

**ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİNİN SEKTÖREL ANALİZİ: GELİŞMİŞ ÜLKELER
ÖRNEĞİ****SECTORAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVES: ADVANCED
COUNTRIES SAMPLE****Yrd.Doç.Dr. Melike ATAY POLAT**

Şırnak Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü Şırnak/Türkiye

ÖZET

Ülkelerin ekonomik büyüme ve kalkınma süreçlerinde, hızlı sanayileşme faaliyetleri çevreye zarar vermektedir. Bu çalışmanın amacı, gelişmiş ülkelerde ekonomik büyümenin CO2 emisyonu ve alt bileşenlerine etkisini araştırmaktır. Bu bağlamda ulaşım, imalat sanayi ve meskenlerden (ticari ve kamu) kaynaklanan CO2 emisyonu ile ekonomik büyüme ilişkisi Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi çerçevesinde panel veri yöntemleri ile analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler birinci farkları alındığında durağan hale gelmiştir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Pedroni panel eşbütünlük testi ile tespit edilmiştir. FMOLS tahmincisi sonuçları, gelişmiş ülkelerin çoğunda ters-U şeklindeki ÇKE hipotezinin ulaşımdan kaynaklanan CO2 emisyonuna bağlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Kuznets Eğrisi, Panel Eşbütünlük ve FMOLS.

ABSTRACT

Rapid industrialization activities in the process of economic growth and development of countries harm the environment. The purpose of this study is to investigate the effect of economic growth on CO2 emissions and sub-components in developed countries. In this context, CO2 emissions from transportation, manufacturing industries and residential buildings (commercial and public) and economic growth relationship was analyzed by panel data methods within the framework of the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis. The variables used in the study became static when the first differences were taken. The long-run relationship between the variables was determined by the Pedroni panel cointegration test. The FMOLS estimator results show that inverted U-shaped EKC hypothesis is due to CO2 emissions from transport in the most of developed countries.

Key Words: Environmental Kuznets Curve, Panel Cointegration and FMOLS.

1. GİRİŞ

Ekonomik kalkınma, gelir artışlarına ilaveten ekonomik ve sosyal refahın artırılması amacıyla yapısal değişimleri de kapsayan bir kavramdır. Ülkeler özellikle sanayileşme sonrasında hızla kalkınma süreçlerini tamamlamaya çalışmışlar ve bu süreç içerisinde yürüttükleri ekonomik faaliyetler de çevresel kirliliği artırmada önem taşımıştır. Böyle bir ortamda ortaya çıkan sürdürülebilir kalkınma kavramı, çevrenin ekonomiye dahil edilmesini ve ekonomik faaliyetlerin çevrenin göz ardı edilmeden sürdürülebilirliği anlayışına dayanmaktadır. Kalkınma uğruna yapılan bu fedakarlıkların gelişmekte olan ülkelerin kalkınabilme süreçlerinde tekrarlanmaması ve gelecek nesillere daha iyi bir yaşam alanı bırakmak adına çevreyi de dikkate alarak gerçekleştirmeleri gerekliliğine ulusal ve uluslararası pek çok çalışma ile vurgu yapılmaktadır.

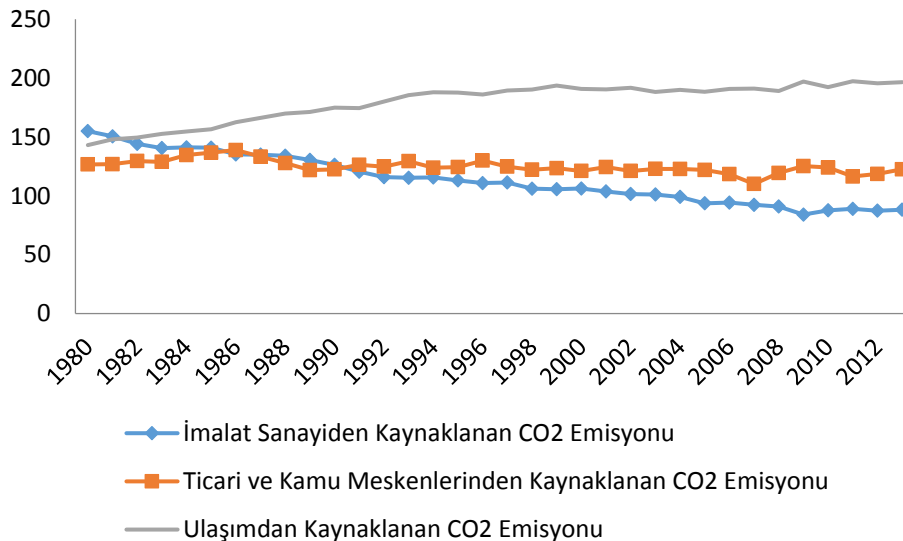
Sanayi Devrimi ile başlayan sanayileşme sürecinde doğanın bozulması sonucunda çevre kirlilikleri ortaya çıkmıştır. Doğal kaynaklar sanayileşme, nüfus, kentleşme gibi faktörlere bağlı olarak yok olmaktadır. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra kitlesel üretime geçilmesi çevre sorunlarının önemli boyutlara ulaşmasına sebep olmuştur. Çevre kirliliği, insanların çevre kirliliğine farkındalıklarının gelişmemesi, denetim yetersizliği gibi nedenlerden dolayı geleceğimizi tehdit etmeye devam etmektedir. Sanayi üretiminin gerçekleşmesinde doğal kaynakların aşırı kullanımı, üretim esnasında ortaya çıkan atıkların çevreye bırakılması, kentleşmenin evsel atıkları artırması, aşırı gübreleme ve tarımsal ilaçlamalar, enerji üretimi ve tüketimi esnasında fosil yakıtların kullanılması neticesinde hava, su ve toprak kirlenmektedir.

