
HAVA KİRLİLİĞİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ

Esra CANPOLAT¹

Eda FENDOĞLU²

Öz

Çevre kirliliğinin en önemli sebepleri artan sanayileşme ve kentleşmedir. Ülkeler için hedeflenen ekonomik büyüme gerçekleştirilirken çevre tahribatları da ekonomik büyümenin ilk zamanlarında artış göstermektedir. Gelişme düzeyi arttıkça teknoloji yoğun gerçekleştirilen çevre dostu üretimler çevre kirliliğini bir oranda azaltsa da yine de alınan önlemler çevre tahribatını azaltmada yeterli olmamaktadır. Bu yüzden çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki çevre ekonomisi literatüründe sürekli ilgi çeken bir konu olmuştur. Bu çalışmada; Türkiye'nin 1960-2013 dönemlerini kapsayan hava kirliliği göstergesi olarak karbondioksit (CO₂) gazı emisyonu, ekonomik büyüme göstergesi olarak da gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) verileri kullanılarak hava kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişki incelenmiştir. Bağımlı değişken olarak CO₂ değişkeni ve bağımsız değişken olarak da GSYİH değişkeni kullanılmıştır. Yapılan Zivot Andrews (1992) birim kök testi sonucunda seriler birinci dereceden bütünlük bulunmuştur. Ardından Gregory Hansen (1996) eşbütünlük testi uygulanarak değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki incelenmiştir. Gregory Hansen kırılmalı eşbütünlük testi sonucuna göre Türkiye'nin 1960-2013 dönemlerine ait hava kirliliği ile gelir verileri arasında rejim değişimi modeli uzun dönemli ilişki bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hava kirliliği, ekonomik büyüme, yapısal kırılmalı birim kök ve eşbütünlük testleri.

JEL Sınıflandırması: C22, O40, O44

ECONOMETRIC ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN AIR POLLUTION AND ECONOMIC GROWTH

Abstract

The most important causes of environmental pollution are increasing industrialization and urbanization. While targeted economic growth for the countries is being carried out, environmental destruction is also increasing in the early years of economic growth. As the level of development increases, environmentally friendly products that use the technology intensively reduce the environmental pollution, but the measures taken are not sufficient to reduce environmental damage. Therefore, the relationship between environmental pollution and economic growth has been a subject of constant interest in the environmental economics literature. In this study; Turkey's covering the 1960-2013 period, carbon dioxide as air pollution index (CO₂) emissions and economic growth as an indicator of the gross domestic product (GDP) using data from a long period relationship between air pollution and economic growth were investigated. The CO₂ variable is used as the dependent variable and the GDP variable is used as the independent variable. As a result of the unit root test of Zivot Andrews (1992), the series were found to be integrated in the first order. Then Gregory Hansen (1996) a cointegration test applied long period relationship between variables investigated. According to the results of the Gregory Hansen cointegration test, there was found a regime change model long period relationship between air pollution and income in Turkey for the period 1960-2013.

Keywords: Air Pollution, Economic Growth, Structural Break Unit Root and Cointegration Tests.

JEL Classification: C22, O40, O44

¹ Araş. Gör., İnönü Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü, esra.canpolat@inonu.edu.tr

² Doktora Öğr., İnönü Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü, edafendoglu@hotmail.com

1. Giriş

Çevre, 2872 Sayılı Çevre Kanununun 2. maddesine göre, “canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları biyolojik, fiziksel, sosyal, ekonomik ve kültürel ortam” şeklinde tanımlanmaktadır. Çevreyi oluşturan unsurlar beş başlık altında sınıflandırılıp, bunlar; hava, su, toprak, flora-fauna ve doğal kaynaklardır.

Çevre sorunlarında ki en etkili faktör «İNSAN» olup, sorunun en temelinde insanoğlunun doğaya hâkimiyet kurma ve onu sınırsızca kullanma isteği vardır.

17. yy’ dan sonra çevre sorunları daha etkili biçimde ortaya çıkmıştır. Sanayileşme ve teknolojinin her geçen gün daha da gelişmesi ile 1800’ lü yıllarda, önceleri Batı Avrupa’ya ve daha sonra tüm dünyaya yayılarak etkilerini göstermiştir.

Sanayi devrimi ile endüstriyel üretimin hızlı şekilde artması dünyanın doğal düzenini alt üst etmiştir. Aniden büyüyen kentler ile kentsel nüfus artmış, şehirlerin içine kadar kurulmuş fabrikalar ile akarsulara, göllere, denizlere dökülen kirletici maddeler, bacadan havaya karışan zehirli gazlar, gelişigüzel yığılan çöpler ve sanayi atıklarıyla gerek su, gerek hava gerekse toprak kalitesi düşmüştür. Buhar makinelerinin kullanımıyla altın çağını yaşayan kömür, zamanla yerini petrole bıraksada fosil yakıt tüketimi her geçen gün artmıştır. Bu açığa çıkan negatif etkiler sonucunda yaşanan küresel ısınma ve iklim değişikliği, çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin önemini arttırmıştır.

İlk olarak 1968 yılında nüfus artışı ile kaynak tüketimi ve çevre kirliliğini Roma Kulübü tartışmaya açmıştır. Kulübün kurucularından olan Meadows ve v.d. (1972) “Büyümenin Sınırları” isimli kitap ve raporlarıyla geniş kitlelere ulaşarak ses getirmeyi sağlamışlardır. İlk raporlarında kıt olan kaynaklarla kontrol edilemeyen ekonomik büyümenin devam etmesi halinde 21. yy ortasında küresel sistemin çökeceğini ifade etmişlerdir (Bruvoll ve Medin 2003: 28). Önlem olarak ekonomik büyüme oranlarının yavaşlatılması gerektiğinden bahsetmişlerdir. 1976 yılında yayınlanan ikinci raporda ise enerji verimliliğini arttırmanın gerekliliği üzerinde durmuşlardır (Bayramoğlu ve Yurtkur 2016: 32).

