

Araştırma Makalesi

Dış Ticarete Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliği: E7 Ülkeleri İçin Fourier Bootstrap AARDL Analizi

The Validity of the Environmental Kuznets Curve In Foreign Trade: Fourier Bootstrap AARDL Analysis for E7 Countries

Oğuzhan ÖZÇELİK

Dr. Öğr. Üyesi, Kırklareli Üniversitesi

Babaeski Meslek Yüksekokulu

oguzhanozcelik@klu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-6666-8976>

Makale Geliş Tarihi	Makale Kabul Tarihi
11.02.2024	23.05.2024

Öz

Hızlı gelişen E7 ülkelerinde dış ticaretin çevre kirliliğine etkilerinin ele alındığı bu çalışmada; ihracat ve ithalatın karbondioksit emisyonuna etkileri, kübik Çevresel Kuznets Eğrisi kullanılarak, Fourier ADFbirim kök testi ve Fourier Bootstrap AARDL yöntemleriyle analiz edilmiştir. Analizlerden elde edilen bulgular; Çin ve Meksika'da ihracat ile çevre kirliliği arasında N şeklinde, Rusya'da ise hem ihracat hem de ithalat ile çevre kirliliği arasında ters N şeklinde Çevresel Kuznets Eğrilerinin geçerli olduğuna dikkat çekmektedir. Diğer bir ifadeyle Çin ve Meksika ihracatlarını artırabilmek için çevreyi kirletmeye devam ederken, Rusya çevre kirliliğini azaltarak dış ticaret yapmaktadır. Bu sonuçlar Çin ve Meksika'nın sanayi ürünleri, Rusya'nın ise doğal kaynaklar ihracatına işaret etmektedir. Analizlerde dönüm noktaları hesaplandığında; Çin için reel sayılara ulaşamamış olup, Meksika için ilk dönüm noktasının 23.9 milyar Dolar, ikinci dönüm noktasının 352 milyar Dolar'da gerçekleştiği görülmüştür. Söz konusu bulgu; Meksika'da ihracat 23.9 milyar Dolar'a ulaşıncaya kadar çevrenin çok kirletilmediğini, sonrasında ise çevreyi korumaya yönelik tedbirlerin alındığını ve çevre kirliliğinin azaltılmaya çalışıldığını göstermektedir. Buna karşın, ihracatı 352 milyar Doların üzerine çıkarabilmek için tekrar çevreyi koruma tedbirlerinin göz ardı edilmeye başlandığı izlenmektedir. 2020 yılı itibarıyla Meksika'nın ihracatı 418 milyar Dolar olup, bu ülke çevreyi hızla kirletme evresinde bulunmaktadır. Bu nedenle gerek Meksikalı yetkililerin gerekse uluslararası kuruluşların bu ülkenin çevreyi kirletmesinin önüne geçmeleri elzemdir.

Anahtar Kelimeler: Dış Ticaret, Kübik Çevresel Kuznets Eğrisi, Fourier Bootstrap AARDL Yöntemi.

Jel Sınıflandırması: F14; F18, Q56

This research where the effects of foreign trade on environmental pollution in E7 countries are investigated, the impacts of import and export on carbon dioxide emissions were analyzed with the Fourier ADF Unit Root Test and Fourier Bootstrap AARDL methods using the cubic Environmental Kuznets Curve. Findings from the analysis have shown that an N-shaped Environmental Kuznets Curve is present between export and pollution in China and Mexico, while a backwards N-shaped curve is found between both export and import and pollution in Russia. In other words, China and Mexico continue to pollute the environment to increase export while Russia reduces pollution during export processes. These results indicates that while China and Mexico exports industrial products, Russia exports natural sources. When turning points were calculated in these analyses, real numbers could not be reached for China while the first turning point was 23.9 billion dollars and the second one was 352 billion dollars for Mexico. This finding reveals that Mexico did not pollute the environment to a great extent until the turning point of 23.9 billion dollars was reached; then, environmental protection measures were taken and effort was shown to reduce pollution.

Önerilen Atıf/Suggested Citation

Özçelik, O., 2024, Dış Ticarete Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliği: E7 Ülkeleri İçin Fourier Bootstrap AARDL Analizi, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 59(2), 833-856.

Nevertheless, the finding again shows that the country started to ignore environmental protection measures to increase export above 352 billion dollars. In 2020, Mexico's export volume was 418 billion dollars; the country is now in the phase of swiftly polluting the environment. For this reason, it is essential that both Mexican authorities and international organizations prevent this country from polluting the environment.

Keywords: Foreign Trade, Cubic Environmental Kuznets Curve, Fourier Bootstrap AARDL Method

Jel Codes: F14; F18, Q56

1. Giriş

Hayatta kalmak ve yaşamını devam ettirebilmek, içgüdüsel olarak tüm canlılarda var olan temel bir devinimdir. Yeryüzünde ellibin seneyi aşkın süreden beri varlığını sürdüren insanlığın (Noah,2019), yaşam hakkı tüm hukuk sistemlerinde ve uluslararası bildirgelerde en temel öncelik olarak ilk sırada yerini almaktadır. Başta insan olmak üzere tüm canlıların yaşamlarını devam ettirebilmek için tahrip edilmemiş, sağlıklı bir doğa ve çevre şartlarına gereksinimleri vardır. Oysa günümüzde daha fazla üretim ve daha hızlı ekonomik büyüme uğruna, özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler sağlıklı ve sürdürülebilir çevreden ödün verdikleri izlenmektedir (WHO, 1997, s.13). Hızlı sanayileşme motivasyonunun baskın gelmesi sonucu, doğanın ve çevrenin kirletilmesini önleyebilmek amacıyla 1971 Ramsar Anlaşması, 1972 Paris ve Stockholm Bildirgeleri, 1973 Washington Sözleşmesi, 1976 Barselona Sözleşmesi, 1979 Bern Sözleşmesi, 1985 Granada Sözleşmesi, 1989 Basel Sözleşmesi, 1992 Valetta ve Rio Sözleşmeleri ve 1994 Paris Anlaşması gibi çok sayıda uluslararası çaba sarfedilmiştir (TBB, 2014). 1997'de imzalanıp 2005'te yürürlüğe giren Kyoto Protokolü gereği gelişmiş ülkeler çevreyi kirletmeyi azaltmayı taahhüt etmişlerdir¹. Bu çerçevede her ülkeye yıllık karbondioksit (CO₂) emisyonu kotaları konularak bu kotaları aşan ülkelere de cezai yaptırımlar getirilmiştir. Söz konusu cezalardan kaçınmak isteyen gelişmiş ülkelerin ağır sanayi tesislerini, bu protokolü imzalamamış olan ve çevre hassasiyeti yerine daha fazla ekonomik büyümeyi önceleyen Çin ve Hindistan vb. ülkelere taşıma eğilimleri ağırlık kazanmıştır. Çin, Hindistan, Meksika vb. gelişen ekonomilerde çevre duyarlılığına yeteri kadar önem verilmediği izlenmektedir. Lucas Wheeler ve Hetti (1992); Hettige, Lucas ve Wheeler (1992); Low ve Yeats (1992) çalışmalarında; çevreyi kirletme derecesi yüksek olan ürün üretim ve ihracatın gelişmekte olan ülkelere arttığının, gelişmiş ülkelere azaldığının altını çizmişlerdir. Benzer şekilde Birdsall ve Wheeler (1993), gelişmiş ülkelerdeki ağır sanayi kuruluşlarının, kendi ülkelerindeki çevreci politikalara bağlı ağır yaptırımlardan kurtulabilmek için yatırımlarını dışa açık ve çevre konusunda daha esnek politikalar benimseyen gelişmekte olan ülkelere taşıdıklarına vurgu yapmışlardır. Söz konusu stratejinin doğal bir sonucu olarak da gelişmiş ülkelere çevre kirliliği azalırken, gelişmekte olan ülkelere arttığını dile getirmişlerdir. Mani ve Wheeler (1997), tehlikeli atık yaratan sektörlerin sermaye ve enerji yoğun üretim yapan sektörler olduğunu, emek yoğun sektörlerinse görece daha çevreci sektörler olduğunu ifade etmişlerdir. Yine aynı araştırmalarında çevre kirliliği yaratan üretimin genel ortalama OECD ülkelerinde sürekli azalmakta iken, buna karşılık gelişmekte olan ülkelere çevre kirliliği yaratan üretimin arttığını belirlemişlerdir. Söz konusu durumun nedeni olarak; gelişmiş ülkelerdeki katı çevre koruma tedbirlerini göstermişler ve gelişmekte olan ülkelere çevreyi korumaya yönelik tedbirlerin arka plana alınması ile ilişkilendirmişlerdir.

Diğer taraftan; ülkelere az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelere yönelen kalıcı sermaye hareketleri Doğrudan Yabancı Yatırımlar (DYY) olarak adlandırılmakta olup (CFI, 2022), teorik olarak birçok faydası bulunmakla birlikte (OECD, 2002), bu yatırımların istenmeyen çıktılarından biri de çevrenin kirletilmesi olabilmektedir (Islam, 2020). Ülkelerine gelen DYY ile ekonomik büyümelerini hızlandırmaktan memnuniyet duyan gelişme yolundaki ülkeler, zaman içinde hava, su ve diğer doğal kaynaklarının önemli derecede kirlendiği gerçeği ile karşı karşıya kalmışlardır (Hou vd. 2021). Bir başka bakış açısı ile de dış ticaret ile çevre kirliliği arasındaki korelasyon sadece üretim aşamasında değil aynı zamanda dış ticaretin lojistik ve depolama süreçleriyle de kurulabilmektedir (Barut vd., 2022). Örneğin, Uzak Doğu'da üretilen malların Asya, Afrika, Avrupa ve Amerika'da denize kıyısı olmayan ülkelere

¹ 2000'li yıllarda da çevreyi koruma alanında çok sayıda anlaşma ve sözleşme yapılmış olup, bunlar arasında 2000 Floransa Sözleşmesi, 2009 Cartagena Protokolü, 2012 Rio Konferansı (TBB, 2014) ve 2015 Paris Anlaşması (MFA, 2022) sayılabilir.

transferleri karayolu taşımacılığı ile gerçekleştirilmesinin zorunlu olması, çevreye karbondioksit emisyonunun artmasına yol açmaktadır (Ahmed vd., 2019).