Nüfusun artmasına bağlı olarak doğal kaynaklar üzerindeki talep baskılarının artması, çevrenin daha çok kullanılması, çevre kaynaklarının daha çok tüketilmesini beraberinde getirmekte ve çevre sorunları da önemli boyutlara ulaşmaktadır. Kentleşme-çevre kirliliği ilişkisi gıda maddelerinin üretim ve dağıtımını, ulaşım araçlarının hızla artması, kentlerdeki artan enerji ihtiyacı gibi nedenlerle çevre üzerindeki tahribatını göstermektedir. Kentleşme bir taraftan kentsel atık ve artıkların suya karışmasıyla suyu kirletmekte, diğer taraftan elverişli tarım arazilerinin, su havzalarının ve kıyıların yerleşime açılmasıyla da toprak, su ve hava kirliliğinin yanında tarihi yerleri ve doğal çevreyi de tahrip etmektedir (Akyıldız, 2009: 31-35; Bozkurt, 2012: 14). Diğer taraftan, Sanayi Devrimi ile ekonomik büyüme ve nüfus artışı hızlı bir sürece girmiştir. Sanayileşme ile artan mal ve hizmet talebi sanayi üretiminin artmasını da beraberinde getirmiştir. Üretime bağlı olarak artan hammadde ve enerji kullanımı sonucunda üretim ve tüketim esnasında ortaya çıkan çevre kirliliği önemli bir sorun haline gelmiştir. Eğitim yetersizliği ise, çevreye duyarlı kalma, kültürel eksikliğe bağlı olarak yaratılan kirliliğin farkında olunmaması ve çevre kirliliğine yönelik tedbirlerin alınmamasına bağlı olarak çevre sorunlarının önemli boyutlara ulaşmasına, sanayi kaynaklı hava, su, toprak kirliliği, ormanların yok edilmesi, erozyon, çarpık kentleşme ve aşırı su tüketimi gibi çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir. Çevre kirliliğinin diğer nedenleri ise turizm, silahlanma, savaşlar, doğanın dayanma gücündeki zayıflık, deprem, erozyon, su baskınları gibi afetler, çevresel bilincin yetersizliği, denetim yetersizliği ve kirliliğin diğer ülkelere ihracıdır (Akyıldız, 2009: 39).

Son dönemlerde sıkça tartışılan ekonomik büyüme ve çevre kirliliği ilişkisinin temeli büyümenin çevreye etkileri bağlamında ele alınmaktadır. Çevre sorunları, teknolojik ilerlemeler, ulaşım, nüfus artışı, kentleşme, aşırı tüketim, sanayileşme gibi durumlar neticesinde ortaya çıkmaktadır (Ertürk, 2016: 8). Kuznets (1955), Kuznets Eğrisi yaklaşımı ile iktisadi büyüme ve kalkınma ile birlikte gelir dağılımının önce bozulacağını fakat gelir artışı devam ettikçe gelir dağılımındaki adaletsizliğin azalacağını ileri sürmüştür. 1990'lı yıllarla birlikte Grossman ve Kruger (1991,1995) tarafından ekonomik büyüme ve gelir eşitsizliği ilişkisi, gelir ve çevre kirliliği ilişkisine uyarlanmıştır. Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) yaklaşımı olarak adlandırılan bu görüş, başlangıçta ekonomik büyüme ile çevre kirliliğinin artacağı ve belli bir dönüm noktasından sonra ise büyümenin artmasına bağlı olarak çevre kirliliğinin azalacağını ifade etmektedir (Dinda, 2004:433).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler çevreyi en çok kirleten ve çevresel kaynakları en çok tüketen iki kesimi oluşturmaktadır. Gelişmiş ülkeler, ekonomik faaliyetlerini gerçekleştirirken doğal kaynakları yok etmekte ve aşırı üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda da çevreyi kirletmektedirler. Gelişmekte olan ülkeler ise, ekonomik faaliyetlerini geri kalmış ve kirli teknolojilerle gerçekleştirirken çevreye zarar vermektedirler (Uğurlu, 2009: 33).

Grafik 1. Yıllar İtibariyle Gelişmiş Ülkelerde Sektörel CO2 Emisyonlarının Gelişimi (1980-2013)



Kaynak: World Bank

Grafik 1'de gelişmiş ülkelerde sektörel CO₂ emisyonlarının 1980-2013 yılları arasındaki gelişimine yer verilmektedir. Grafik 1'e göre gelişmiş ülkelerde ulaşım sektörü, imalat sanayi ve meskenlere göre daha fazla CO₂ salarak çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Diğer taraftan, gelişmiş ülkelerde meskenlerden kaynaklanan CO₂ emisyonu yıllar itibariyle artış göstermektedir. İmalat sanayiden kaynaklanan CO₂ emisyonunda ise yıllar

itibariyle azalma meydana gelmektedir. İmalat sanayine ait CO₂ emisyonunun azalmasının nedenleri, gelişmiş ülkelerin daha temiz teknolojiler kullanarak ekonomik faaliyetlerini gerçekleştirmelerine ve yenilenebilir enerji kaynakları potansiyellerini harekete geçirmelerine dayandırılabilir.

Bu çalışmanın konusu, gelişmiş ülkelerde ekonomik büyüme ile çevre kirliliği ilişkisini incelemektir. Çalışmanın amacı, gelişmiş ülkelerde ekonomik büyümenin sektörel CO₂ emisyonuna yol açıp açmadığını ortaya koymaktır. Çalışma, Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinin gelişmiş ülkeler için geçerli olup olmadığının test edilmesinde CO₂ emisyonu ve alt bileşenleri çerçevesinde incelenmesi açısından önem arzedebilir. Bu bağlamda ulaşım, imalat sanayi ve meskenlerden (ticari ve kamu) kaynaklanan CO₂ emisyonu ile büyüme ilişkisi ÇKE hipotezi çerçevesinde panel veri yöntemleriyle analiz edilecektir. Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonra ikinci bölümde çevre ve ekonomik büyüme bağlamında literatür özetine yer verilmektedir. Üçüncü bölümde, veri seti ve model açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde, ekonometrik analiz ve ampirik bulgulara yer verilmektedir. Son bölüm ise, sonuç kısmına ayrılmaktadır.