Türkiye’nin 2009 da katıldığı 160 ülkeyi kapsayan Kyoto protokolü, 1997 yılında imzalanıp 2005 de yürürlüğe girmiştir. Bu protokol ile atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun, çevre ve iklim üzerinde tehlikeli etkiler oluşturmayacak seviyelerde tutulması amaçlanmıştır (http://www.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/kyoto_protokol.pdf, 20.09.2017 tarihinde erişildi).

Kyoto protokolünü destekleyen ülkeler gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Gelişmiş ülkeler sera gazı salınımını azaltmayı kabul etmiş ülkelerdir. Türkiye, Kyoto protokolüne göre karbondioksit salınımını indirme yükümlülüğü altına girmemektedir. Bunun yanı sıra Türkiye’nin çevre kirliliğini azaltmaya yönelik kanunlar, kalkınma planları, politikalar (vergi, harç ödetme, sübvansiyon, depozit, çevre koruma fonları, düzenleme ve kontrol, idari ve adli cezalar v.s.) çeşitli yükümlülükleri bulunmaktadır.

Bu çalışmada; Türkiye’nin 1960-2013 dönemlerini kapsayan hava kirliliği ve ekonomik büyüme değişkenleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bağımlı değişken hava kirliliği, bağımsız değişken ise ekonomik büyüme değişkenidir. Hava kirliliği göstergesi olarak karbondioksit (CO₂) gazı emisyonu, ekonomik büyüme göstergesi olarak da reel gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) verileri kullanılmıştır Hava kirliliği ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişki incelenmiştir.

2. Literatür Özeti

Literatürde ekonomik büyüme ve hava kirliliği ilişkisini araştırmaya yönelik hem tek ülke üzerine hem ülkeler üzerine hem de ülke grupları üzerine yapılmış birçok akademik çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların bir kısmı ekonomik büyüme ile hava kirliliği arasında karşılıklı bir ilişki olduğu sonucuna ulaşırken bir kısmı da ekonomik büyümeden hava kirliliğine doğru tek yönlü bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Bunun yanında literatürde çok az da olsa hava kirliliğinden ekonomik

büyümeye doğru negatif yönlü bir ilişki olduğu veya iki değişken arasında ilişki olmadığı sonucuna ulaşan bilimsel çalışmalar da mevcuttur.

Tablo 1: CO₂ ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Literatür Araştırması

Yazarlar	Zaman Aralığı	Yöntem	Değişkenler	İlişki	Ülke(ler)
Grossman ve Krueger (1991)	1977,1982,1988	Mekansal Panel Regresyon Analizi	SO ₂ ve Havadaki Toz Parçaları (SPM), Gelir	Var	90 ülke
Selden ve Song (1994)	1973-1975, 1979-1981, 1982-1984	Mekansal Panel Regresyon Analizi	GSYİH, SO ₂ , SPM, NO _x , CO	Var	30 ülke.
Shafik (1994)	1960-1990	Regresyon Analizi	Hava kalitesi ve kişi başı gelir	Var	149
Tucker (1995)	1971-1991	Regresyon Analizi	GSYİH ve CO ₂ Salımı	Var	137 Ülke
Grossman ve Krueger (1995)	1977,1982,1988	Panel Regresyon Analizi	Gelir ve Çeşitli Çevresel Faktörler	Var	42 ülke
Holtz-Eakin ve Selden (1995)	1951-1986	Panel Regresyon	Kişi başına gelir ve gaz emisyonu.	Var	130
Azomahou ve ark. (2005)	1960-1996	Parametrik Olmayan Panel Yaklaşımı	GSYİH ve CO ₂ Salımı	Var	100 Ülke
Wolde-Rufael (2006)	1971-2001	Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi	Reel GSYİH ve Elektrik Tüketimi	Var	17 Afrika Ülkesi
Dinda ve Coondoo (2006)	1960-1990	Panel Eşbütünleşme Analizi	CO ₂ Salımı ve Gelir	Var	88 Ülke
Ang (2007)	1960-2000	Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi	CO ₂ Salımı, Enerji Tüketimi ve Üretim	Var	Fransa
Coondoo ve Dinda (2008)	1960-1990	Panel Regresyon ve Eşbütünleşme	CO ₂ Salımı ve Gelir	Var	88 ülke
Halicioğlu (2009)	1960-2005	ARDL, Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi	CO ₂ Salımı, Enerji Tüketimi, Gelir ve Dış ticaret	Var	Türkiye
Zhang ve Cheng (2009)	1960-2007	VAR'a dayalı Granger Nedensellik Analizi	GSYİH, Enerji Tüketimi, CO ₂ Salımı	Var	Çin
Jalil ve Mahmud (2009)	1975-2005	ARDL, Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi	GSYİH, Gelir ve CO ₂ Salımı	Var	Çin

Chang (2010)	1981-2006	Eşbütünleşme Analizi	CO ₂ Salımı, Enerji Tüketimi, GSYİH	Var	Çin
Nasir ve Rehman (2011)	1972-2008	Eşbütünleşme Analizi, Nedensellik Analizi	GSYİH, CO ₂ Salımı, Enerji Tüketimi ve Dış Ticaret	Var	Pakistan
Tiwari (2011)	1971-2007	Nedensellik Analizi	Birincil Enerji Tüketimi, CO ₂ Salımı ve GSYİH	Var	Hindistan
Arı ve Zeren (2011)	2000-2005	Panel Regresyon Analizi	Kişi Başı Gelir, CO ₂ , Enerji Tüketimi, Nüfus Yoğunluğu	Var	Akdeniz Ülkeleri
Grunewald ve Martínez-Zarzoso (2011)	1960-2009	EKC, Durbin Wu Hausman	CO ₂ , GSYİH, Kyoto Protokolü	Var	213 Ülke
Wang ve ark. (2011)	1995-2007	Panel Eşbütünleşme Analizi	CO ₂ Salımı, Enerji Tüketimi Ve Ekonomik Büyüme	Var	Çin'in 28 ili
Saboori ve ark. (2012)	1980-2009	Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi	CO ₂ ve GSYİH	Var	Malezya
Alkhatlan ve Javid (2013)	1980-2011	ARDL, Nedensellik Analizi	GSYİH, Enerji Tüketimi ve CO ₂ Salımı	Var	Suudi Arabistan
Burnett ve ark. (2013)	1981-2003	Eşbütünleşme Analizi	CO ₂ Salımı ve Ekonomik büyüme	Var	Amerika
Altıntaş (2013)	1970-2008	ARDL, Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi	Birincil Enerji Tüketimi, CO ₂ Salımı ve Kişi Başına Gelir, Sabit Sermaye Yatırımları	Var	Türkiye
Ahmed (2014)	1980-2010	EKC Hipotezi, Johansen koentegrasyon testi, Granger Nedensellik	GSYİH, CO ₂ Salımı, Enerji Tüketimi, Ticari Açıklık	Var	Moğolistan
Alam (2014)	1972-2010	Eşbütünleşme Analizi	GSYİH, CO ₂ Salımı,	Var	Bangladeş
Balin ve Akan (2015)	1997-2009	Panel Data Regresyon Analizi	GSYİH, CO ₂	Var	27 Gelişmiş Ülke
Gülmez (2015)	2000-2012	Panel Eşbütünleşme ve Panel Nedensellik Analizi	GSYİH ve CO ₂	Var	24 OECD Ülkesi

