia: Economic and Non-economic Drivers in the Long-Run”, **Applied Economics**, 49(13), 1273-1286.
- Sinha, Avik ve Shahbaz, Muhammad (2018), “Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emission: Role of Renewable Energy Generation in India”, **Renewable Energy**, 119, 703-711.
- Solarin, Sakiru Adebola vd. (2017a), “Investigating the Pollution Haven Hypothesis in Ghana: An Empirical Investigation”, **Energy**, 124, 706-719.
- _____ (2017b), “Validating the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in India and China: The Role of Hydroelectricity Consumption”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 80, 1578-1587.
- Song, Tao vd. (2008), “An Empirical Test of the Environmental Kuznets Curve in China: A Panel Cointegration Approach”, **China Economic Review**, 19(3), 381-392.
- Soytas, Ugur vd. (2007), “Energy Consumption, Income, and Carbon Emissions in the United States”, **Ecological Economics**, 62(3), 482-489.
- Stern, David Ian vd. (1996), “Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development”, **World Development**, 24(7), 1151-1160.

- Stern, David Ian (1998), "Progress on the Environmental Kuznets Curve?", **Environment and Development Economics**, 3(2), 173-196.
- _____ (2002), "Explaining Changes in Global Sulfur Emissions: An Econometric Decomposition Approach", **Ecological Economics**, 42(1), 201-220.
- _____ (2004), "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve", **World Development**, 32(8), 1419-1439.
- Stokey, Nancy L. (1998), "Are There Limits to Growth?", **International Economic Review**, 39(1), 1-31.
- Sugiawan, Yogi ve Managi, Shunsuke (2016), "The Environmental Kuznets Curve in Indonesia: Exploring the Potential of Renewable Energy", **Energy Policy**, 98, 187-198.
- Sulaiman, Jamalludin vd. (2013), "The Potential of Renewable Energy: Using the Environmental Kuznets Curve Model", **American Journal of Environmental Sciences**, 9(2), 103-112.
- Sumner, Jenny vd. (2011), "Carbon Taxes: A Review of Experience and Policy Design Considerations", **Climate Policy**, 11(2), 922-943.
- Tamazian, Arthur vd. (2009), "Does Higher Economic and Financial Development Lead to Environmental Degradation: Evidence from BRIC Countries", **Energy Policy**, 37(1), 246-253.
- Tan, Francis vd. (2014), "Growth and Environmental Quality in Singapore: Is There Any Trade-Off?", **Ecological Indicators**, 47, 149-155.
- Tang, Chor Foon ve Tan, Bee Wah (2015), "The Impact of Energy Consumption, Income and Foreign Direct Investment on Carbon Dioxide Emissions in Vietnam", **Energy**, 79, 447-454.
- Tiwari, Aviral Kumar vd. (2013), "The Environmental Kuznets Curve and the Role of Coal Consumption in India: Cointegration and Causality Analysis in an Open Economy", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 18, 519-527.
- Tutulmaz, Onur (2015), "Environmental Kuznets Curve Time Series Application for Turkey: Why Controversial Results Exist for Similar Models?", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 50, 73-81.
- UNEP (2011), "Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication", http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Green_Economy_Report_UNEP.pdf (14.08.2018).
- Ürker, Okan ve Çobanoğlu, Nesrin (2017), "Türkiye’de Hidroelektrik Santraller’in Durumu (HES’ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi", **Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 3(2), 65-88.
- Wang, S. S. vd. (2011), "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis", **Energy Policy**, 39(9), 4870-4875.