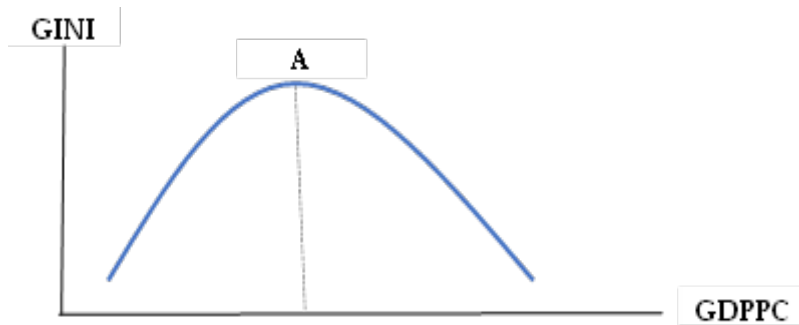
Yapılan araştırmalarda Çin'in kuzey-doğu bölgesindeki suların %80'in içilemez durumda olduğu (Statista, 2023), hava kirliliğinden dolayı her 100.000 Çinlinin 3037'sinin (1839'u kadın ve 1198'i erkek olmak üzere) ileri derecede hasta olmakta ve yılda ortalama 1.24 milyon kişi yaşamını yitirmektedir (Matus at all. 2012; He, Fan and Shou, 2015). Söz konusu olgu; kirlilik sığınağı (kirlilik cenneti) etkisinin gelişmekte olan ülkelerde geçerli olduğunu dair sezileri güçlenmektedir. Hindistan, Endonezya, Brezilya ve Meksika'da da durum çok farklı değildir. Bu ülkeler, gelişmiş ülkelerin refahını artırmak (üretim ev sahipliği yapmak) ve kendi ekonomik büyümelerini hızlandırabilmek adına, gelecek nesillere yaşanmaz bir dünya bırakmaya zemin hazırlamaktadırlar. Bu nedenle hızlı gelişen ülkelerdeki hava ve su kirliliği seyrinin sürekli ölçülmesi ve gerekli önlemlerin hayata geçirilmesi elzemdir.

Kaleme alınan bu eserle hedeflenen; E7 ülkeleri olarak sınıflandırılan ve hızla kalkınan Çin, Hindistan, Brezilya, Meksika, Rusya, Endonezya ve Türkiye'de dış ticaretin çevre kirliliği üzerindeki etkilerini, Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) yaklaşımı çerçevesinde araştırmaktır. Çalışmanın ikinci bölümünde Çevresel Kuznets Eğrisi hakkında bilgiler verilmiş, üçüncü bölümünde; E7 ülkelerinde dış ticaret ve çevrenin durumu grafik ve tablolarla ele alınmış, dördüncü bölümünde analiz ve beşinci bölümünde sonuç kısımlarına yer verilmiştir. Bu çalışmada ÇKE - dış ticaret ilişkisi farklı ekonometrik modeller ve örneklem kullanılarak literatürden ayrılmış, bu husus çalışmanın birincil motivasyon kaynağını oluşturmuştur. Çalışma diğer motivasyonunu ise, bu çalışmanın kaleme alındığı tarih itibarıyla çok yeni olan ve literatürde görece çok az kullanıldığı görülen yeni ekonometrik yöntemlerle (Augmented ARDL) analizler içermesinden almıştır. Tüm bu yönleriyle çalışmanın literatüre, yeni araştırmacılara ve politika yapıcılara önemli açılımlar sağlaması beklentiler dahilindedir.

2. Çevresel Kuznets Eğrisi ve Farklı Bir Bakış

2.1. Genel Olarak Çevresel Kuznets Eğrisi

Literatürde ilk kez Simon Kuznets (1901-1985) 1955'te yayımlanan Ekonomik Büyüme ve Gelir Eşitsizliği (Economic Growth and Income Inequality) başlıklı çalışmada ismini hipoteze yer vermiştir. Araştırmasında yazar; ABD, İngiltere ve Almanya'nın 1780-1950 dönemi verilerini kullanarak gerçekleştirdiği incelemesinde; ülkelerin ekonomik kalkınmalarının ilk zamanlarında milli gelir artarken, gelir dağılımı eşitsizliğinin de arttığını, fakat milli gelirin belirli bir düzeye ulaştıktan sonra söz konusu bozulmanın azalmaya başladığını belirlemiştir. Ekonomik büyümeyi, kişi başına düşen milli gelir (Gross Domestic Product Per Capita: GDPPC) ve gelir eşitsizliğini GINI katsayısıyla ölçen Kuznets (1955), bu iki büyüklük arasında ters U şeklinde bir ilişki tespit etmiştir. Bu ilişki Şekil 1'deki gibi resmedilebilir.



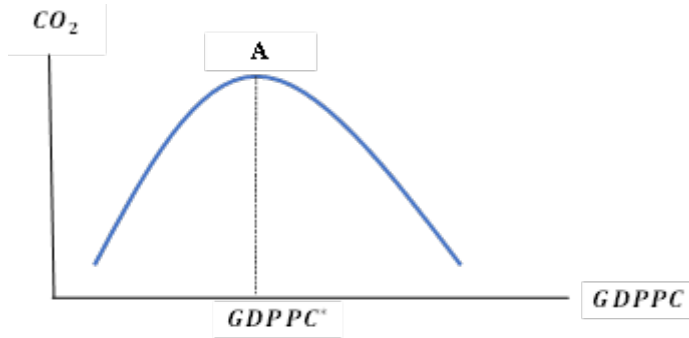
Şekil 1. Kuznets Tarafından Geliştirilen Ters U Biçimli Eğri

Kaynak: Kuznets (1955, ss.12-15)

Kuznets (1955) çalışmasında yukarıda yer verilen şekli grafiksel (fiziki) olarak çizmemiş, sadece milli gelir ile gelir eşitsizliği arasındaki ilişkinin bu yönde olduğunu tarif etmiştir. Şekilde gösterilen A dönüm noktası olup, bu noktaya kadar ülkelerin milli geliri artarken, gelir eşitsizliği de artmıştır. Kuznets

eğrisinin beslendiği zaman dilimi 1800'lerin başlarında yaşanan Sanayi Devriminin klasik bir yansımasıdır. Sözü edilen dönemde üretimde buhar gücü ve benzinli motorların kullanılmaya başlanmasıyla birlikte seri ve kitlesel üretime geçilmiş, üretimin sağladığı kârlılık ilk dönemlerde ağırlıklı olarak sermaye sahiplerine kalmıştır. Çoğu iktisat tarihçisi, 1790 ile 1840 arasında gelir dağılımının daha eşitsiz hale geldiği konusunda aynı düşünce içindedir (Nardinelli, 2010). Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831), Karl Marx (1818-1883) ve Friedrich Engels (1820-1895) gibi düşünürlerin çabalarıyla zaman içinde işçi sınıfı bilinçlenmeye başlamıştır. 1820'de İngiltere'de ilk resmi sendika kurularak işverenlerle pazarlıklar yapılmış, üretimden gelen artı değerın işveren ile işçi sınıfı arasında daha adil bölüşümünün yolları aranmıştır. İlerleyen süreç içinde ülkelerdeki toplam gelir artarken, gelir eşitsizliği azalmaya başlamıştır (Brown, 1990).

Yukarıda gösterimi yapılan şekil, ilerleyen zamanlarda birçok ekonomik olayın açıklanmasına da kullanılır hale geldiği görülmüştür (Özdemir ve Özokçu, 2017, ss. 639-640). Çevre ile ilgili duyarlılığın artmaya başladığı ve araştırmacıların çevre kirlenmesinin sebeplerini deneysel olarak analiz etmeye çalıştığı dönemde, Grossmann ve Krueger (1991), Kuznets (1955)'in yaklaşımını hava kirliliği üzerinden incelemiştir. Grossmann ve Krueger (1991), 42 ülkeye ait 1977-1988 dönemi hava kalitesi ve ekonomik büyüme verilerini kullanarak gerçekleştirdikleri analizlerde Kuznets eğrisinin, kişi başına düşen milli gelir artışı ile hava kirliliği (havadaki Sülfür Dioksit: SO_2 miktarı) arasında da geçerli olduğunu göstermişlerdir. Panayotou (1993), Grossmann ve Krueger (1991) tarafından çevre kirliliği ve ekonomik büyüme arasında elde edilen ters U şeklinin; Kuznets (1955)'te elde edilen sonuca benzerliğine atfen, Çevresel Kuznets Eğrisi adını vermiştir. Böylece literatüre Çevresel Kuznets Eğrisi kavramı kazandırılmıştır. İzlenen gelişmeler ışığında ortaya çıkan Çevresel Kuznets Eğrisi Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. Çevresel Kuznets Eğrisi

Kaynak: Grossmann ve Krueger (1991).