Ergün ve Polat (2015)	1980-2010	Panel Eşbütünleşme Analizi	CO ₂ Salımı, Elektrik Tüketimi ve GSYİH	Var	30 OECD Ülkesi
Long ve ark. (2015)	1952-2012	Granger Nedensellik Testi	GSYİH, CO ₂ Salımı ve Enerji Tüketimi	Var	Çin
Uysal ve Yapraklı (2016)	1968-2011	Eşbütünleşme Analizi	CO ₂ Salımı, Enerji Tüketimi ve GSYİH	Var	Türkiye
Topallı (2016)	1980-2010	Panel eşbütünleşme ve Panel Nedensellik Analizi	Ekonomik Büyüme ve CO ₂ Salımı	Var	Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika
Bayramoğlu ve Yurtkur (2016)	1960-2010	Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Eşbütünleşme Analizi	Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme	Var	Türkiye
Türköz (2016)	1992-2010	ARDL Sınır Testi ve Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi	CO ₂ Salımı, Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme	Var	Türkiye (Bulgaristan, Yunanistan, Suriye, İran, Irak, Ermenistan ve Gürcistan)

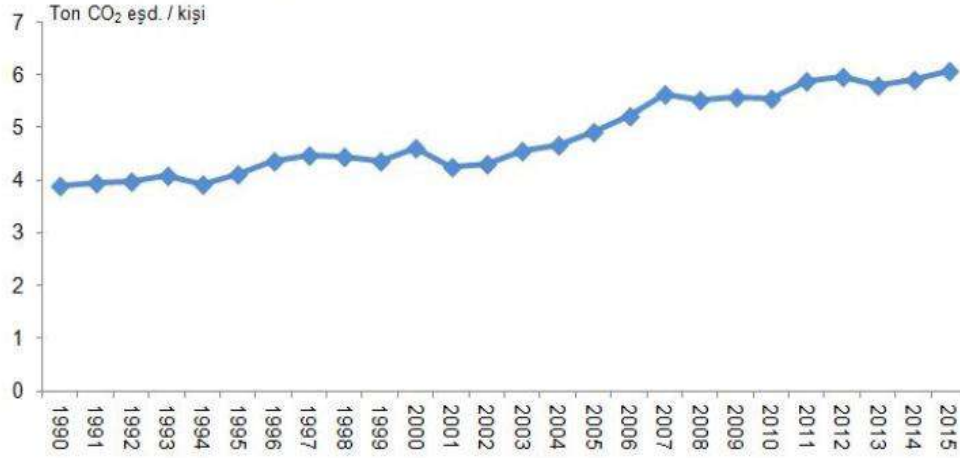
3. Türkiye’ de Sera Gazı Emisyonu İstatistikleri

Seragazı emisyon envanteri; enerji, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, tarımsal faaliyetler ve atıktan kaynaklanan, doğrudan seragazıları olan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O) ve F-gazları ile dolaylı seragazıları azotoksitler (NO_x), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC), karbonmonoksit (CO) ve kükürtdioksit (SO₂) emisyonlarını kapsamaktadır.

Grafik 1., Tablo 2. ve Tablo 3. den de görüldüğü gibi Türkiye’de CO₂ miktarı her geçen yıl artış göstermiştir. Seragazı emisyon envanteri sonuçlarına göre, 2015 yılında toplam seragazı emisyonu CO₂ eşdeğeri olarak 475,1 milyon ton (Mt) olarak hesaplanmıştır. 2015 yılı emisyonlarında CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı %71,6 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %12,8 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %12,1 ile tarımsal faaliyetler ve %3,5 ile atık takip etmiştir.

Kişi başı seragazı emisyonları artış göstererek, CO₂ eşdeğeri olarak 2015 yılı toplam seragazı emisyonu 1990 yılına göre %122 artış göstermiştir. 1990 yılında kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 3,88 ton/kişi olarak hesaplanmışken, bu değer 2015 yılında 6,07 ton/kişi olarak hesaplanmıştır. Toplam CO₂ emisyonlarının 2015 yılında %86,1’i enerjiden, %13,7’si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından, %0,2’si ise tarımsal faaliyetler ve atıktan kaynaklandığı görülmektedir.

Grafik 1: TÜİK 17 Nisan 2017 Sera Gazı Emisyon İstatistikleri (1990-2015) Sonuçları



Kaynak: (<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24588>, 20.09.2017 tarihinde erişildi).