- World Bank (1992), **World Development Report 1992: Development and the Environment**. Oxford University Press, New York.
- World Energy Council (2016), “World Energy Resources | 2016”, <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf> (22.12.2017).
- Xu, Bin ve Lin, Boqiang (2015), “How Industrialization and Urbanization Process Impacts on CO₂ Emissions in China: Evidence from Nonparametric Additive Regression Models”, **Energy Economics**, 48, 188-202.
- Yaguchi, Yue vd. (2007), “Beyond the Environmental Kuznets Curve: A Comparative Study of SO₂ and CO₂ Emissions between Japan and China”, **Environment and Development Economics**, 12(3), 445-470.
- Yavuz, Nilgün Çil (2014), “CO₂ Emission, Energy Consumption, and Economic Growth for Turkey: Evidence from a Cointegration Test with a Structural Break”, **Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy**, 9(3), 229-235.
- Yoo, Seung-Hoon (2006), “The Causal Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in the ASEAN Countries”, **Energy Policy**, 34(18), 3573-3582.
- Youssef, Adel Ben vd. (2016), “Simultaneity Modeling Analysis of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis”, **Energy Economics**, 60, 266-274.
- Yurttagüler, İpek ve Kutlu, Sinem (2017), “Çevresel Kuznets Eğrisi'nin Ekonometrik Bir Analizi: Türkiye Örneği”, **Alphanumeric Journal**, 5(1), 115-126.
- Yurtkuran, Süleyman ve Terzi, Harun (2018), “Çevresel Kuznets Eğrisinin Ampirik Olarak Analizi: Meksika Örneği”, **Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi**, 20, 267-284.
- Yuxiang, Karl ve Chen, Zhongchang (2011), “Financial Development and Environmental Performance: Evidence from China”, **Environment and Development Economics**, 16(1), 93-111.
- Zaman, Khalid vd. (2016), “Tourism Development, Energy Consumption and Environmental Kuznets Curve: Trivariate Analysis in the Panel of Developed and Developing Countries”, **Tourism Management**, 54, 275-283.
- Zambrano-Monserrate, Manuel A. vd. (2016a), “Relationship between Economic Growth and Environmental Degradation: Is there Evidence of an Environmental Kuznets Curve for Brazil?”, **International Journal of Energy Economics and Policy**, 6(2), 208-216.
- _____ (2016b), “Bounds Testing Approach to Analyze the Existence of an Environmental Kuznets Curve in Ecuador”, **International Journal of Energy Economics and Policy**, 6(2), 159-166.

- _____ (2016c), “Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis In Iceland: 1960-2010”, **Revista de Economía del Rosario**, 19(1), 5-28.
- _____ (2016d), “Is There an Inverted U-Shaped Curve? Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve in Singapore”, **Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics**, 1-18.
- _____ (2017), “An Environmental Kuznets Curve for N₂O Emissions in Germany: An ARDL Approach”, **A United Nations Sustainable Development Journal**, 41(2), 119-127.
- _____ (2018), “Is There an Inverted U-Shaped Curve? Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve in Singapore”, **Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics**, (1-2), 145-168.
- Zhang, Shun vd. (2017), “Does Trade Openness Affect CO₂ Emissions: Evidence from Ten Newly Industrialized Countries?” **Environmental Science and Pollution Research**, 24(21), 17616–17625.
- Zilio, Mariana ve Recalde, Marina (2011), “GDP and Environment Pressure: The Role of Energy in Latin America and the Caribbean”, **Energy Policy**, 39(12), 7941-7949.
- Zoundi, Zakaria (2017), “CO₂ Emissions, Renewable Energy and the Environmental Kuznets Curve, A Panel Cointegration Approach”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 72, 1067-1075.

ÖZGEÇMİŞ

Uğur Korkut PATA, 22.04.1992 tarihinde İstanbul İli Fatih İlçesi'nde doğdu. 2006 yılında Şehit Öğretmen Nurgül Kale İlköğretim Okulu'nu; 2010 yılında Bağcılar Akşemsettin Anadolu Lisesi'ni; 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi – İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü'nü; 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi – Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimini; 2017 yılında ise Karadeniz Teknik Üniversitesi – Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimini bitirdi. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi – Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı'nda doktora programına başladı. 2015-2018 yılları arasında geçici görevlendirme ile Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde araştırma görevlisi kadrosunda çalıştı. Ocak 2018 ayından bu yana Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi – İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görevine devam etmektedir.

PATA, bekar olup İngilizce bilmektedir.