Şekil 2' den takip edilebileceği üzere gibi artık düşey eksen GINI katsayısı yerine CO_2 miktarı yer almaktadır. Şekil 2'deki ters U şeklindeki yapı, Denklem (1)'deki gibi parabolik bir fonksiyonla ifade edilebilir:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 GDPPC + \beta_2 GDPPC^2 \quad (1)$$

A noktası dönüm noktası adını almaktadır. Denklem (2)'deki gibi parabolik bir fonksiyonda dönüm noktasını bulabilmek için; CO_2 'nin $GDPPC$ 'ya göre birinci dereceden türevinin alınıp, sıfıra eşitlenmesi yeterli olacaktır. Bu durumda dönüm noktasının apsisi; $GDPPC^* = -\beta_1/2\beta_2$ olacaktır (Stern, 2004, s. 519; Hasanov, Hunt ve Mikayilov, 2021, s.419). CO_2 ve $GDPPC$ değişkenlerinin doğal logaritmaları alınarak çalışılan durumlarda dönüm noktası; $GDPPC^* = e^{(-\beta_1/2\beta_2)}$ eşitliği yardımıyla hesaplanabilmektedir (Stern, 2004, s. 519; Shuai vd, 2017, s. 1033; Hasanov vd., 2021, s. 419). Kişi başına düşen milli gelir $GDPPC^*$ seviyesine gelinceye kadar çevre kirlenmesinin “ölçek etkisiyle” artacağı, sonrasında “kompozisyon ya da teknoloji etkileriyle” azalacağı öngörülmektedir (Başar ve Temurlenk, 2007, s.2). Grossman ve Krueger (1991, ss. 39-45) çalışmalarında hava kirliliğini farklı maddeler üzerinden de ölçmüş ve bu değişkenler ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkinin; U,

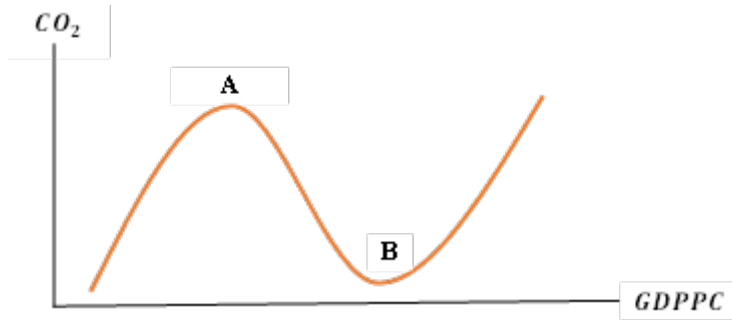
ters U, N, ters N veya L gibi farklı formlarda da olabileceğini göstermişlerdir. Grossman ve Krueger (1995) çalışmasında hipotezi 28 ülkenin 47 şehrine ait veriler üzerinden ele alarak dönüm noktasının 8000 Dolar civarında oluştuğunu göstermişlerdir. Araştırmacılar, çalışmalarında da çevresel faktörler ile milli gelir arasındaki ilişkinin, sadece ters U şeklinde olmadığını, söz konusu ilişkinin sülfür dioksit ile milli gelir arasında, ırmaklardaki koliform bakterisi miktarı ile milli gelir arasında, benzer şekilde ırmaklardaki arsenik miktarı ile milli gelir arasında ve ırmaklardaki civa miktarı ile milli gelir arasında ters N formunda olabileceğine işaret etmişlerdir. Aynı araştırmacılar, duman ile milli gelir arasında ve ırmaklardaki nitrat miktarı ile milli gelir arasında ters U şeklinde, havadaki ağır parçacıklar ile milli gelir arasında azalan trendli bir eğri biçiminde ve ırmaklardaki çözünmemiş oksijen ile milli gelir arasında artan eğimli bir eğri formuna işaret etmişlerdir. Grossman ve Krueger (1995) bu farklı şekillerin ortaya çıkabilmesine izin vermek için analizlerinde kübik bir fonksiyonel kalıptan yararlanmışlardır. Grossman ve Krueger (1995, s. 360)'ta yer alan bu fonksiyon:

$$CO2_{it} = \beta_1 GDPPC_{it} + \beta_2 GDPPC_{it}^2 + \beta_3 GDPPC_{it}^3 + \beta_4 \overline{GDPPC}_{it} + \beta_5 \overline{GDPPC}_{it}^2 + \beta_6 \overline{GDPPC}_{it}^3 + \beta_7 X'_{it} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

Denklemden gösterilen $CO2_{it}$; i ülkesinde t yılındaki su ya da hava kirliliğini, $GDPPC_{it}$; i ülkesinde t yılındaki kişi başına düşen milli geliri, $\overline{GDPPC}_{it}$; önceki 3 yıllık döneme ait kişi başına düşen milli gelirin ortalamasını, X_{it} ; hava veya su kirliliğini etkileyen diğer faktörlerden oluşan değişkenler vektörünü ve ϵ_{it} ; hata terimlerini ifade etmektedir. Tutulmaz (2012); Aytun (2014); Özdemir ve Koç (2020)²; Lv, Wag ve Zhabg (2021) gibi araştırmacılar Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin geçerliliğini sınavabilmek için Denklem (2)'nin daha basitleştirilmiş formu olan Denklem (3)'ü kullanmayı tercih etmişlerdir:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDPPC_{it} + \beta_2 GDPPC_{it}^2 + \beta_3 GDPPC_{it}^3 + \beta_4 X'_{it} + \epsilon_{it} \quad (3)$$

Burada sınanan ÇKE'nin Şekil 3'teki gibi olması beklenmektedir:



Şekil 3. Kübik Yapılı Çevresel Kuznets Eğrisi

Yukarıda yer alan grafikte A ve B, birinci ve ikinci dönüm noktalarını göstermektedir. Bu dönüm noktalarını belirleyebilmek için; Denklem (3)'te CO_2 'nin $GDPPC$ 'ya göre birinci mertebeden türevinin alınıp, sıfıra eşitlenmesi gerekmektedir. Bu durumda birinci dönüm noktasının apsisi;

$$GDPPC_1^* = \frac{-\beta_2 - \sqrt{\beta_2^2 - 3\beta_1\beta_3}}{3\beta_3} \quad (4)$$

ve ikinci dönüm noktasının apsisi;

² Özdemir ve Koç (2020) bu çalışmalarında GDPPC'nın bir dönem gecikmeli değerini kullanmıştır.

$$GDPPC_2^* = \frac{-\beta_2 + \sqrt{\beta_2^2 - 3\beta_1\beta_3}}{3\beta_3} \quad (5)$$

elde edilecektir³ (Diao vd., 2009, s. 542; Lorente ve Alvarez-Herranz, 2016, s.229). CO_2 ve $GDPPC$ değişkenlerinin doğal logaritmaları alınarak çalışılan durumlarda dönüm noktaları;

$$GDPPC_1^* = e^{\frac{-\beta_2 - \sqrt{\beta_2^2 - 3\beta_1\beta_3}}{3\beta_3}} \quad (6)$$

ve

$$GDPPC_2^* = e^{\frac{-\beta_2 + \sqrt{\beta_2^2 - 3\beta_1\beta_3}}{3\beta_3}} \quad (7)$$

haline gelecektir⁴ (Shuai vd, 2017, s.1033). Ortaya çıkacak şeklin yorumlanması Başar ve Temurlenk (2007, ss.6-7); Guo (2012); Lorente ve Alvarez-Herranz (2016, s. 227); Özdemir ve Özokçu (2017); Datta ve De (2021); Hasanov, Hunt ve Mikayilov (2021, s. 41969) çalışmaları temel alındığında Denklem (3)'teki katsayıların tahminleri aşağıdaki gibi yapılacaktır:

- 1) $\beta_2 = \beta_3 = 0$ ve $\beta_1 > 0$ ($\beta_1 < 0$) ise pozitif (negatif) eğimli doğrusal bir fonksiyonel yapının,
- 2) $\beta_3 = 0$ iken $\beta_2 > 0$ ($\beta_2 < 0$) ise U (ters U) şeklinde bir fonksiyonel yapının,
- 3) $\beta_3 > 0$ ($\beta_3 < 0$) iken ise N (ters N) şeklinde bir fonksiyonel yapının geçerli olduğuna karar verilebilecektir. Hasanov, Hunt ve Mikayilov (2021, s. 41968) ÇKE'nin dördüncü dereceden polinomik bir fonksiyon şeklinde de olabileceğini ifade etmiştir. Bu noktada kullanılacak model Denklem (8)'deki gibi olacaktır:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDPPC_{it} + \beta_2 GDPPC_{it}^2 + \beta_3 GDPPC_{it}^3 + \beta_4 GDPPC_{it}^4 + \epsilon_{it} \quad (8)$$

Ancak bulguların yorumlanma gücüyle yukarıdaki model literatürde henüz uygulanmamıştır.

2.2. Dış Ticaret ve Çevresel Kuznets Eğrisi ve Yazın Taraması

Dış ticaret ile çevre kirliliği arasındaki ilişkinin ele alınması, görece daha yeni bir konudur. Shafik ve Bandyopadhyay (1992), ülkelerin uyguladıkları ticaret politikalarının çevre kirliliği üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında; ticari dışa açıklığın yüksek olduğu ekonomilerde sülfür dioksit ve karbon emisyonunun daha düşük olduğunu belirlemiştir. Copeland ve Taylor (1994) konuyu kuzey (gelişmiş ülkeler) – güney (az gelişmiş ülkeler) üzerinden, üretim olanakları eğrisi çerçevesinde ele almış, serbest dış ticaretin dünyadaki kirliliği artırdığını, gelişmiş ülkelerdeki üretim miktarının artmasının çevre kirliliğini yükselttiğini ama az gelişmiş ülkelerdeki aynı miktardaki üretim artışının çevreyi daha az kirllettiğini tespit etmiştir. Yazarlar bu nedenle üretim tesislerinin Kuzeyden Güneye transferinin, dünyanın kirlenmesini azaltacağını ifade etmişlerdir. Suri ve Chapman (1998), gelişmiş ülkelerin imalat sanayi ürünleri ihracatlarının bu ülkelerdeki çevresel kirlenme eğilimini artırdığını, gelişmiş ülkelere yapılan ithalatın ise çevresel kirlenme eğilimini azalttığını belirlemiştir. Antweiler, Copeland ve Taylor (2001) ticari dışa açıklığın sülfür dioksit salınımı üzerindeki etkilerini analiz ettiği çalışmada, serbest dış ticaretin çevreyi koruma üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu belirlemiştir.