Tablo 2: Seragazı Emisyonları (CO₂ eşdeğeri), 1990 – 2015

Yıl	Toplam	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F Gazları
1990	214,0	148,2	41,2	23,8	0,7
1991	221,1	154,2	42,2	23,8	0,9
1992	227,4	160,1	42,1	24,5	0,8
1993	236,7	168,5	41,9	25,6	0,8
1994	230,3	165,2	41,5	22,8	0,7
1995	246,6	181,4	41,2	23,3	0,6
1996	264,2	197,5	41,5	24,2	1,1
1997	275,6	209,9	40,7	23,9	1,1
1998	277,6	210,0	40,9	25,5	1,2
1999	276,4	207,0	42,3	25,9	1,2
2000	296,5	227,7	42,3	25,1	1,4
2001	277,7	211,7	41,8	22,7	1,5
2002	284,6	219,9	39,9	23,1	1,7
2003	304,1	235,3	42,1	24,7	2,0
2004	315,1	244,3	42,8	25,8	2,3
2005	337,2	263,9	44,4	26,3	2,6
2006	361,7	284,8	45,9	28,1	2,9
2007	395,0	316,1	48,3	27,3	3,3
2008	391,8	313,3	49,3	25,7	3,5
2009	400,9	320,5	49,1	27,9	3,4
2010	406,8	322,1	51,2	28,8	4,7
2011	436,4	348,0	53,4	29,7	5,2
2012	448,9	355,5	56,8	30,7	5,9
2013	442,2	347,7	55,6	32,8	6,1
2014	455,6	359,2	56,8	32,7	6,8
2015	475,1	383,4	51,4	33,3	6,9

Kaynak: (<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24588>, 20.09.2017 tarihinde erişildi).

Tablo 3: Sektörlere Göre Toplam Seragazı Emisyonları (CO₂ eşdeğeri), 1990 - 2015

Yıl	Toplam	1990 yılına göre değişim (%)	Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı			
			Enerji	ürün kullanımı	Tarımsal faaliyetler	Atık
1990	214,0	-	134,4	23,7	44,8	11,1
1991	221,1	3,3	138,5	25,4	45,8	11,3
1992	227,4	6,3	144,7	25,1	46,1	11,5
1993	236,7	10,6	152,2	26,0	46,8	11,8
1994	230,3	7,6	148,9	25,3	44,0	12,0
1995	246,6	15,2	163,5	27,3	43,4	12,4
1996	264,2	23,5	179,2	28,1	44,2	12,7
1997	275,6	28,8	191,2	29,0	42,1	13,2
1998	277,6	29,7	191,0	29,3	43,7	13,5
1999	276,4	29,2	190,2	27,8	44,4	14,0
2000	296,5	38,6	211,7	27,8	42,5	14,5
2001	277,7	29,8	195,0	27,9	39,8	15,0
2002	284,6	33,0	201,9	29,3	38,0	15,4
2003	304,1	42,1	216,6	30,5	41,2	15,9
2004	315,1	47,3	223,3	33,1	42,2	16,5
2005	337,2	57,6	241,0	35,9	43,3	16,9
2006	361,7	69,0	260,5	39,0	44,8	17,5
2007	395,0	84,6	291,4	41,5	44,4	17,7
2008	391,8	83,1	288,5	43,4	42,1	17,8
2009	400,9	87,4	294,6	45,1	43,4	17,9
2010	406,8	90,1	291,8	51,0	45,8	18,2
2011	436,4	103,9	313,9	55,8	48,1	18,5
2012	448,9	109,8	319,3	57,7	53,8	18,1
2013	442,2	106,6	308,3	60,2	57,2	16,5
2014	455,6	112,9	321,2	60,8	57,2	16,4
2015	475,1	122,0	340,0	60,7	57,4	16,9

Kaynak: (<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24588>, 20.09.2017 tarihinde erişildi).

4. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmanın veri seti 1960-2013 dönemlerini kapsayan yıllık hava kirliliği göstergesi CO₂ emisyonu ve reel gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) serileridir. Verilere www.worldbank.org veri tabanından erişilmiştir. Serilerin durağanlığı tek kırılmaya izin veren Zivot-Andrews birim kök testi ile sınanmıştır. Yapılan birim kök testi sonucunda seriler birinci dereceden bütünlük bulunmuştur. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki, yapısal değişime izin veren Gregory Hansen eşbütünlük testi ile sınanmıştır.

4.1. Zivot- Andrews Birim Kök Testi

İktisadi zaman serileri ile analizler yapılırken serilerde çeşitli nedenlerden dolayı meydana gelen yapısal değişimleri dikkate almadan geliştirilen birim kök testleri yanlış sonuçlar elde edilmesine neden olabilir. Perron (1989) trendde bir kırılmaya izin veren trend durağan alternatif hipotezine karşı serinin birim köklü olduğunu söyleyen temel hipotezi sınanan birim kök testini geliştirmiştir. Ancak Perron (1989) kırılma tarihini belirlerken önsel bilgi kullanmıştır. Zivot ve Andrews (1992) önsel bilgi kullanılarak kırılma tarihinin dışsal olarak belirlenmesinin veri eşleme sorununa sebep olacağını belirterek kırılma tarihini içsel olarak belirleyen birim kök testini geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri birim kök testinin modelleri aşağıdaki şekildedir:

$$y_t = \hat{\mu}^A + \hat{\theta}^A DU_t(\hat{\lambda}) + \hat{\beta}^A t + \hat{\alpha}^A y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \hat{c}_j^A \Delta y_{t-j} + \hat{e}_t \quad (1)$$

$$y_t = \hat{\mu}^B + \hat{\beta}^B t + \hat{\gamma}^B DT_t^*(\hat{\lambda}) + \hat{\alpha}^B y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \hat{c}_j^B \Delta y_{t-j} + \hat{e}_t \quad (2)$$

$$y_t = \hat{\mu}^c + \hat{\theta}^c DU_t(\hat{\lambda}) + \hat{\beta}^c t + \hat{\gamma}^c DT_t^*(\hat{\lambda}) + \hat{\alpha}^c y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \hat{c}_j^c \Delta y_{t-j} + \hat{e}_t \quad (3)$$

$$DU_t(\lambda) \begin{cases} 1, & t > T\lambda \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad DT_t^*(\lambda) \begin{cases} t - T\lambda, & t > T\lambda \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$DU_t(\lambda)$ sabitteki, $DT_t^*(\lambda)$ trend de ki kırılmayı gösteren kukla değişkenlerdir.