2. LİTERATÜR

Çevre ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalarda farklı ülke/ülke gruplarına ilişkin ÇKE hipotezi test edilmiştir. Çevre kirliliği ve gelir arasındaki ilişkiyi inceleyen ve literatürde en bilinen çalışmalar arasında Grossman ve Krueger (1991), Shafik (1994), Agras ve Chapman (1999), Heil ve Selden (1999), Friedl ve Getzner (2003) ve Dinda ve Coondoo (2006) yer almaktadır.

Grossman ve Krueger (1991) çalışmalarında panel veri yöntemi kullanarak NAFTA ülkeleri için 1977-1982-1988 dönemine ait ÇKE ilişkisini test etmişlerdir. Çalışmalarında hava kirliliği göstergesi olarak duman miktarı, SO₂ ve partikül maddeleri kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda duman miktarı ile gelir arasında N şeklinde, SO₂ ile gelir arasında N şeklinde ve partikül maddeler ile gelir arasında ise doğrusal azalan yönde bir ÇKE ilişkisi tespit edilmiştir.

Shafik ve Badyopadhyay (1992) çalışmalarında 149 ülke için 1960-1990 dönemine ait çeşitli kirlilik göstergeleri ile kişi başına gelir arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Çalışmalarında pek çok ülkede doğrusal azalan ve ters-U şeklinde ÇKE ilişkisi tespit etmişlerdir.

Selden ve Song (1994) çalışmalarında 30 ülke için 1979-1987 dönemine ait SO₂, partikül maddeler, NO_x ve CO₂ emisyonu gibi kirlilik göstergeleri ve ekonomik büyüme ilişkisini panel veri yöntemi kullanarak incelemişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları kirlilik göstergeleri ile ekonomik büyüme arasında ters-U şeklinde ÇKE ilişkisi bulmuşlardır.

Stern ve Common (2001) çalışmalarında, 1960-1990 yılları arasında 73 ülkede SO₂ ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel regresyon analizi ile incelemişlerdir. Çalışmalarında SO₂ ve ekonomik büyüme arasında ters-U şeklinde ÇKE ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Akbostancı, Türüt-Aşık ve Tunç (2009) çalışmalarında 1960-2000 döneminde Türkiye’de kirlilik göstergesi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Zaman serisi yöntemi sonuçlarına göre, Türkiye’de SO₂ ve partikül madde ile ekonomik büyüme arasında N şeklinde bir ÇKE ilişkisi bulmuşlardır.

Zanin ve Marra (2012) çalışmalarında 1960-2008 yıllarında Avustralya, Avusturya, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İtalya, İspanya ve İsviçre’de CO₂ ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre; ters-U şeklindeki ÇKE ilişkisine Fransa ve İsviçre’de; doğrusal olmayan ÇKE ilişkisine Avustralya, İtalya ve İspanya’da; N-şeklindeki ÇKE ilişkisine Avusturya’da; L şeklindeki ÇKE ilişkisine Finlandiya ve Kanada’da; M şeklindeki ÇKE ilişkisine de Danimarka’da rastlamışlardır.

Jaunky (2011), 1980-2005 yıllarında 36 yüksek gelirli ülkede CO₂ ve ekonomik büyüme ilişkisini panel veri eşbütünlük ve panel veri nedensellik testleri ile incelemişlerdir. CO₂ ve ekonomik büyüme arasında eşbütünlük ilişkisi ve hem kısa hem de uzun dönemde ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Karaca (2012), 37 ülkede 1980-2007 döneminde çevre kirliliği ve kalkınma arasındaki ilişkiyi panel veri yöntemiyle incelemiştir. Çalışmada, kalkınma göstergeleri ile çevre kirliliği arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca, 37 ülkede N şeklinde ÇKE ilişkisi tespit edilmiştir.

Dam vd. (2013), Türkiye’de ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları arasındaki ilişkiyi 1960-2010 dönemi için dinamik EKK yöntemi ile incelemişlerdir. Çalışmada Türkiye’de N-şeklinde ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Aytun (2014), gelişmekte olan ülkelerde 1971-2010 döneminde CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve eğitim düzeyi arasındaki ilişkiyi panel eşbütünleşme ve panel vektör hata düzeltme modeli ile incelemiştir. Çalışmasında gelişmekte olan ülkelerde ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, yükseköğretim düzeyinin artmasının ise CO₂ emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmıştır.

Gündüz (2014), 18 OECD ülkesinde 1960-2008 döneminde ÇKE hipotezinin geçerli olup olmadığını araştırmıştır. Çalışmasında panel birim kök testi, panel eşbütünleşme testi ve panel hata düzeltme modeli uygulamıştır. Çalışmada, 18 OECD ülkesinde çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasında ilişki bulmuş ve uzun dönemde ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Ergün ve Atay Polat (2015), 30 OECD ülkesinde 1980-2010 yılları arasında CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri yöntemi kullanarak incelemiştir. Çalışmalarının sonucunda CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisini bulmuşlardır.

Ertürk (2016), 2000-2010 döneminde gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler arasında çevre kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkisini incelemiştir. Gelişmiş ülkeler olarak Almanya, Fransa, İngiltere ve Hollanda; gelişmekte olan ülkeler olarak Brezilya, Rusya, Hindistan ve Çin ele alınmıştır. Çalışmada, çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre farklılık göstermektedir.