³ Dönüm noktalarının reel olarak tespiti; $\beta_2^2 - 3\beta_1\beta_3 \geq 0$ olması şartına bağlıdır. Aksi durumda dönüm noktaları birer reel sayı olmayacaktır.

⁴ Denklemlerde yer alan e, doğal logaritmanın tabanı olup, $e \cong 2.7182$ şeklinde bir sabittir.

Managi, Hibiki ve Tsurumi (2009) dış ticaretin OECD ülkesi olmayan gelişmekte olan ülkelerde CO_2 emisyonunu artırdığını belirledikleri çalışmalarında, bu ülkelerde dış ticaretin ölçek etkisinin daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Jalil ve Mahmud (2009) ile Jalil ve Feridun (2011) ARDL yöntemiyle yaptıkları analizlerde, Çin’de gelir ile CO_2 emisyonu arasında parabolik bir ilişkiye işaret ederken, ticari dışa açıklığın ise CO_2 emisyonunu pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilediğini göstermişlerdir. Fang, Huang ve Yang (2018), Çin’deki 261 kentte, 2004-2013 döneminde ÇKE’nin geçerliliğini incelemiş, dış ticareti, ticari dışa açıklık $((X + M)/GDP)$ ile modeli ile analiz etmiştir. Temel açıklayıcı değişken olarak GDPPC verilerini kullanan araştırmacılar, sanayi kesiminin elektrik kullanımı, nüfus yoğunluğu, imalat sanayi ve hizmet sektörlerinin⁵ GDP içindeki payı verilerini de modellerinde kullanmışlardır. Yazarlar Cup-FM ve Sistem GMM yöntemleriyle gerçekleştirdikleri analizler sonucunda; şehirlerin ticari dışa açıklık oranlarının artmasının, su kirliliğini azalttığı, fakat sülfür dioksit salınımını artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Dış ticaret ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi, görece diğer çalışmalardan daha farklı bir yönden ve detaylı ele alan Benzerrouk, Abid ve Sekrafi (2021), bu amaçla aşağıdaki modelden yararlanmışlardır:

$$CO2_{it} = \beta_1 CO2_{it-1} + \beta_2 GDP_{it} + \beta_3 GDP_{it}^2 + \beta_4 FDI_{it} + \beta_5 OPEN_{it} + \beta_6 OPEN_{it}^2 + \beta_4 X'_{it} + \epsilon_{it} \quad (9)$$

Yukarıda yer verilen denklemin etkileri 31 gelişmiş, 100 gelişmekte olan ülkeye ait 1980-2016 verilerini kullanarak Panel Sistem GMM yöntemiyle tahmin eden yazarlar, gelişmiş ülkelerde milli gelir ile CO_2 emisyonu arasında ters U şeklinde bir Çevresel Kuznets Eğrisinin varlığını doğrulamışlardır. Ayrıca ticari dışa açıklık ile CO_2 emisyonu arasında gelişmiş ülkelerde ters U biçiminde, gelişmekte olan ülkelerde U biçiminde Çevresel Kuznets Eğrilerinin varlığına değinmişlerdir. Ancak bu modelin milli gelir ve dışa açıklığın parabolik yapılarının bir arada kullanılması nedeniyle, ÇKE’nin test edilmesinde sorunlu görülmektedir. Ayrıca kübik yapılı ÇKE’yi sınavabilmekten de uzaktır. Buraya kadar olan çalışmalarda dış ticaretin, ihracat ve ithalatın toplamı olarak ele alındığı göze çarpmaktadır. Oysa ihracat ve ithalatın çevre kirliliği üzerindeki etlileri farklı olabilecektir.

Bu konuda Türkiye’den yapılan önemli çalışmalardan biri Çınar, Yılmaz ve Arpazlı Fazlılar (2012)’ye ait olup, bu çalışmada yazarlar çevre kirliliği yaratan imalat sanayi mallarının dış ticaretteki payı ile CO_2 emisyonu verilerinden yararlanmışlardır. Doğrudan yabancı yatırımları da ek bir değişken olarak modele dahil eden yazarlar, çalışmada iki farklı ekonometrik modelden yararlanmışlardır. Öncelikle Denklem (10) kullanılarak, milli gelir ile çevre kirliliği arasında ÇKE’nin geçerliliğine bakılmıştır:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDPPC_{it} + \beta_2 GDPPC_{it}^2 + \epsilon_{it} \quad (10)$$

10. denklemde yer alan modelin katsayılarını tahmin eden yazarlar, gelişmiş ülkeler için ters U, gelişmekte olan ülkeler için U şeklinde ÇKE’lerin söz konusu olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar dış ticaret ile çevre kirliliği arasındaki ilişkileri görebilmek içinse aşağıdaki modelden faydalanmışlardır:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDPPC_{it} + \beta_2 KIHR_{it} + \beta_3 KITH_{it} + \beta_4 DYY_{it} + \epsilon_{it} \quad (11)$$

Modelde yer verilen KIHR değişkeni; kirlilik yaratan ihracatın toplam ihracat içindeki payını, KITH; kirlilik yaratan ithalatın toplam ithalat içindeki payını, DYY; ülkelere gelen net doğrudan yabancı yatırımların milli gelir içindeki payını göstermektedir. Bu modelleri tahmin eden Çınar vd. (2012), kirlilik yaratan ihracatın toplam ihracat içindeki payının artmasının gelişmekte olan ülkelerde çevre kirliliğini daha da artırdığına değinmişlerdir. Diğer taraftan kirlilik yaratan ithalatın toplam ithalat içindeki payının artmasının ise gelişmekte olan ülkelerde çevre kirliliğini daha da azalttığına vurgu yapmışlardır. Bu modellerden Denklem (10) dış ticaret verilerini, Denklem (11) olası parabolik ve kübik formları dışladığı için ÇKE’nin sınanmasında yetersiz kalacaktır.

Benzer şekilde Şahin, Gökdemir ve Ayyıldız (2019) da dış ticaretin çevresel etkilerini aşağıdaki model yardımıyla ele almışlardır:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 DYY_{it} + \beta_2 MVA_{it} + \beta_3 FT1_{it} + \beta_4 FT2_{it} + \beta_5 FT3_{it} + \epsilon_{it} \quad (12)$$

⁵ Fang vd., (2018: 8) imalat sanayi ve hizmetler sektörlerinin GDP içindeki payı verilerini modele dahil etmelerinin gerekçesini; GDP’nin kompozisyonunun çevre kirliliği üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak olduğunu ifade etmişlerdir.

Denkleimde yer alan *MVA*; imalat sanayindeki katma değeri, *FT1*; ticari dışa açıklığı $((X + M)/GDP)$, *FT2*; ithalatın milli gelir içindeki payını, *FT3* ise ihracatın yıllık artış hızını göstermektedir. Türkiye'nin 1990-2015 dönemi için çalışan yazarlar ticari dışa açıklığın artmasının çevre kirliliğini azalttığı, ithalatın milli gelir içindeki payının ve ihracat artış hızının artmasının ise çevre kirliliğini artırdığı sonuçlarına ulaşmışlardır. Bu modelde ihracatın milli gelir içindeki payına yer verilmemiş olması, çalışmanın en önemli eksiği olarak değerlendirilmiştir. Denklem (12) ÇKE hipotezini sınamaktan uzak kalmıştır.

Orman, Ceylan ve Yılmaz Şahin (2019) ise dış ticareti, cari işlemler dengesi üzerinden modele dahil etmişlerdir:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 CAB_{it} + \beta_2 PC_{it} + \epsilon_{it} \quad (13)$$

Denkleimde yer verilen *CAB*; cari işlemler dengesini (Current Account Balance), *PC*; kişi başına düşen (Per Capita) milli geliri göstermektedir. 19 gelişmiş, 72 gelişmekte olan ülkenin 1990-2014 dönemi verilerini kullanarak çalışan yazarlar, kişi başına düşen reel milli gelir artarken atmosferdeki CO_2 miktarının gelişmekte olan ülkelerde artmaya devam ettiğini, gelişmiş ülkelerde ise azalmakta olduğunu tespit etmiştir. Cari işlemler dengesi verilerindeki artışın çevre kirliliğini gelişmekte olan ülkelerde azalttığı, gelişmiş ülkelerde ise anlamlı bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Denklem (13)'teki doğrusal fonksiyonel kalıbın; U ve N gibi eğrisel formların geçerliliğini sınamada yetersiz olduğu aşıkardır. Bu modeldeki diğer bir eksik ise; *CAB* serisinin içinde ülkede üretim ve hava kirliliğini artıran ihracat ile diğer ülkelerde üretilerek gelen ve ev sahibi ülkenin havasının kirlenmesiyle bir ilintisi olmayan, hatta belki de ev sahibi ülkedeki hava kirliliğinin azalmasına yardım edebilecek olan nihai mal ithalatının bir arada (tek bir değişken olarak) kullanılmış olmasıdır.