Kırılma zamanı olarak ifade edilen TB içsel olarak belirlenir. Kırılma tarihini belirlemek için bütün mümkün kırılma tarihleri için farklı bir kukla değişken kullanılarak $t=2, \dots, (T-1)$ için ek küçük kareler yöntemiyle T-2 sayıda regresyon oluşturulur ve y_{t-1} değişkeninin katsayısının minimum olduğu regresyon modelindeki kırılma tarihi uygun tarih olarak seçilir. Kırılma tarihi belirlendikten sonra, hesaplanan t istatistiği Zivot -Andrews kritik değerleriyle karşılaştırılır. Hesaplanan t istatistiği, Zivot-Andrews'in hesapladığı kritik değerden küçükse yapısal kırılma olmadan serinin birim köklü olduğunu gösteren temel hipotez reddedilerek, yapısal kırılmalar altında serinin durağan olduğuna karar verilir.

4.2. Gregory – Hansen Eşbütünleşme Testi

Birim kök testlerinde olduğu gibi eşbütünleşme ilişkilerinde de yapısal değişimler değişkenler arasındaki ilişkileri etkileyebilir. Gregory ve Hansen (1996) önerdikleri eşbütünleşme vektörün de meydana gelebilecek yapısal değişimleri dikkate almışlardır. Gregory Hansen eşbütünleşme testi tıpkı Zivot Andrews birim kök testi gibi tek kırılmaya izin verir ve kırılma tarihi içsel olarak belirlenir.

Gregory Hansen eşbütünleşme testi için üç ayrı model önerilmiştir. İlk model sabitte değişime izin verir ve seviyede değişim modeli olarak adlandırılır. Model C olarak ifade edilen bu model aşağıdaki şekildedir:

$$y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{1t} + \alpha^T y_{2t} + e_t \quad t=1, \dots, n. \quad (4)$$

C modelinde yer alan μ_1 parametresi değişimden önceki sabiti, μ_2 parametresi ise değişimden sonraki sabiti temsil eder. Önerilen diğer bir model seviyede değişim modeline trendin eklenmesi ile oluşturulur trendli seviye değişim modeli olarak adlandırılır ve C/T şeklinde ifade edilir. C/T modeli şöyledir:

$$y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{1t} + \beta t + \alpha^T y_{2t} + e_t \quad t=1, \dots, n. \quad (5)$$

Yapısal değişimin bir diğer mümkün formu ise eğim vektöründe meydana gelebilecek yapısal değişimdir. Bu model rejim değişimi modeli olarak adlandırılır ve C/S ile gösterilir. Model aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

$$y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{1t} + \alpha_1^T y_{2t} + \alpha_2^T y_{2t} \varphi_{1t} + e_t \quad t=1, \dots, n. \quad (6)$$

C/S modelinde μ_1 ve μ_2 seviye değişim modelindeki gibi tanımlanır, α_1 rejim değişiminden önceki bütünleşik eğim katsayısıdır, α_2 ise eğim katsayısındaki değişimi gösterir.

Model C, C/S ve C/T'de yer alan φ_{1t} katsayısı yapısal değişimi gösteren kukla değişkendir ve aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$\varphi_{1t} = \begin{cases} 0, & t \leq [n\tau], \\ 1, & t > [n\tau], \end{cases} \quad (7)$$

Burada bilinmeyen parametre olan $\tau \in (0,1)$ zamandaki değişim noktasını gösterir ve [] ile tamsayı kısmı ifade edilir.

Gregory Hansen Testinde eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını söyleyen temel hipotez eşbütünleşme vektöründeki mevcut bir kırılmayla birlikte değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu gösteren alternatif hipoteze karşı sınanır. Bu test için üç farklı test istatistiği kullanılır bu test istatistikleri şu şekildedir:

$$Z_\alpha^* = \inf_{\tau \in T} Z_\alpha(\tau), \quad (8)$$

$$Z_t^* = \inf_{\tau \in T} Z_t(\tau), \quad (9)$$

$$ADF^* = \inf_{\tau \in T} ADF(\tau), \quad (10)$$

5. Ampirik Bulgular

Çalışmada ilk olarak veri setinin durağanlık sınavasını yapmak için yapısal kırılmayı dikkate alan birim kök testi uygulanmıştır. Elde edilen birim kök testi sonuçları tablo olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 4: CO₂ Değişkeninin Zivot – Andrews Birim Kök Testi Sonuçları

Model	CO ₂		ΔCO ₂ *	
	Model A	Model C	Model A	Model C
Kırılma tarihi	1970	1990	1974	1974
Test İstatistiği	-2.801103	-3.4044008	-9.972794	-9.936757
%1	-5.34	-5.57	-5.34	-5.57
%5	-4.93	-5.08	-4.93	-5.08
%10	-4.58	-4.82	-4.58	-4.82

*Δ birinci farkı ifade etmektedir.

Tablo 5: GSYİH Değişkeninin Zivot – Andrews Birim Kök Testi Sonuçları

Model	GSYİH		ΔGSYİH*	
	Model A	Model C	Model A	Model C
Kırılma tarihi	2004	2004	2003	2003
Test İstatistiği	-4.166225	-4.128261	-7.666031	-7.739752
%1	-5.34	-5.57	-5.34	-5.57
%5	-4.93	-5.08	-4.93	-5.08
%10	-4.58	-4.82	-4.58	-4.82

*Δ birinci farkı ifade etmektedir.

Tablo 4 ve Tablo 5 Zivot Andrews birim kök testi sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlara göre hem CO₂ değişkeni hem de GSYİH değişkenleri için test istatistikleri bütün anlamlılık düzeylerindeki kritik değerlerden mutlak değer olarak küçüktür. Bu durum da her iki değişkenin düzey değerleri için yapılan birim kök testi sonucunda değişkenlerin yapısal kırılma olmadan birim köklü olduğunu söyleyen temel hipotez reddedilememektedir. Yani her iki değişkende düzey değerlerinde durağan değildir. ΔCO₂, CO₂ değişkeninin birinci farkını göstermektedir. ΔCO₂ değişkeni için yapılan birim kök testi sonucunda elde edilen test istatistiği hem model A hem de Model C için bütün anlamlılık düzeylerinde kritik değerlerden büyük bulunmuştur. Yani yapısal değişimler altında CO₂ değişkeninin birinci farkının durağan olduğu sonucuna varılmıştır. ΔGSYİH, GSYİH değişkeninin birinci farkıdır. ΔGSYİH değişkeni için yapılan birim kök testi sonucuna göre hem model A hem de Model C'de hesaplanan test istatistikleri kritik değerlerden büyük bulunmuştur. Bu sonuca göre GSYİH değişkeninin birinci farkının yapısal değişim altında durağan olduğu sonucuna varılır. Kırılmanın içsel olarak belirlendiği Zivot Andrews birim kök testi sonucunda iki değişkende I(1) bulunmuştur.