3. VERİ SETİ VE MODEL

Bu çalışmada gelişmiş ülkelerde 1980-2013 döneminde yıllık veriler kullanılarak kişi başı CO₂ emisyonu, ulaşım, imalat sanayi ve meskenlerden (ticari ve kamu) kaynaklanan CO₂ emisyonu, kişi başı GSYH ve kişi başı GSYH'nın karesi değişkenleri arasındaki ilişki panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu verilerin logaritmik değerleri analizlerde kullanılmıştır. Çalışmanın analizinde kullanılan değişkenler ve değişkenlere ait açıklamalar Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Değişkenler ve Açıklamaları

Değişkenin Simgesi	Değişkenin Açıklaması	Kaynağı ve Dönemi
lnCO ₂	Kişi Başı CO ₂ Emisyonu	Dünya Bankası(1980-2013)
lnsanayiCO ₂	İmalat Sanayiden Kaynaklanan CO ₂ Emisyonu (%)	Dünya Bankası(1980-2013)
lnulaşımCO ₂	Ulaşımından Kaynaklanan CO ₂ Emisyonu (%)	Dünya Bankası(1980-2013)
lnmeskenCO ₂	Ticari ve Kamu Hizmetleri Meskenlerinden Kaynaklanan CO ₂ Emisyonu (%)	Dünya Bankası(1980-2013)
lnGDP	Kişi Başı GSYH	Dünya Bankası(1980-2013)
lnGDP ²	Kişi Başı GSYH'nın Karesi	-

ÇKE hipotezinin geçerliliğine ilişkin yapılan pek çok çalışma sonucunda genel kabul gören bir veri karakteristiği ve uygulama yöntemi ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, gelişmiş ülkelerde GSYH'nın CO₂ emisyonu ve alt bileşenlerine etkisinin incelenmesi amacıyla dört farklı model oluşturulmuştur. Her bir modelde bağımlı değişken CO₂ emisyonu ve alt bileşenleridir. Çalışmada gelişmiş ülkeler için kullanılan modeller (1), (2), (3) ve (4) numaralı denklemlerde gösterilmektedir:

Model I:

$$\ln CO_{2it} = \alpha_{it}\beta_{1i}\ln GDP_{it} + \beta_{2i}\ln GDP_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Model II:

$$\ln sanayiCO_{2it} = \alpha_{it}\beta_{1i}\ln GDP_{it} + \beta_{2i}\ln GDP_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Model III:

$$\ln ulaşımCO_{2it} = \alpha_{it}\beta_{1i}\ln GDP_{it} + \beta_{2i}\ln GDP_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Model IV:

$$\ln meskenCO_{2it} = \alpha_{it}\beta_{1i}\ln GDP_{it} + \beta_{2i}\ln GDP_{it}^2 + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Burada; $i=1, \dots, N$ ele alınan ülkeleri, $t=1, \dots, T$ zamanı, $\ln CO_2$; kişi başına karbondioksit emisyonunun logaritmasını, $\ln \text{sanayi} CO_2$; imalat sanayi sektörüne ait karbondioksit emisyonunun logaritmasını, $\ln \text{ulaşım} CO_2$; ulaşıma ait karbondioksit emisyonunun logaritmasını, $\ln \text{mesken} CO_2$; ticari ve kamu hizmetlerine ait karbondioksit emisyonunun logaritmasını, $\ln GDP$; kişi başı reel GSYH'nin logaritmasını ve $\ln GDP^2$ ise kişi başına GSYH'nin karesinin logaritmasını açıklamaktadır.

Yukarıda yer alan her bir modelin muhtemel sonuçları şu şekildedir (Dinda, 2004: 440-441):

- ✓ $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ durumunda x ile y arasında bir ilişki yoktur.
- ✓ $\beta_1 > 0$ ve $\beta_2 = \beta_3 = 0$ durumunda x ile y arasında lineer (doğrusal) bir ilişki vardır. Yani x arttıkça y de artacaktır.
- ✓ $\beta_1 < 0$ ve $\beta_2 = \beta_3 = 0$ durumunda x ile y arasında ters bir ilişki vardır.
- ✓ $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ve $\beta_3 = 0$ durumunda x ile y arasında ters-U şeklinde bir ilişki vardır. Yani Çevresel Kuznets Eğrisi yaklaşımı geçerlidir.
- ✓ $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ ve $\beta_3 = 0$ durumunda x ile y arasında U şeklinde bir ÇKE ilişkisi vardır.
- ✓ $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ve $\beta_3 > 0$ durumunda x ile y arasında N şeklinde bir ÇKE ilişkisi vardır.
- ✓ $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ ve $\beta_3 < 0$ durumunda x ile y arasında ters N şeklinde bir ÇKE ilişkisi vardır.

4. YÖNTEM VE ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmada gelişmiş ülkeler için çevre kirlilik göstergesi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki panel veri yöntemleri ile incelenmektedir. Öncelikle çalışmada kullanılan değişkenlerin birim kök içerip içermedikleri literatürde sıkça kullanılan birinci nesil panel birim kök testleri ile analiz edilmektedir. İkinci aşamada, değişkenler arasında uzun dönem ilişkisinin varlığı Pedroni panel eşbütünleşme testi ile tespit edilmektedir. Son olarak ise, uzun dönem katsayıların tahminine izin veren FMOLS tahmincisi kullanılarak her bir model için değişkenler arasındaki ÇKE hipotezi test edilmektedir. Sonraki bölümde panel birim kök testleri, panel eşbütünleşme ve FMOLS tahmincisi açıklanarak, analiz sonuçlarına yer verilmektedir.

4.1. Panel Birim Kök Testi

Durağanlığın sınanmasında kullanılan en yaygın yol olan birim kök testi ile bir zaman serisinin istatistiksel analizi yapılmadan önce, kurulacak modelde kullanılacak olan serilerin zaman içerisinde durağan olup olmadığının araştırılması yapılmaktadır.