Yakacı (2019) ise 32 ülkede, 1980-2014 döneminde ÇKE'nin geçerliliğini; kişi başına düşen karbondioksit emisyonu, kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla ve toplam ihracat (*EXPO*) üzerinden ele almış, ancak sadece U ve ters U şeklindeki ÇKE'nin varlığına izin veren aşağıdaki parabolik kalıbı kullanmıştır:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDPPC_{it} + \beta_2 GDPPC_{it}^2 + \beta_3 EXPO_{it} + \epsilon_{it} \quad (14)$$

Yukarıda yer alan denklemi tahmin eden yazarlar, ele alınan ülkelerde kişi başına düşen milli gelir ile CO_2 emisyonu arasında U şeklinde bir ÇKE'nin geçerli olduğunu, artan ihracatın çevre kirliliğini artırdığını tespit etmiştir. Ama bu modelin N tipi kübik fonksiyonel yapıları, ihracat ile ithalatın karbondioksit emisyonu üzerindeki etkilerini ayrı ayrı yansıtmaya imkânı bulunmamaktadır. Bu nedenle modelin aşağıdaki şekilde gösterildiği üzere ele alınmasında yarar vardır:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 GDPPC_{it} + \beta_2 GDPPC_{it}^2 + \beta_3 GDPPC_{it}^3 + \beta_4 X'_{it} + \epsilon_{it} \quad (15)$$

Bu çalışmada dış ticaretin çevre kirliliği üzerindeki etkilerini analiz edebilmek için Denklem (15)'e *GDPPC* yerine ihracat (*X*) ve ithalat (*M*) ayrı ayrı dahil edilerek, ihracat ve ithalatın çevre kirliliği üzerindeki etkileri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır⁶. Literatürde yer alan çalışmalarda ticari dışa açıklık ile çevre kirliliği arasındaki ilişki, ihracat ve ithalatın toplamı üzerinden ele alındığı ve sadece parabolik formun kullanıldığı için yapılan bu çalışma, literatürdeki benzer çalışmalardan daha detaylı ve ileri düzey olmasına imkan tanımaktadır. Bu çalışmada kullanılan modellere aşağıda yer verilmiştir:

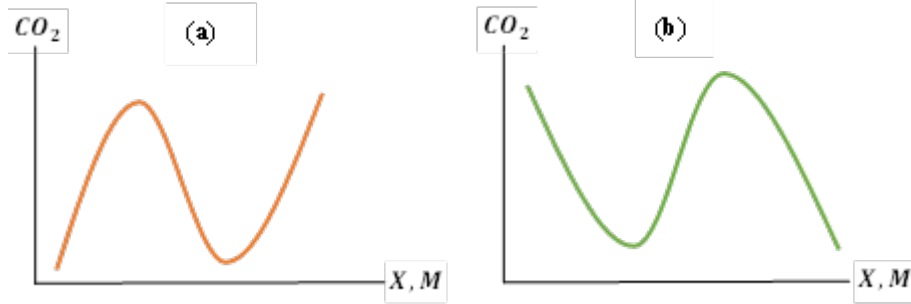
$$Model\ 1: CO2_t = \gamma_0 + \gamma_1 X_t + \gamma_2 X_t^2 + \gamma_3 X_t^3 + e_t \quad (16)$$

$$Model\ 2: CO2_t = \delta_0 + \delta_1 M_t + \delta_2 M_t^2 + \delta_3 M_t^3 + u_t \quad (17)$$

Model 1 ve Model 2'de yer alan CO_2 ; milyon ton cinsinden CO_2 emisyonunu, *X*; ihracatı (Milyar Dolar) ve *M*; ithalatı (Milyar Dolar) göstermektedir. Her iki model; sırayla artan ihracat ve artan ithalatla birlikte çevresel kirlenmenin nasıl bir yol izlediğini ortaya çıkarmak amacındadır. Çalışmadaki önsel beklenti; ihracat yapabilmek amacıyla gerçekleştirilen üretimin ev sahibi ülkelerde çevre kirliliğini artıracığı, diğer ülkelerden ithal edilen nihai tüketim mallarının, ülkede herhangi bir üretim sürecine

⁶ Bu modellere milli gelir veya kişi başına düşen milli gelirin de ek bir değişken olarak ilave edilmesine çalışılmış, ancak iki nedenle bundan vazgeçilmiştir: i) Çalışmada kullanılan Fourier Bootstrap AARDL yöntemi en fazla 3 açıklayıcı değişkene izin vermektedir. Bu noktada modeli parabolik kalıba dönüştürüp milli gelir eklenebilirdi ama o zaman da N tipi ÇKE'nin ortaya çıkabilmesi imkânı ortadan kalkmış olacaktı. ii) İhracat ve ithalat zaten milli gelirin bir bileşenidir.

girmeyeceği için çevre kirliliğini azaltacağı (veya etkilemeyeceği) yönündedir. Diğer taraftan ithal edilen aramalı ve hammaddelerin ise ülkede üretim sürecinde işlenirken çevreyi kirlletmesi beklenmektedir. Özetle; ihracat ile ilgili önsel beklenti biraz daha net iken, ithalatla ilgili önsel beklenti net değildir. Bu durumda çalışmada sınan ÇKE Şekil 4'teki gibi kübik yapıya sahiptir.



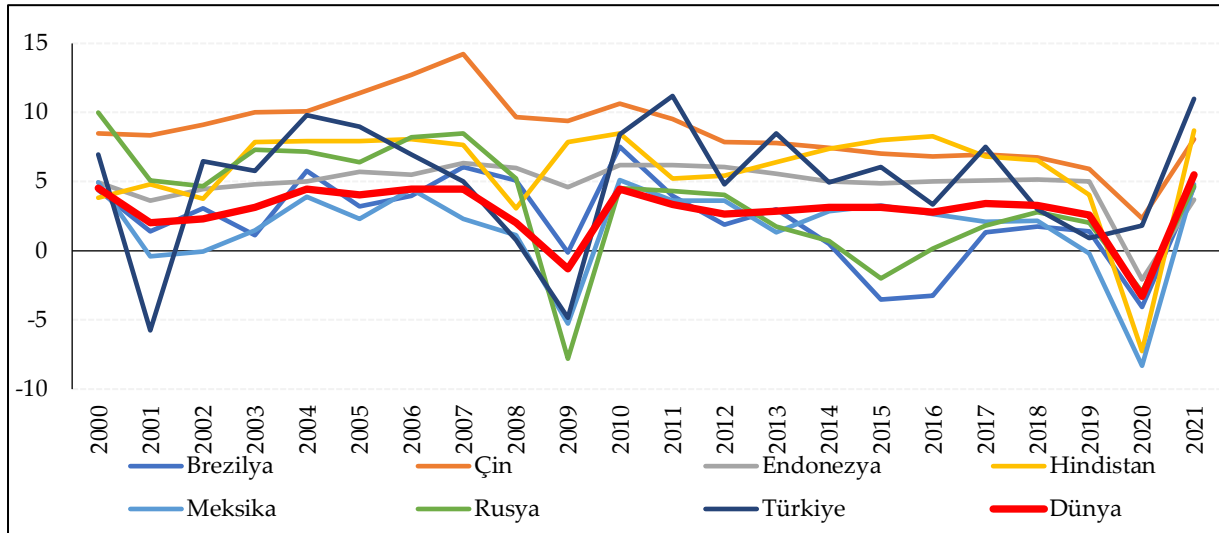
Şekil 4. Dış Ticaret ile Çevre Kirliliği Arasındaki Kuznets Eğrisi

Dış ticaret miktarı ile çevre kirliliği arasındaki ilişki Şekil 4, Panel a)'daki gibi N biçiminde olabileceği gibi, Şekil 4 Panel b)'deki gibi ters N biçiminde de olabilecektir. Buna, analizler sonucunda elde edilen katsayıların işaret ve anlamlılığına göre karar verilebilecektir.

3. E7 Ülkelerinde Dış Ticaret ve Çevre

E7 ülkeleri; sermaye piyasaları hızla büyüyen ve ekonomik büyüklük açısından son zamanlarda önem arz eden “Gelişmekte olan yedi ülke” kavramını temsil etmektedir. Bu ülkeler Çin, Hindistan, Rusya, Brezilya, Meksika, Endonezya ve Türkiye'dir. E7 kavramı ilk defa 2006 yılında PricewaterhouseCoopers⁷ ekonomistlerinden John Hawksworth ve Gordon Cookson tarafından kullanılmıştır (Ip, 2021). Bu ülkelerin, satın alma gücü paritesine göre hesaplanmış milli gelir yönünden, 2030 yılında Gelişmiş 7 ülkeyi (G7⁸) geçmeleri, 2050 yılında ise G7'den %75 daha büyük olmaları beklenmektedir (Statista, 2022). E7 ülkelerinin yıllık ortalama ekonomik büyüme oranlarının değişimi Şekil 5 yardımıyla incelenebilir.

Şekil 5: G7 ülkelerinin Yıllık Ortalama Ekonomik Büyüme Oranları (%)



Kaynak: Dünya Bankası (2022c).

⁷ PricewaterhouseCoopers; merkezi İngiltere'nin Londra kentinde bulunan ve PwC markası altında 157 ülkedeki 742 lokasyonda, 276.000 kişi ile çalışmalarını yürüten çok uluslu bir profesyonel hizmetler ağıdır.

⁸ G7 ülkeleri; ABD, Almanya, İngiltere, İtalya, Fransa, Japonya ve Kanada'dır.