Tablo 6: Gregory Hansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Model	ADF*	T _b	Z _t *	%5	T _b	Z _α *	T _b	%5
C/C	-3.49	22	0.26	-4.61	25	-17.71	20	-40.48
C/T	-4.19	20	-4.20	-4.99	20	-25.36	18	-47.96
C/S	-5.44	48	-5.49	-4.95	48	-38.41	48	47.04

Not: T_b kırılma noktasını göstermektedir.

Tablo 6'da Gregory Hansen eşbütünleşme testinin sonuçları görülmektedir. Bu sonuçlara göre Model C/C ve Model C/T için elde edilen test istatistikleri %5 düzeyinde kritik değerlerden küçüktür. Bu yüzden seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını söyleyen temel hipotez reddedilemez. Model C/S için elde edilen ADF* ve Z_t* test istatistikleri %5 anlamlılık düzeyinde kritik değerden büyüktür. Bu sonuç eşbütünleşme vektöründeki yapısal değişim altında değişkenler

arasında eşbütünlüşme ilişkisi olduğu sonucuna varılabilir. Model C/S için bulunan eşbütünlüşme ilişkisi dikkate alınarak uzun dönemli ilişkinin tahmini için Tam Düzeltilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) Tekniği kullanılmıştır. Oluşturulan model ve elde edilen tahmin sonuçları şu şekildedir:

$$CO_2 = \alpha_0 + \alpha_1 t + GSYIH + u_i \quad (11)$$

Tablo 7: Uzun Dönemli Katsayıların Tahmin Sonuçları

Kullanılan Teknik: FMOLS				
Bağımlı Değişken: CO ₂				
Bağımsız Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	Olasılık Değeri
α_0	0.435419	0.041630	10.45915	0.0000
t	0.012584	0.002303	5.464191	0.0000
GSYIH	-6.44E-05	1.57E-05	-4.104149	0.0001

Not: FMOLS uzun dönem varyans tahmininde bant genişliği ve gecikme uzunluğu için Newey-West otomatik Methodu kullanılmıştır.

Tablo 7'de ki sonuçlara göre uzun dönem için elde edilen katsayılar yüzde beş anlamlılık seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlara göre uzun dönemde GSYIH değişkeninde meydana gelecek bir birimlik artış hava kirliliğini bir birimden daha az azaltacaktır.

Model C/S için bulunan eşbütünlüşme ilişkisi dikkate alınarak kısa dönemli ilişkinin tahmin sonuçları ve tahmin edilen model aşağıdaki şekildedir:

$$\Delta CO_2 = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 EC_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_3 \Delta CO_{2,t-1} + \sum_{i=0}^n \alpha_4 \Delta GSYIH_{t-1} + u_t \quad (12)$$

EC_{t-1} değişkeni uzun dönem ilişkisinden elde edilen hatanın bir dönem gecikmeli değeridir. Bu katsayı kısa dönemdeki sapmanın uzun dönemde, ne kadarlık zamanda dengeye geleceğini gösterir.

Tablo 8: Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	t istatistiği
EC_{t-1}	-0.067560**	-3.03328**
$\Delta CO_2(-1)$	-0.332383	-2.34860
$\Delta CO_2(-2)$	-0.102891	-0.71544
$\Delta GSYIH(-1)$	5.64E-08***	0.00834***
$\Delta GSYIH(-2)$	8.55E-07***	0.12695***

Not: ** yüzde beş düzeyinde anlamlılığı göstermektedir, *** yüzde bir düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 8'de ki sonuçlara göre hata düzeltme değişkeninin katsayısı negatif işaretli ve anlamlı bulunmuştur. Bu kısa dönemdeki sapmanın uzun dönemde dalgalanmalarla dengeye geleceğini göstermektedir. Hava kirliliği ile GSYIH değişkenleri arasında kısa dönemde pozitif ve anlamlı bir ilişki vardır.

6. Sonuç

Bu çalışmada Türkiye'nin 1960-2013 dönemleri için ekonomik büyümesi ile hava kirliliği değişkenleri arasındaki uzun dönemli ilişki incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda hem ekonomik büyüme değişkeni hem de GSYİH değişkeni birinci dereceden bütünleşik bulunmuştur. Aynı dereceden bütünleşik olan seriler için Gregory Hansen kırılmalı eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Yapılan eşbütünleşme analizi sonucunda C/S modeline göre eşbütünleşme vektöründeki kırılma ile birlikte değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan ekonometrik analiz sonucunda C/S modeline göre değişkenler arasında bulunan uzun dönemli ilişki ekonomik büyümenin, hava kirliliği üzerindeki etkisini ortaya koyar niteliktedir. GSYİH'yi arttırma ve sürekli olarak ekonomide büyüme ve gelişme düşüncesi, çevrenin kirlenmesine yol açmaktadır. Doğal bir kaynak olan havanın endüstriyel ve insan atıklarından temizlenerek yeniden kullanılabilir şekle dönüştürülmesi ekonomik ve teknik problemler oluşturmaktadır. Özellikle nüfus artışı ve sanayileşmeden dolayı enerji ihtiyacı dünyadaki kıt kaynaklar ile karşılanamayıp, enerjinin üretim ve tüketimi arasındaki açığı da giderek artmaktadır.