Levin-Lin-Chiu (LLC, 2002) testi her bireysel seriye ayrı ayrı birim kök testi uygulamak yerine toplanmış yatay kesit veri setine birim kök testi uygulayarak her bir yatay kesit birim için bireysel birim kök testlerine göre daha güçlü bir panel birim kök testi önermektedir. LLC testinde, panel veri setinin birim kök içerdiği sıfır (0) hipotezi ve panel veri setinin birim kök içermediği alternatif hipotezi şeklinde kurulmaktadır. LLC (2002) çalışmasındaki modeli (5) numaralı denklemde yer almaktadır:

$$\Delta Y_{it} = \rho Y_{it-1} + \sum_{L=1}^{p_i} \theta_{iL} \Delta Y_{it-L} + \alpha_{mi} d_{mi} + \varepsilon_{it} \quad m = 1,2,3 \quad (5)$$

IPS (2003) testi, verileri birleştirmek yerine her bir yatay kesite ilişkin zaman serilerine ayrı ayrı birim kök testi uygulamasıdır. Diğer bir deyişle IPS testinde sıfır hipotezi ρ 'nin değil de ρ_i 'lerin her biri için durağanlık sınavına izin vermektedir. IPS testinde, her bir yatay kesitin birim kök içerdiği sıfır hipotezi ve yatay kesitlerin en az bir tanesinin birim kök içermediği (durağan olduğu) alternatif hipotezi şeklinde kurulmaktadır. Eğer sıfır hipotezi reddedilirse serilerden en az bir ya da bir kaçının durağan olduğu sonucuna ulaşılır. IPS (2003) testine ait (6) numaralı denklem aşağıda gösterilmektedir.

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \rho_i Y_{it-1} + \sum_{L=1}^{\rho_i} \theta_{iL} \Delta Y_{it-L} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Breitung (2000), standart t istatistiklerinin kullanılabilmesi için regresyonlar hesaplanmadan önce veri dönüştürerek diğer panel birim kök testlerinden ayrılmaktadır. Breitung (2000) panel birim kök testine (7) numaralı denklemde yer verilmektedir.

$$y_{it} = \alpha_{it} + \sum_{k=1}^{p+1} \beta_{ik} X_{i,t-k} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Tablo 2’de panel birim kök testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 2. Panel Birim Kök Test Sonuçları

Test		Değişkenler					
		lnCO ₂	İnsanayi CO ₂	İnulaşım CO ₂	İnmesken CO ₂	lnGDP	lnGDP ²
LLC	Seviye	3.54611 (0.9998)	0.35736 (0.6396)	-1.42952 (0.0764*)	-1.81090 (0.0351**)	0.15756 (0.5626)	0.24928 (0.5984)
	Birinci Fark	-5.51094 (0.0000***)	-8.06272 (0.0000***)	-6.17981 (0.0000***)	-7.98441 (0.0000***)	-6.68127 (0.0000***)	-6.82375 (0.0000***)
Breitung	Seviye	1.94671 (0.9742)	-0.33718 (0.3680)	3.03294 (0.9988)	1.08788 (0.8617)	1.46281 (0.9282)	1.28093 (0.8999)
	Birinci Fark	-1.47808 (0.0697*)	-4.98351 (0.0000***)	-3.36278 (0.0004***)	-4.72163 (0.0000***)	-4.52841 (0.0000***)	-4.49823 (0.0000***)
IPS	Seviye	3.01286 (0.9987)	0.30605 (0.6202)	-0.82467 (0.2048)	-0.66843 (0.2519)	0.59555 (0.7243)	0.52563 (0.7004)
	Birinci Fark	-6.99055 (0.0000***)	-8.67323 (0.0000***)	-6.54337 (0.0000***)	-8.58691 (0.0000***)	-5.17190 (0.0000***)	-5.26678 (0.0000***)

Not: Gecikme Uzunlukları Schwarz Bilgi Kriterine göre Otomatik Belirlenmiştir.

(*),(**) ve (***) Sırasıyla %10, %5 ve %1 Önem Düzeyine Göre Anlamlılığı Temsil Etmektedir.

Tablo 2’de yer alan LLC panel birim kök test sonuçlarına göre, kişi başı CO₂ emisyonu, imalat sanayi CO₂ emisyonu, GSYH ve GSYH’nın karesi değişkenleri seviye düzeylerinde birim kök içermekte ve değişkenlerin birinci farkları alındığında ise durağanlaştıkları görülmektedir. Diğer taraftan, ulaşım CO₂ emisyonu ve ticari ve kamu meskenleri CO₂ emisyonu ise seviye düzeyinde durağan oldukları tespit edilmiştir. Breitung ve IPS panel birim kök testleri sonuçlarına göre, bütün değişkenlerin seviye düzeylerinde birim kök içerdikleri görülmektedir. Değişkenlerin birinci farkları alındığında ise durağan oldukları tespit edilmiştir.

4.2. Panel Eşbütünlüşme Testi

Eşbütünlüşme testi, seriler arasında uzun dönem denge ilişkisinin var olup olmadığının incelendiği bir süreci temsil etmektedir. Pedroni (1999, 2004), eşbütünlüşme analizlerinde heterojenliğe izin veren birkaç tane test önermiştir. Bu testler iki kategoriye ayrılmaktadır. Birinci kategoride, grup zaman serilerindeki yatay kesitler arasında ayrı ayrı hesaplanan eşbütünlüşme testlerinin ortalaması kullanılmaktadır. İkinci kategoride ise, istatistikler arasındaki ortalamalar yerine istatistikler gruplanmakta ve ortalama bir parça olarak gerçekleştirilmektedir. Pedroni eşbütünlüşme testi, Engle-Granger testine dayanmakta olup durağan olmayan fakat serilerin I(1) yani birinci mertebeden durağan olduğu durumda geçerlilik arz etmektedir. Pedroni (1999, 2004) dördü grup içi (within), üçü gruplar arası (between) olarak yedi farklı eşbütünlüşme istatistiği geliştirmiştir. Pedroni eşbütünlüşme testi (8) numaralı denklemle açıklanabilir:

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_{1i} X_{1it} + \beta_{2i} X_{2it} + \dots + \beta_{Mi} X_{Mit} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

Tablo 3’te Pedroni panel eşbütünlüşme testi sonuçlarına yer verilmektedir. Tablo 3 incelendiğinde Pedroni eşbütünlüşme testinde kullanılan homojenliğe izin veren grup içi istatistiklerine göre Model I’de bir, Model II’de dört, Model III’te ve Model IV’te üç tanesinde serilerin eşbütünlüşük olduğu tespit edilmiştir. Gruplar arası istatistiklerine göre Model II’de bir, Model III’te ve Model IV’te iki tanesinde serilerin eşbütünlüşük olduğu tespit edilmiştir. Anlamlı olan bu istatistiklere göre değişkenler arasında en az bir eşbütünlüşme vektörü vardır.

Tablo 3. Pedroni Panel Eşbütünlüme Test Sonuçları

Grup İçi İstatistikler	Model I	Model II	Model III	Model IV
	Panel v-İstatistik	2.112388 (0.0173**)	1.793562 (0.0364**)	0.463522 (0.3215)
Panel rho-İstatistik	-0.786009 (0.2159)	-1.407576 (0.0796***)	-1.908523 (0.0282**)	-1.197182 (0.1156)
Panel PP-İstatistik	-1.113801 (0.1327)	-1.762635 (0.0390**)	-2.725665 (0.0032*)	-3.417234 (0.0003*)
Panel ADF-İstatistik	0.333304 (0.6305)	-1.379449 (0.0839***)	-2.577415 (0.0050*)	-2.096551 (0.0180**)
Gruplar Arası İstatistikler	Model I	Model II	Model III	Model IV
Grup rho-İstatistik	0.127308 (0.5507)	-0.428772 (0.3340)	0.946929 (0.1718)	-0.452583 (0.3254)
Grup PP-İstatistik	0.869438 (0.1923)	-1.335659 (0.0908***)	-3.054541 (0.0011*)	-3.571961 (0.0002*)
Grup ADF-İstatistik	0.667762 (0.7479)	-1.002677 (0.1580)	-2.763738 (0.0029*)	-3.161115 (0.0008*)

Not: Gecikme Uzunlukları Schwarz Bilgi Kriterine göre Otomatik Belirlenmiştir.

(*),(**) ve (***) Sırasıyla %10, %5 ve %1 Önem Düzeyine Göre Anlamlılığı Temsil Etmektedir.

4.3. Panel Eşbütünlüme İlişkisi Tahmin Yöntemi

Panel eşbütünlüme sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli ilişki bulunmuşsa, uzun ve kısa dönemli ilişkiler çeşitli yöntemlerle tahmin edilebilmektedir. Çalışmada FMOLS eşbütünlüme katsayı tahmincisi kullanılmıştır. FMOLS tahmincisi, eşbütünlük ilişkisinin varlığında bağımsız değişkenlere ait uzun dönem katsayıların tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. FMOLS tahmincisi özellikle bağımsız değişkenler ve hata terimi arasındaki ardışık bağıntı ve içsellik sorunundan kaynaklanan sapmaların giderilmesinde etkin bir yöntemdir (Nazlıoğlu, 2010: 99).

Tablo 4. FMOLS Tahmincisi Sonuçları

		Kanada	Fransa	Almanya	İtalya	Japonya	İngiltere	ABD
Model I	lnGDP	2.3921 (0.1186)	-0.0047 (0.9957)	2.4090 (0.0003***)	3.5271 (0.0042***)	-0.5455 (0.6416)	2.6093 (0.0225**)	3.8366 (0.0229**)
	lnGDP ²	-0.1220 (0.1055)	-0.0119 (0.7838)	-0.1277 (0.0002***)	-0.1789 (0.0045***)	0.0357 (0.5450)	-0.1392 (0.0164**)	-0.1915 (0.0201**)
	Eğrinin Şekli	-	-	Ters-U şeklinde	Ters-U şeklinde	-	Ters-U şeklinde	Ters-U şeklinde
Model II	lnGDP	-1.5477 (0.2671)	4.6959 (0.0007***)	-3.9746 (0.0570*)	4.5390 (0.0000***)	3.7855 (0.0464**)	2.7821 (0.0188**)	-4.8622 (0.0530*)
	lnGDP ²	0.0600 (0.3791)	-0.2518 (0.0003***)	0.1828 (0.0804*)	-0.2520 (0.0000***)	-0.2032 (0.0343**)	-0.1607 (0.0080***)	0.2079 (0.0875*)
	Eğrinin Şekli	-	Ters-U şeklinde	U şeklinde	Ters-U şeklinde	Ters-U şeklinde	Ters-U şeklinde	U şeklinde
Model III	lnGDP	-1.4776 (0.0312**)	4.1330 (0.0002***)	5.3484 (0.0008***)	1.7197 (0.0115**)	3.9698 (0.0795*)	2.0929 (0.0021***)	-0.3220 (0.4304)
	lnGDP ²	0.0756 (0.0252**)	-0.1920 (0.0005***)	-0.2524 (0.0015***)	-0.0794 (0.0216**)	-0.1957 (0.0853*)	-0.0932 (0.0058***)	0.0212 (0.2888)
	Eğrinin Şekli	U şeklinde	Ters-U şeklinde	Ters-U şeklinde	Ters-U şeklinde	Ters-U şeklinde	Ters-U şeklinde	-
Model IV	lnGDP	-2.6651 (0.0105***)	-0.5300 (0.3389)	2.7991 (0.0010***)	-3.6681 (0.0001***)	2.8132 (0.1491)	0.2113 (0.8281)	-1.0667 (0.2385)
	lnGDP ²	0.1204 (0.0176**)	0.0223 (0.4222)	-0.1417 (0.0010***)	0.1844 (0.0002***)	-0.1360 (0.1649)	-0.0096 (0.8453)	0.0406 (0.3551)
	Eğrinin Şekli	U şeklinde	-	Ters-U şeklinde	U şeklinde	-	-	-

Not: (*),(**) ve (***) Sırasıyla %10, %5 ve %1 Önem Düzeyine Göre Anlamlılığı Temsil Etmektedir.