Şekil 5’den takip edileceği üzere tüm E7 ülkeleri 2008 küresel finans krizinde de 2020 yılında yaşanan COVID 19 sürecinde de ciddi biçimde küçülmüşlerdir. Türkiye 2001 yerel krizinde %5’ten fazla küçülerek E7 ülkelerinden ayrılmıştır. Ülkelerin ekonomik büyüme oranları genel olarak dünya ortalamasının üzerindedir. 2000-2021 döneminde dünya genelindeki ortalama ekonomik büyüme oranı %2.9 iken bu oran Çin’de %8.7, Hindistan’da %6, Türkiye’de %5.1, Endonezya’da %4.9, Rusya’da %3.5, Brezilya’da %2.2 ve Meksika’da %1.7’dir. Çin’de 2003-2011 dönemindeki ortalama büyüme %11’dir ki bu, dünya ortalamasının (%3) çok üzerinde bir orandır. E7 ülkelerinde 2021 yılında görülen yüksek büyüme oranları üzerinde, 2020 yılında COVID 19 pandemisi nedeniyle yaşanan ekonomik daralmaya bağlı olarak ortaya çıkan *baz etkisinin* de olduğu unutulmamalıdır. E7 ülkelerinin 2020 yılı dış ticaret ve karbondioksit emisyonu verileri Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. E7 Ülkelerinin Dış Ticaret ve Karbondioksit Emisyonu Verileri

	İhracat (Milyar Dolar)	Dünya İhracatındaki Payı (%)	İthalat (Milyar Dolar)	Dünya İthalatındaki Payı (%)	CO₂ Emisyonu (Milyon Ton)	Dünyadaki Payı (%)
Brezilya	210	1.2	166	0.9	385.7	3.7
Çin	2590	14.6	2057	11.5	9876.5	94.8
Endonezya	163	0.9	142	0.8	626.6	6.0
Hindistan	276	1.6	373	2.1	2309.9	22.2
Meksika	418	2.4	393	2.2	381	3.7
Rusya	332	1.9	240	1.3	1555.9	14.9
Türkiye	170	1	220	1.2	366.1	3.5
Dünya	17706	100	17885	100	10416.2*	100

Kaynak: Dünya Bankası (2022a, 2022b), OECD (2022). * 2020 yılına ait dünya CO₂ emisyonu verisine ulaşılamadığı için burada OECD verisi kullanılmıştır.

Tablo 1’deki verilere göre Çin 2020 yılında gerçekleştirdiği 2 trilyon 590 milyar Dolarlık ihracat ve 2 trilyon 57 milyar Dolarlık ithalat ile dünyada ilk sırada yer almaktadır. Çin tek başına dünya ihracatının %14.6’sını, dünya ithalatının %11.5’ini gerçekleştirmiştir. Bu ülkenin CO₂ emisyonu da 36 OECD ülkesinin toplamının %95’ine yakındır. E7 ülkeleri arasında 418 Milyar Dolarlık ihracatı ile ikinci sırada yer alan Meksika, 393 milyar Dolarlık ithalatıyla da dikkati çekmektedir. Bu ülkenin CO₂ emisyonu, OECD toplamının %3.7’sine karşılık gelmektedir. Rusya 332 milyar Dolarlık ihracat ve 240 milyar Dolarlık ithalat ile E7 ülkeleri arasında üçüncü sırada yer almakta olup, Meksika’nın yaklaşık 4 katı CO₂ salınımı gerçekleştirmektedir. Bu ülkenin CO₂ salınımını acilen düşürmesi gerekmektedir. Benzer şekilde dünya ihracatının %1.6’sını, dünya ithalatının %2.1’ini gerçekleştiren Hindistan da OECD ülkeleri toplamının %22.2’si kadar CO₂ salınımı yapmaktadır ki bu oranın da acilen düşürülmesi şarttır. Brezilya 210 milyar Dolarlık ihracat ve 166 milyar Dolarlık ithalatına karşın OECD ülkelerinin %3.7’si kadar CO₂ salınımı gerçekleştirmiştir. Endonezya gerçekleştirdiği dış ticarete kıyasla yüksek miktarda CO₂ salınımı yapmaktadır. Bu alanda Türkiye görece başarılı kabul edilebilir. Zira yaptığı 170 milyar Dolarlık ihracat ve 220 milyar Dolarlık ithalata karşın OECD ülkeleri toplamının %3.5’i kadar CO₂ salınımı yapmıştır. Ülkeler gerçekleştirdikleri birim dış ticaret başına CO₂ salınımı⁹ yönünden incelendiğinde; Meksika 0.47 ile en düşük seviyeli ülke iken, onu 0.94 ile Türkiye, 1 ile Brezilya, 2 ile Endonezya, 2.1 ile Çin, 2.7 ile Rusya ve 3.6 ile Hindistan takip etmektedir. Sonuç olarak örneklem ülkelerinde dış ticaret performansına göre en fazla CO₂ salınımı yapan ülkenin Hindistan ön plana çıkmaktadır.

Dünya genelinde karbondioksit emisyonunu ve küresel ısınmayı sınırlandırma ve hatta imkanlar dahilinde daha da düşürebilme adına 1997 yılında Japonya’nın Kyoto kentinde imzalanan Kyoto

⁹ Bu hesaplamalar tarafımızdan yapılmış olup, CO₂/(X+M) şeklinde çalışılmıştır.

Protokolü, 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Günümüzde bu protokolü imzalayan 175 ülke, dünyadaki CO_2 emisyonunun %61.6'sından fazlasını gerçekleştirmektedir. Sözü geçen protokole göre ülkeler CO_2 emisyonlarını 1990 yılındaki seviyesinin %5 aşağısına çekmekle yükümlüdürler. Bu protokol ile küresel ısınmanın 2100 yılı sonuna kadar 1.5 - 2 derece arasında sınırlandırılması hedeflenmektedir¹⁰ (Karakaya ve Özçağ, 2003). E7 ülkelerinin Kyoto Protokolünü imzalama tarihleri Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2: E7 Ülkelerinin Kyoto Protokolünü İmzalama Tarihleri

	İmzalama	Onaylama	Değişiklik
Çin	1998	2002	2014
Hindistan	-	2002	2017
Rusya	1999	2004	-
Brezilya	1998	2002	2018
Meksika	1998	2000	2014
Endonezya	1998	2004	2014
Türkiye	-	2009	-

Tablodan da takip edileceği üzere Türkiye Kyoto Protokolünü en geç imzalayan ülkelerden biri olmuştur. ABD ve Avustralya hala bu Protokolü imzalamamış olup, Çin, Hindistan ve Brezilya gelişmekte olan ülkeler olarak sınıflandırılmış ve Kyoto Protokolünün sınırlandırmalarından muaf tutulmuşlardır (Kaya, 2020: 178). Bu ülkeler Protokolü imzalasalar dahi CO_2 salınımlarını azaltmak zorunda değildirler (Ankaratb, 2008).

4. Analiz

4.1. Veri Seti

Dış ticaretin çevre kirliliği üzerindeki etkilerini analiz edebilmek için Çin, Hindistan, Brezilya, Meksika ve Endonezya'nın 1971-2020 dönemine, Rusya'nın 1990-2020 dönemine ve Türkiye'nin 1960-2020 dönemine¹¹ ait yıllık CO_2 emisyonu, mal ihracatı (X, Milyar Dolar), mal ithalatı (M, Milyar Dolar) verileri kullanılmıştır. CO_2 verileri; OECD (2022)'den, dış ticaret verileri Dünya Bankası (2022a, 2022b)'den alınmıştır. Tüm verilerin logaritması alındıktan sonra analizlerde kullanılmıştır.

4.2. Yöntemler ve Uygulama

Yapılan ekonometrik bir analiz sonuçlarının güvenilir olabilmesi için; serilerin durağanlık seviyelerinin ve modelde yer verilen seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığının tespit edilmesi, regresyon analizi sonucunda da model doğrulama testlerinin yapılarak analizde otokorelasyon ve değişen varyans gibi önemli ekonometrik sorunların olmadığına ortaya konulması elzemdir. Bu kapsamda çalışmada önce serilere Enders ve Lee (2012) çalışması ile literatürde yerini alan Fourier ADF birim kök testi uygulanmıştır. Modellerde yer verilen seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığını sınavabilmek ve regresyon analizlerini gerçekleştirebilmek için McNown vd. (2018); Sam vd. (2019) ve Solarin (2019) çalışmalarıyla geliştirilen Fourier Bootstrap Genişletilmiş ARDL (Augmented ARDL: AARDL) yönteminden yararlanılmıştır.

4.2.1. Fourier ADF Birim Kök Testi

Örnekleme yer alan Türkiye, Çin, Hindistan, Brezilya, Meksika ve Endonezya için veri dönemi oldukça uzun olup, bu dönemde söz konusu ülkeleri etkileyen çok sayıda iç ve dış olay gerçekleşmiştir. Bu nedenle araştırmada, serilerde yönü ve türü önemli olmayan ve çok sayıda yapısal değişime izin veren, Enders ve Lee (2012) çalışması ile gündeme gelen Fourier ADF birim kök testi yöntemi benimsenmiştir. Söz konusu yöntemde serideki yumuşak yapısal değişimleri göz önünde bulundurarak birim kök sınavası yapabilmek için Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilen ADF

¹⁰Son dönemlerde küresel ısınma hızındaki yaşanan korkunç artış için bakınız: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Temperature_reconstruction_last_two_millennia.svg

¹¹ Veri dönemleri seçilirken ülkelerin düzenli verilerine ulaşılabilen en geniş dönem tercih edilmiştir.

birim kök testine Fourier fonksiyonu (trigonometrik bileşenler) ilave edilmiştir. Dickey ve Fuller (1981) ADF testinde basitçe aşağıdaki fonksiyonu temel almıştır:

$$y_t = \alpha(t) + \rho y_{t-1} + \gamma t + \varepsilon_t \quad (18)$$

Denklemden $\alpha(t)$ 'yi t 'nin deterministik bir fonksiyonu olarak ele alan Enders ve Lee (2012: 196), bu fonksiyonu Denklem (19)'daki gibi tanımlamıştır:

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \sum_{k=1}^n \alpha_k \sin(2\pi kt/T) + \sum_{k=1}^n \beta_k \cos(2\pi kt/T); \quad n \leq T/2 \quad (19)$$

Bu denklemde n ; yaklaşımda yer alan frekansları (frequencies contained in the approximation) k ; belirlenen frekans (particular frequency) sayısını ifade etmektedir. Enders ve Lee (2012: 197) frekans sayısını teke düşürüp, serinin birinci dereceden farkı alınınca 20.denklem elde edilmektedir (Aydın, 2020: 267):

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + c_1 + c_2 t + c_3 \sin(2\pi kt/T) + c_4 \cos(2\pi kt/T) + \sum_{i=1}^p c_{5i} \Delta y_{t-i} + e_t \quad (20)$$

Birim kök için sınanacak boş hipotez “ $\rho=0$; birim kök” şeklinde iken, alternatif hipotezi “ $\rho<0$; yumuşak yapısal kırılmaların varlığı koşulu altında durağan” ifadesini test eder. Fourier fonksiyonunun (trigonometrik terimlerin) birim kök sınamasında kullanılmasının anlamlılığını test edebilmek amacıyla kullanılacak boş hipotez “ $c_3 = c_4 = 0$; Fourier terimleri anlamsız” olup, alternatif hipotezi ise “ $c_3 \neq c_4 \neq 0$; Fourier terimleri anlamlı” yönündedir. Enders ve Lee (2012: 197) bu yöntemde Fourier terimlerinin anlamlı çıkması halinde Fourier ADF birim kök testinin, aksi takdirde ADF birim kök testinin kullanılmasını önermiştir. Birim kök ($\tau_{DF,t}$) ve Fourier terimlerinin anlamlılığını sınayabilmek (F) için gerekli kritik değerler Enders ve Lee (2012: 197) Tablo 1a ve 1b’de verilmiştir.