Bugün ki yanlış seçimlerimiz gelecekteki toplam üretimimizi belirleyerek, ekonomik büyümemizi yavaşlatacak ve kısıtlayacaktır. Bundan dolayı sektörel büyüme hızımız azalırken, bir yandan da üretim maliyetlerindeki artış nedeniyle ülkenin rekabet gücünde gerileme söz konusu olacaktır. Asıl hedefimiz, daha uzun vadede ekonomik büyüme ve çevreyi koruma arasında bir denge kurulmasıdır. Bu yüzden ülke olarak ekonomik büyüme için yapılan faaliyetlerde çevre tahribatını en aza indirecek önlemler alınmalıdır. Alınacak önlemler, kısa vadede maliyetli gibi görünse de gelecek de ülkenin refah düzeyini arttırmak ve gelecek nesillere yaşanılabilir bir dünya bırakmak için büyük önem arz etmektedir.

Kaynakça

- Ahmed, K. (2014). Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emission in Mongolia: An Empirical Analysis. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 25(4), 505-516.
- Alam, J. (2014). On the Relationship between Economic Growth and CO₂ Emissions: The Bangladesh Experience. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 5 (6), 36-41.
- Alkathlan, K., ve Javid, M. (2013). Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth in Saudi Arabia: An Aggregate and Disaggregate Analysis. *Energy Policy*, 62, 1525-1532.
- Altıntaş, H. (2013). Türkiye'de Birincil Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 8(1).
- Ang, J. B. (2007). CO₂ Emissions, Energy Consumption, and Output in France. *Energy Policy*, 35(10), 4772-4778.
- Ayşe, A. R. I., ve Zeren, F. (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.
- Azomahou, T., Laisney, F., ve Van, P. N. (2006). Economic Development and CO₂ Emissions: a Nonparametric Panel Approach. *Journal of Public Economics*, 90(6), 1347-1363.
- Balin, B. E., ve Akan, D. M. (2015). EKC Hypothesis and The Effect of Innovation: A Panel Data Analysis. *Journal of Business Economics and Finance*, 4(1).
- Bayramoğlu, A. T., ve Yurtkur, A. K. (2016). Türkiye'de Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Doğrusal Olmayan Eşbütünleşme Analizi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(4), 31-45.

- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi Kyoto Protokolü, (2017). Erişim Adresi http://www.csb.gov.tr/db/iklim/editorodnya/kyoto_protokol.pdf,
- Bruvoll, A., ve Medin, H. (2003). Factors Behind The Environmental Kuznets curve. A Decomposition of the Changes in Air Pollution. *Environmental and Resource Economics*, 24(1), 27-48.
- Burnett, J. W., Bergstrom, J. C., ve Wetzstein, M. E. (2013). Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth in the US. *Journal of Policy Modeling*, 35(6), 1014-1028.
- Chang, C. C. (2010). A Multivariate Causality Test of Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China. *Applied Energy*, 87(11), 3533-3537.
- Coondoo, D., ve Dinda, S. (2008). Carbon Dioxide Emission and Income: A Temporal Analysis of Cross-Country Distributional Patterns. *Ecological Economics*, 65(2), 375-385.
- Dinda, S., ve Coondoo, D. (2006). Income and Emission: A Panel Data-Based Cointegration Analysis. *Ecological Economics*, 57(2), 167-181.
- Ergün, S., ve Polat, M. A. (2015). OECD Ülkelerinde CO₂ Emisyonu, Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi 1/The Relationship Between CO₂ Emission, Electricity Consumption And Economic Growth in OECD Countries. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (45), 115-141.
- Gregory, H. ve Hansen, B.E., (1996). Residual-Based Tests for Cointegration in Models With Regime Shifts. *Journal of Econometrics*, 70, 99-126.
- Grossman, G. M., ve Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American free trade agreement* (No. w3914). National Bureau of Economic Research.
- Grossman, G. M., ve Krueger, A. B. (1995). Economic Growth and The Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Grunewald, N., ve Martínez-Zarzoso, I. (2011). *Carbon Dioxide Emissions, Economic Growth and The Impact of the Kyoto Protocol*. Working Paper for Spanish Ministry of Education and Science, 1-26.
- Gülmez, A. (2015). OECD Ülkelerinde Ekonomik Büyüme ve Hava Kirliliği İlişkisi: Panel Veri Analizi. *Kastamonu Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9, 18-30.
- Halicioglu, F. (2009). An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164.
- Holtz-Eakin, D., ve Selden, T. M. (1995). Stoking the Fires? CO₂ Emissions and Economic Growth. *Journal of Public Economics*, 57(1), 85-101.
- Jalil, A., ve Mahmud, S. F. (2009). Environment Kuznets Curve for CO₂ Emissions: A Cointegration Analysis for China. *Energy Policy*, 37(12), 5167-5172.
- Long, X., Naminse, E. Y., Du, J., ve Zhuang, J. (2015). Nonrenewable Energy, Renewable Energy, Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth in China from 1952 to 2012. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 680-688.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., ve Behrens, W. W. (1972). *The Limits to Growth: a Report for The Culb of Rome's Project on The Predicament of Mankind*, New American Library. New York: Universe Books.
- Nasir, Mve Rehman, F. U. (2011). Environmental Kuznets Curve for Carbon Emissions in Pakistan: An Empirical Investigation. *Energy Policy*, 39(3), 1857-1864.
- Saboori, B., Sulaiman, J., ve Mohd, S. (2012). Economic Growth and CO₂ Emissions in Malaysia: a Cointegration Analysis of The Environmental Kuznets curve. *Energy Policy*, 51, 184-191.