Tablo 4'te FMOLS eşbütünlüme tahmincisiyle yararlanılarak Model I'de lnCO₂, Model II'de İnsanayiCO₂, Model III'te İnulaşımCO₂ ve Model IV'te İnulaşımCO₂'nin bağımlı değişken, lnGDP ve lnGDP² bağımsız değişken olduğu durumda elde edilen katsayılar verilmiştir. Tablo 4'de yer alan Model I sonuçları incelendiğinde Almanya, İtalya, İngiltere ve ABD'de ters-U şeklinde bir ÇKE ilişkisi bulunmuştur. Yani, CO₂ emisyonu ile GSYH arasındaki ilişkiyi açıklayan ÇKE hipotezinin Almanya, İtalya, İngiltere ve ABD için

geçerli olduğunu söylemek mümkündür. Diğer taraftan Kanada, Fransa ve Japonya'da ise herhangi bir ÇKE ilişkisine rastlanmamıştır.

Model II sonuçlarına göre, ters-U şeklinde ÇKE hipotezinin geçerli olduğu ülkeler Fransa, İtalya, Japonya ve İngiltere'dir. Ayrıca Almanya ve ABD için ÇKE ilişkisi U şeklinde bulunmuştur. Kanada için ise herhangi bir ÇKE ilişkisine rastlanmamıştır.

Model III sonuçlarına göre Fransa, Almanya, İtalya, Japonya ve İngiltere'de ters-U şeklinde ve Kanada'da ise U-şeklinde ÇKE ilişkisine rastlanmıştır. Ayrıca, ABD'de herhangi bir ÇKE ilişkisine rastlanmamıştır.

Son olarak Model IV sonuçlarına göre ise ÇKE hipotezi Almanya için ters-U şeklinde iken; Kanada ve İtalya'da U-şeklinde bulunmuştur. ÇKE hipotezinin olmadığı ülkeler Fransa, Japonya, İngiltere ve ABD'dir. Tablo 5'te FMOLS sonuçlarına göre gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan ÇKE şekillerine yer verilmektedir.

Tablo 5. FMOLS Sonuçlarına Göre Gelişmiş Ülkelerde Çevresel Kuznets Eğrisinin Şekilleri

	Ters-U şeklinde ÇKE İlişkisi	U-şeklinde ÇKE İlişkisi	İlişki Yok
Model I	Almanya İtalya İngiltere ABD	-	Kanada Fransa Japonya
Model II	Fransa İtalya Japonya İngiltere	Almanya ABD	Kanada
Model III	Fransa Almanya İtalya Japonya İngiltere	Kanada	ABD
Model IV	Almanya	Kanada İtalya	Fransa Japonya İngiltere ABD

5. SONUÇ

Ülkelerin ekonomik büyüme ve kalkınma süreçlerinde hızlı sanayileşme faaliyetleri çevreye zarar vermektedir. Üretim ve tüketim faaliyetlerinin çevre kirliliğini önemli ölçüde artırdığı bilinmektedir. Dolayısıyla çalışmada gelişmiş ülkelerde ekonomik faaliyetlerden kaynaklanan CO₂ emisyonu artışlarına ekonomik büyümenin etkisi ampirik bir analizle ortaya konulmaktadır. Bu bağlamda ulaşım, imalat sanayi ve meskenlerden (ticari ve kamu) kaynaklanan CO₂ emisyonu ile ekonomik büyüme ilişkisi ÇKE hipotezi çerçevesinde panel veri yöntemleriyle analiz edilmektedir.

GSYH'nın CO₂ emisyonu ve alt bileşenlerine etkisinin incelenmesi amacıyla dört farklı model oluşturulmuştur. Her bir modelde bağımlı değişken CO₂ emisyonu, ulaşımdan kaynaklanan CO₂ emisyonu, imalat sanayinden kaynaklanan CO₂ emisyonu ve meskenlerden (ticari ve kamu) kaynaklanan CO₂ emisyonu ile bağımsız değişkenler GSYH ve GSYH'nın karesidir.

İlk olarak çalışmada kullanılan değişkenlerin durağan olup olmadıkları literatürde sıklıkla kullanılan birinci nesil birim kök testleri ile analiz edilmiş ve değişkenlerin birinci farkları alındığında durağanlaştıkları görülmüştür. İkinci aşamada değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki Pedroni panel eşbütünleşme testi ile tespit edilmiştir. Son aşamada ise uzun dönem eşbütünleşme katsayılarının tahmin edilmesinde FMOLS tahmincisinden yararlanılmıştır. Bu tahminciye ait sonuçlar incelendiğinde; Model I'de Almanya, İtalya, İngiltere ve ABD'de ters-U şeklinde bir ÇKE ilişkisi bulunmuştur. Diğer taraftan Kanada, Fransa ve Japonya'da ise herhangi bir ÇKE ilişkisine rastlanmamıştır. Model II sonuçlarına göre, ters-U şeklinde ÇKE hipotezinin geçerli olduğu ülkeler Fransa, İtalya, Japonya ve İngiltere'dir. Ayrıca Almanya ve ABD için ÇKE ilişkisi U şeklinde bulunmuştur. Kanada için ise herhangi bir ÇKE ilişkisine rastlanmamıştır. Model III sonuçlarına göre Fransa, Almanya, İtalya, Japonya ve İngiltere'de ters-U şeklinde ve Kanada'da ise U-şeklinde ÇKE ilişkisine rastlanmıştır. Ayrıca, ABD'de herhangi bir ÇKE ilişkisine rastlanmamıştır. Son olarak Model IV sonuçlarına göre ise ÇKE hipotezi Almanya için ters-U şeklinde iken; Kanada ve İtalya'da U-şeklinde bulunmuştur. ÇKE hipotezinin olmadığı ülkeler Fransa, Japonya, İngiltere ve ABD'dir.