Enders ve Lee (2012: 197) Denklem (20)’de yer alan frekans sayısı için $k = 1, \dots, 5$ değerler verilmesini ve her bir tahmine ait Kalıntı Kareler Toplamının (KKT) elde edilmesini, KKT’nin minimum olduğu durumdaki k ’nin optimum frekans sayısı olacağını ifade etmiştir. Fourier ADF yumuşak yapısal kırılmalı birim kök testinin sonuçları Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3: Fourier ADF ve Klasik ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Fourier ADF															ADF											
															Düzey	Birinci Fark										
Düzey				Kritik Değerler			Birinci Fark			Kritik Değerler																
															τ_{DF_t}	kp	F	%1	%5	%10	τ_{DF_t}	kp	F	%1	%5	%10
Çin	<i>CO2</i>	-2.38	2	1	2.63	-	-	-	4.69	4.05	3.71	-5.03*	1	0	2.82	-	-	-	4.95	4.35	-4.05	0.64	0.00*			
	<i>X</i>	-1.87	2	2	0.99	-	-	-	4.69	4.05	3.71	-5.33*	1	1	2.54	-	-	-	4.95	4.35	-4.05	0.70	0.00*			
	<i>M</i>	-2.00	2	2	4.07	-	-	-	4.69	4.05	3.71	-7.55*	2	1	2.16	-	-	-	4.95	4.35	-4.05	0.92	0.00*			
Hindistan	<i>CO2</i>	-0.50	2	0	5.47	-	-	-	4.69	4.05	3.71	-7.26*	2	0	6.43	-	-	-	4.69	4.05	-3.71	0.94	0.00*			
	<i>X</i>	-1.48	1	0	0.24	-	-	-	4.95	4.35	4.05	-6.45*	1	0	5.81	-	-	-	4.95	4.35	-4.05	0.90	0.00*			
	<i>M</i>	-2.04	1	1	0.01	-	-	-	4.95	4.35	4.05	-6.64*	1	0	7.16	-	-	-	4.95	4.35	-4.05	0.84	0.00*			

		CO2	-6.00*	5 3	2.16	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-	-	-	-	-	-	0.14	0.02**	
						4.20	3.56	3.22									
Rusya	X		$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-	-	-	-	-	-	0.94	0.00*	
			4.33***	1 3	4.28	4.95	4.35	4.05									
	M		-4.49**	1 3	2.80	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-	-	-	-	-	-	0.84	0.01**	
						4.95	4.35	4.05									
		CO2	-2.74	2 2	1.31	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-3.44	0.33	0.00*
						4.69	4.05	3.71	4.03**	3 1	1.06	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$			
Brezilya	X		-4.82*	2 18	3.32***	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-
						4.69	4.05	3.71									
	M		-2.76	2 3	2.08	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-6.45*	3 2	0.32	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-3.44	0.13	0.00*
						4.69	4.05	3.71				4.45	3.78				
		CO2	-1.00	1 0	2.34	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-8.69*	1 0	16.99*	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-4.05	0.87	-
						4.95	4.35	4.05				4.95	4.35				
Meksika	X		-2.38	1 1	0.41	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-5.42*	3 0	3.80	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-3.44	0.64	0.00*
						4.95	4.35	4.05				4.45	3.78				
	M		-5.02*	1 1	3.73	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-	-	-	-	-	-	0.87	0.00*	
						4.95	4.35	4.05									
		CO2	-3.17	1 0	4.55	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-6.61*	5 0	3.13	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-3.22	0.67	0.00*
						4.95	4.35	4.05				4.20	3.56				
Endonezya	X		-1.87	3 3	6.66	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-6.54*	3 2	1.66	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-3.44	0.00*	-
						4.45	3.78	3.44				4.45	3.78				
	M		$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-	-	-	-	-	-	0.08***	-	-
			3.66***	3 0	5.07	4.45	3.78	3.44									
		CO2	-2.26	3 1	2.22	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-8.65*	3 0	6.12	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-3.44	0.80	0.00*
						4.45	3.78	3.44				4.45	3.78				
Türkiye	X		-2.29	1 0	3.84	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-7.76*	2 0	3.12	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-3.71	0.95	0.00*
						4.95	4.35	4.05				4.69	4.05				
	M		-1.76	2 0	3.13	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-8.15*	2 0	2.31	$\bar{-}$	$\bar{-}$	$\bar{-}$	-3.71	0.87	0.00*
						4.69	4.05	3.71				4.69	4.05				

Not: k; optimum frekans sayısını, F ilgili frekansın anlamlılığını test eden istatistiği, p; optimum gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. *, ** ve ***; %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Maksimum gecikme uzunluğu 3 alınıp, optimum gecikme uzunluğu SIC'ye göre belirlenmiştir (Bu seçimde Rusya için veri sayısının kısıtlı olması etkili olmuştur). F testi kritik değerleri Enders ve Lee (2012: 197) Tablo 1a'dan T=100 için alınmış olup, %1, %5 ve %10 için sırasıyla 12.21, 9.14 ve 7.78'dir. ADF testinde, yer kısıtı sebebiyle, sadece olasılık değerleri verilmiştir. Fourier ADF testinde F istatistiği anlamlı çıkan serilere ADF testi yapılmamıştır. Düzeyde durağan çıkan serilere de birinci fark için birim kök testi yapılmamıştır.

Tablo 3'te yer alan optimum frekans sayısına sahip trigonometrik bileşenler sadece Brezilya'nın ihracat serisinin düzey değerinde ve Meksika'nın CO₂ emisyonunun birinci farkına ait seride istatistiksel olarak anlamlı çıktığı için bu serilerde klasik ADF testi yapılmamış, yumuşak yapısal değişimlerin varlığı durumunda, Brezilya'nın ihracat serisinin düzey değerinde, Meksika'nın CO₂ emisyonu serisinin birinci farkta durağan olduklarına karar verilmiştir. Diğer serilerde optimum frekans sayısına sahip trigonometrik bileşenler anlamlı çıkmamıştır. Çünkü elde edilen F istatistikleri, %10 anlamlılık

düzeyindeki F kritik değerinden daha küçük olup, Fourier terimlerinin anlamsız olduğunu ifade eden H_0 hipotezi reddedilememiştir. Enders ve Lee (2012’ye göre böyle durumlarda Fourier ADF değil, klasik ADF testine bakılmalıdır (Enders ve Lee, 2012: 197). Bu kapsamda yapılan klasik ADF testine göre Endonezya’ya ait ihracat ve ithalat serilerinin düzeyde, diğer serilerin birinci farkta durağan oldukları tespit edilmiştir. Yani serilerden bazıları $I(0)$, bazıları da $I(1)$ ’dir.

4.2.2. Fourier Bootstrap AARDL Yöntemi ile Eşbütünleşme Sınaması ve Regresyon Analizleri

Denklem (16) ve Denklem (17)’de yer alan serilerin tamamı $I(1)$ olmadığı için Engle ve Granger (1987) veya Johansen (1988) eşbütünleşme testleri kullanılamamaktadır. Bu nedenle Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen Sınır Testi ARDL eşbütünleşme testi türü bir yöntemin kullanılması gerekmektedir. McNown vd. (2018) eşbütünleşme testi için gerekli olan kritik değerleri bootstrap simülasyonu ile üretirek, Bootstrap ARDL yöntemini geliştirmiş ve Sınır Testi ARDL’den daha güçlü sonuçlar üretmeyi başarmıştır. Sam vd. (2019) ise Genişletilmiş ARDL (AARDL) yöntemini geliştirerek, eşbütünleşmenin varlığının üç farklı yöntemle test edilmesinin gerektiğini belirtmişlerdir. Fakat bu yöntemlerde eşbütünleşme vektöründeki yumuşak yapısal değişimler göz önünde bulundurulamamaktadır. Solarin (2019) Bootstrap AARDL’ye trigonometrik bileşenleri de ekleyerek Fourier Bootstrap AARDL yöntemini ortaya çıkarmıştır. Bu yöntemde serilerin farklı seviyelerde durağan olmasına izin verilmekte ve eşbütünleşmenin varlığı, üç farklı testin ortak sonucuna bağlanmaktadır. Bu koşullar modeli takiben aşağıda ele alınmıştır. Çalışmada Fourier Bootstrap AARDL yöntemini uygulayabilmek için kullanılan Denklem (16)’da yer alan Model 1’in düzenlenmiş hali aşağıdadır:

$$\begin{aligned} \Delta CO2_t = & \beta_0 + \sum_{j=1}^{p-1} \beta_{1j} \Delta CO2_{t-j} + \sum_{j=0}^{p-1} \beta_{2j} \Delta X_{t-j} + \sum_{j=0}^{p-1} \beta_{3j} \Delta X_{t-j}^2 + \sum_{j=0}^{p-1} \beta_{4j} \Delta X_{t-j}^3 + \beta_5 CO2_{t-1} \\ & + \beta_6 X_{t-1} + \beta_7 X_{t-1}^2 + \beta_8 X_{t-1}^3 + \beta_9 \sin\left(\frac{2\pi kt}{t}\right) + \beta_{10} \cos\left(\frac{2\pi kt}{t}\right) + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (21)$$