- Selden, T. M., ve Song, D. (1994). Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?. *Journal of Environmental Economics and management*, 27(2), 147-162.
- Seragazi Emisyon İstatistikleri, 1990-2015. Erişim adresi <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24588> , Erişim tarihi: 20.09.2017.
- Shafik, N. (1994). Economic development and environmental quality: an econometric analysis. *Oxford economic papers*, 757-773.
- Tiwari, A. (2011). Primary Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth: Evidence from India. *South East European Journal of Economics and Business*, 6(2), 99-117.
- Topallı, N. (2016). CO₂ Emisyonu ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika için Panel Veri Analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*. 6(1), 427-447.
- Tucker, M. (1995). Carbon Dioxide Emissions and Global GDP. *Ecological Economics*, 15(3), 215-223.
- Türköz, K. (2015). Türkiye'de CO₂ salınımları ve ekonomik büyüme ilişkisi. Balıkesir, Türkiye.
- Uysal, D., ve Yapraklı, H. (2016). Kişi Başına Düşen Gelir, Enerji Tüketimi ve Karbondioksit (CO₂) Emisyonu Arasındaki İlişkinin Yapısal Kırılmalar Altında Analizi: Türkiye Örneği. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, (31), 186-202.
- Wang, S. S., Zhou, D. Q., Zhou, P., ve Wang, Q. W. (2011). CO₂ Emissions, Energy Eonsumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis. *Energy Policy*, 39(9), 4870-4875.
- Wolde-Rufael, Y. (2006). Electricity Consumption and Economic Growth: A Time Series Experience for 17 African Countries. *Energy Policy*, 34(10), 1106-1114.
- Zhang, X. P., ve Cheng, X. M. (2009). Energy Consumption, Carbon Emissions, and Economic Growth in China. *Ecological Economics*, 68(10), 2706-2712.
- Zivot, E., ve Donald W. K. Andrews, (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251-270.

ECONOMETRIC ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN AIR POLLUTION AND ECONOMIC GROWTH

Extended Abstract

Aim: In this study; Turkey's covering the 1960-2013 period, carbon dioxide as air pollution index (CO₂) emissions and economic growth as an indicator of the gross domestic product (GDP) using data from a long period relationship between air pollution and economic growth were investigated.

Method(s): In this study, the data was accessed from the www.worldbank.org database. The stationary of the data has been tested with the Zivot-Andrews unit root test, which allows single breaks and this existing structural break is endogenously estimated. Using a different dummy variable for all possible break dates to determine the break date, the T-2 number regression is constructed by adding the least squares method for $t = 2, \dots (T-1)$, and the breakage date in the regression model where the coefficient of the y_{t-1} the appropriate date is selected. As a result of the constructed unit root test, both series were found to be nonstationary at the level. Variables were stationary when their first difference was taken. The Gregory Hansen cointegration test was then applied which allowed a break in the cointegration vector and the break was endogenously determined. The Gregory Hansen cointegration test permits only one break, just like the Zivot Andrews unit root test and the break date is determined internally. Gregory Hansen proposed three separate models for the cointegration test. The first model allows constant change and is called a change in level model. Model is defined as C. The other model is created by adding trend to the change model in the level. It is called the trending level change model and is expressed as C / T. Another possible form of structural change is the structural change that can occur in the slope vector. This model is called the regime change model and is represented by C / S.

Findings: Table 1 - Table 2 shows the results of the Zivot Andrews Unit Root Test and Table 3 shows the results of the Gregory Hansen Broken Cointegration Test.

The Fully Corrected Least Squares (FMOLS) technique was used to estimate the long period relationship taking into account the cointegration relation found for Model C / S. The generated model is as follows:

$$CO_2 = \alpha_0 + \alpha_1 t + GDP + u_t \quad (1)$$

The results are shown in Table 4.

Considering the cointegration relation found for model C / S, the predicted model for the short period relationship is as follows:

$$\Delta CO_2 = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 EC_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_3 \Delta CO_{2,t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_4 \Delta GDP_{t-i} + u_t \quad (2)$$

EC_{t-1} is the one period delayed value of the error obtained from the long period relation. The results are shown in Table 5.

Table 1: Zivot-Andrews Unit Root Test Results of CO₂ Variable

Model	CO ₂		ΔCO ₂	
	Model A	Model C	Model A	Model C
Break dates	1970	1990	1974	1974
Test Statistic	-2.801103	-3.4044008	-9.972794	-9.936757
%1	-5.34	-5.57	-5.34	-5.57
%5	-4.93	-5.08	-4.93	-5.08
%10	-4.58	-4.82	-4.58	-4.82

*Δ expresses the first difference

Table 2: Zivot-Andrews Unit Root Test Results of GDP Variable

	GDP		ΔGDP	
Break dates	2004	2004	2003	2003
Test statistic	-4.166225	-4.128261	-7.666031	-7.739752
%1	-5.34	-5.57	-5.34	-5.57
%5	-4.93	-5.08	-4.93	-5.08
%10	-4.58	-4.82	-4.58	-4.82

*Δ expresses the first difference

Table 3: Gregory Hansen Cointegration Test Results

Model	ADF*	T _b	Z _t *	%5	T _b	Z _α *	T _b	%5
C/C	-3.49	22	0.26	-4.61	25	-17.71	20	-40.48
C/T	-4.19	20	-4.20	-4.99	20	-25.36	18	-47.96
C/S	-5.44	48	-5.49	-4.95	48	-38.41	48	47.04

Note: T_b indicates the breaking point

Table 4: Estimation Results of Long Periodic Coefficients

Technique used: FMOLS

Dependent variable: CO₂

Independent Variables	Coefficient	Standard error	t-statistic	Probability Value
α ₀	0.435419	0.041630	10.45915	0.0000
t	0.012584	0.002303	5.464191	0.0000
GDP	-6.44E-05	1.57E-05	-4.104149	0.0001

Note: In the FMOLS long period variance estimation, Newey-West automatic method was used for bandwidth and delay length.

Table 5: Error Correction Model Results

Variables	Coefficients	t-statistic
EC _{t-1}	-0.067560**	-3.03328**
Δ CO ₂ (-1)	-0.332383	-2.34860
Δ CO ₂ (-2)	-0.102891	-0.71544
Δ GDP(-1)	5.64E-08***	0.00834***
Δ GDP(-2)	8.55E-07***	0.12695***

Note: ** shows meaningfulness at five percent level, *** shows meaningfulness at one percent level.

Conclusion: As a result of the analysis made both GDP and CO₂ were found to be integrated in the first order. Gregory Hansen's broken cointegration analysis for the series integrated at the same time resulted in a cointegration relationship between the variables in the cointegration vector and the C / S model. According to the results in Table 4 and Table 5, there is a positive and meaningful relationship between air pollution and GDP variables in the short period.