Gelişmiş ülkelerde ekonomik faaliyetler çevreyi kirletmektedir. Ekonomik faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde daha temiz teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanımı çevre tahribatının ve doğal kaynakların etkin kullanılması açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, enerji ve elektrik üretimi ve tüketiminde ülkelerin varolan yenilenebilir enerji potansiyellerini harekete geçirmeleri, gelecek nesillerin yaşamlarını sürdürebilmelerinde yardımcı olabilecektir.

KAYNAKÇA

- Agras, J. & Chapman, D. (1999). "A Dynamic Approach to the Environmental Kuznets Curve Hypothesis", *Ecological Economics*, 28, 267-277.
- Akbostancı, E.; Turut-Asık, S. & Tunc, G. I. (2009). "The Relationship Between Income and Environment in Turkey: Is There an Environmental Kuznets Curve?", *Energy Policy*, 37(3), 861-867.
- Akyıldız, B. (2009). "Çevresel Etkinlik Analizi: Kuznets Eğrisi Yaklaşımı", (Yayınlanmamış) Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Aytun, C. (2014). "Gelişen Ekonomilerde Karbondioksit Emisyonu, Ekonomik Büyüme ve Eğitim Arasındaki İlişki: Panel Veri Analizi", *International Journal of Social Science*, 27, 349-362.
- Bozkurt, Y. (2012). *Çevre Sorunları ve Politikaları*, Ekin Yayınevi, Bursa.
- Breitung, J. (2000). "The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data", *Advances in Econometrics*, 15, 161-178.
- Dam, M.; Karakaya, E. & Bulut, Ş. (2013). "Çevresel Kuznets Eğrisi ve Türkiye: Ampirik Bir Analiz", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Özel Sayı*, 85-96.
- Dinda, S. & Coondoo, D. (2006). "Income and Emission: A Panel Data-Based Cointegration Analysis", *Ecological Economics*, 57, 167-181.
- Dinda, S. (2004). "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, 49, 431-455.
- Ergün, S. & Atay Polat, M. (2015). "OECD Ülkelerinde CO₂ Emisyonu, Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi", *Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi*, 45, 115-141.
- Ertürk, M. (2016). "Çevre Kirliliği ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerin Veri Görselleştirme Kullanarak Karşılaştırılması", *MPRA Paper No. 69879*, 1-28.
- Friedl, B. & Getzner, M. (2003). "Determinants of CO₂ Emissions in a Small Open Economy", *Ecological Economics*, 45, 133-148.
- Grossman, G. & Kreuger, A. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. NBER Working Paper, No. 3914.
- Grossman, G. & Kreuger, A. (1995). "Economic Growth and the Environment", *The Quarterly of Journal Economics*, 110(2), 353-377.
- Gündüz, H. İ. (2014). "Çevre Kirliliği İle Gelir Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Panel Eşbütünleşme Analizi ve Hata Düzeltme Modeli", *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi, XXXV/II*, 409-423.
- Heil, M. T. & Selden, T. M. (1999). "Panel Stationarity with Structural Breaks: Carbon Emissions and GDP", *Applied Economics Letters*, 6, 223-225.
- Im, K. S.; Peseran, M. H. & Shin, Y. (2003). "Testing For Unit Roots in Heterogeneous Panels", *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74.
- Jaunky, V. C. (2011). "The CO₂ Emissions-Income Nexus: Evidence From Rich Countries", *Energy Policy*, 39, 1228-1240.
- Karaca, Ç. (2012). "Ekonomik Kalkınma ve Çevre Kirliliği İlişkisi: Gelişmekte Olan Ülkeler Üzerine Ampirik Bir Analiz", *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(3), 139-156.
- Kuznets, S. (1955). "Economic Growth and Income Inequality", *American Economic Review*, 45(1), 1 – 28.
- Levin A.; Lin, C.F. & Chu, C., (2002). "Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties", *Journal of Econometrics*, 108, 1–24.

- Nazlıoğlu, Ő. (2010). “Makro İktisat Politikalarının Tarım Sektörü Üzerindeki Etkileri: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Bir KarŐılaŐtırma”, (Yayınlanmamış) Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Pedroni, P. (1999). “Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, 653–670.
- Pedroni, P. (2004). “Panel Cointegration, Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the Purchasing Power Parity Hypothesis”, *Econometric Theory*, 20(3), 597-625.
- Selden, T. M. & Song, D. (1994). “Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution?”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147-162.
- Shafik, N. & Bandyopadhyay, S. (1992). “Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence”, *Background Paper for World Development Report 1992*, The World Bank, Washington, D.C.
- Shafik, N. (1994). “Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis”, *Oxford Economic Papers*, 46, 757-773.
- Stern, D. I. & Common, M.S. (2001). “Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?”, *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 41, 162-178.
- The World Bank (2013), *World Development Indicators*, <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?view=chart>.
- Uğurlu, Ö. (2009). *evresel Gvenlik ve Türkiye’de Enerji Politikaları*, Örgn Yayınevi, İstanbul.
- Zanin L. & Marra G. (2012). “Assessing The Functional Relationship Between CO₂ Emissions and Economic Development Using An Additive Mixed Model Approach”, *Economic Modelling*, 29, 1328-1337.