Modelde yer alan p optimum gecikme uzunluğudur. Denklem (21)’de eşbütünleşme ilişkisinin varlığını Fourier Bootstrap AARDL yöntemiyle sınavabilmek için üç farklı test yapılmalıdır:

- i) Bağımsız ve bağımlı değişkenlerin düzey değerlerinin bir dönem gecikmelerinin katsayılarına kısıt uygulanarak yapılan $F_{overall}$ testi. Bu testte sınanan hipotezler;

$$H_0: \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = 0$$

$$H_1: \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7 \neq \beta_8 \neq 0$$

- ii) Bağımlı değişkenin düzey değerinin bir dönem gecikmesinin katsayısına kısıt uygulanarak yapılan $t_{dependent}$ testi. Bu testte sınanan hipotezler;

$$H_0: \beta_5 = 0$$

$$H_1: \beta_5 \neq 0$$

- iii) Bağımsız değişkenlerin düzey değerlerinin bir dönem gecikmelerinin katsayılarına kısıt uygulanarak yapılan $F_{independent}$ testi. Bu testte sınanan hipotezler;

$$H_0: \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = 0$$

$$H_1: \beta_6 \neq \beta_7 \neq \beta_8 \neq 0$$

Bu üç koşula göre de H_0 hipotezi reddedilebilirse, modelde yer alan seriler arasında eşbütünleşmenin var olduğuna karar verilmektedir (Pata, 2019, 2021). Bu araştırmada Fourier Bootstrap AARDL yöntemi Denklem (21) ve aynı denklemin Model 2 (Denklem (17)) için düzenlenmiş hali kullanılarak uygulanmış ve elde edilen bulgular Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4: Fourier Bootstrap AARDL Eşbütünleşme Testi Sonuçları

	<i>Test</i>	Model 1				Model 2			
		<i>Test İstatistiği</i>	Kritik Değerler			<i>Test İstatistiği</i>	Kritik Değerler		
			%10	%5	%1		%10	%5	%1
Çin	<i>F_{overall}</i>	5.37***	5.04	6.05	8.05	7.51**	5.48	6.49	8.82
	<i>t_{dependent}</i>	-3.75***	-3.47	-3.92	-4.69	-3.55***	-3.35	-3.91	-4.89
	<i>F_{independen}</i>	6.80***	6.14	7.05	10.03	4.70**	3.36	4.28	7.57
Hindistan	<i>F_{overall}</i>	5.99***	5.33	6.19	8.18	6.44*	3.06	3.78	5.76
	<i>t_{dependent}</i>	-4.07***	-3.79	-4.12	-4.85	-4.67*	-2.25	-2.72	-3.47
	<i>F_{independen}</i>	6.24***	6.06	7.20	9.82	8.47*	3.13	3.89	6.31
Rusya	<i>F_{overall}</i>	6.55***	5.86	6.78	10.72	5.15***	4.15	5.21	7.78
	<i>t_{dependent}</i>	-4.25**	-3.40	-3.87	-5.17	-3.28***	-3.14	-3.64	-4.53
	<i>F_{independen}</i>	3.63***	2.86	3.65	6.56	2.64***	2.60	3.36	5.28
Brezilya	<i>F_{overall}</i>	4.29***	3.99	5.15	7.30	6.01***	5.34	6.12	8.05
	<i>t_{dependent}</i>	-3.03***	-2.81	-3.31	-4.45	-4.07***	-3.76	-4.15	-4.91
	<i>F_{independen}</i>	2.90***	2.84	3.72	5.80	5.28**	3.12	4.09	5.92
Meksika	<i>F_{overall}</i>	7.60*	3.11	3.94	5.38	4.63**	3.58	4.29	6.76
	<i>t_{dependent}</i>	-2.45**	-1.96	-2.43	-3.33	-3.06***	-2.79	-3.26	-4.28
	<i>F_{independen}</i>	5.31**	2.99	3.93	6.18	3.83***	3.27	4.02	5.88
Endonezya	<i>F_{overall}</i>	0.64	2.88	3.45	5.17	0.57	2.97	3.71	5.24
	<i>t_{dependent}</i>	-0.06	-1.82	-2.27	-3.32	0.05	-1.81	-2.21	-3.21
	<i>F_{independen}</i>	0.82	3.07	3.91	6.00	0.69	2.96	3.77	5.94
Türkiye	<i>F_{overall}</i>	2.53	3.13	3.76	5.37	1.92	2.48	3.09	4.30
	<i>t_{dependent}</i>	-1.09	-2.53	-2.86	-3.59	-0.48	-1.68	-2.08	-2.81
	<i>F_{independen}</i>	0.93	3.49	4.37	6.14	0.11	2.66	3.42	4.81

Not: *, ** ve ***; İstatistiksel olarak %1, %5 ve %10 hata payı ile modellerde yer alan değişkenler arasında eşbütünleşmenin varlığını göstermektedir. Bootstrap simülasyonu için 1000 döngü kullanılmıştır.

Tablo 4'te Çin, Hindistan, Rusya, Brezilya ve Meksika için elde edilen sonuçlara göre; her iki model için de üç test istatistiğine ait boş hipotezler en az %10 anlamlılık düzeyinde reddedilmiş ve modellerde bulunan serilerin eşbütünleşme ilişkisine sahip olduklarına karar verilmiştir. Bu durumda yapılacak uzun dönem ve kısa dönem analizlerinde sahte regresyon sorunu meydana gelmeyecektir. Endonezya ve Türkiye için yapılan sınamada ise dış ticaret ile CO₂ emisyonu arasında eşbütünleşme bulunamamıştır. Bu nedenle bu iki ülke için regresyon analizleri gerçekleştirilmemiştir. İlk beş ülke için yapılan regresyon analizinde Fourier yapısı korunmuş, trigonometrik bileşenler analizlere sabit açıklayıcı değişken (fixed regressor) olarak dahil edilmiştir. Regresyon analizi sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: Regresyon Analizi Sonuçları

	<i>Değişken</i>	<i>Çin</i>	<i>Hindistan</i>	<i>Rusya</i>	<i>Brezilya</i>	<i>Meksika</i>
Model 1	X	0.44** (0.04)	-0.20 (0.80)	-6.58* (0.00)	4.26 (0.35)	1.11* (0.00)
	X^2	-0.06 (0.19)	0.14 (0.60)	1.22* (0.00)	-2.14 (0.26)	-0.27* (0.00)
	X^3	0.007** (0.04)	-0.006 (0.82)	-0.07* (0.00)	0.25 (0.25)	0.02* (0.00)
	<i>Model Doğrulama Testleri</i>					
	R^2	0.99	0.99	0.93	0.99	0.99
	$\bar{R}^2$	0.99	0.99	0.91	0.99	0.99
	F	2617.03 (0.00)	8009.08 (0.00)	43.56 (0.00)	929.18 (0.00)	1535.6 (0.00)
	χ^2_{SC}	1.39 (0.49)	1.89 (0.38)	1.72 (0.18)	0.40 (0.81)	4.48 (0.10)
	χ^2_{NOR}	0.63 (0.72)	1.96 (0.37)	0.14 (0.93)	0.71 (0.69)	0.17 (0.91)
	χ^2_{HET}	16.00 (0.38)	8.07 (0.23)	11.59 (0.11)	5.72 (0.67)	13.55 (0.06)
	χ^2_{RR}	0.0001 (0.99)	0.74 (0.39)	22.33 (0.10)	0.02 (0.88)	0.85 (0.36)
	M	0.02 (0.95)	0.29 (0.72)	-4.54* (0.00)	-3.42 (0.40)	-5.72 (0.80)
	M^2	0.03 (0.76)	-0.01 (0.96)	0.88* (0.00)	0.74 (0.45)	2.47 (0.78)
	M^3	0.0006 (0.93)	0.006 (0.76)	-0.05* (0.00)	-0.04 (0.57)	-0.29 (0.76)
	<i>Model Doğrulama Testleri</i>					
Model 2	R^2	0.99	0.99	0.89	0.99	0.99
	$\bar{R}^2$	0.99	0.99	0.84	0.99	0.99
	F	3070.79 (0.00)	7583.57 (0.00)	17.73 (0.00)	767.72 (0.00)	1147.66 (0.00)
	χ^2_{SC}	3.34 (0.18)	0.73 (0.69)	0.23 (0.62)	2.21 (0.33)	2.54 (0.28)
	χ^2_{NOR}	0.90 (0.63)	13.08 (0.14)	0.56 (0.75)	1.77 (0.41)	0.22 (0.89)
	χ^2_{HET}	15.61 (0.16)	8.05 (0.32)	5.41 (0.79)	8.56 (0.57)	13.18 (0.15)
	χ^2_{RR}	9.59 (0.35)	0.002 (0.96)	0.72 (0.40)	0.001 (0.97)	0.47 (0.41)

Not: *, ** ve ***, %1, %5 ve %10 hata payı ile katsayıların anlamlı olduğunu göstermektedir. Maksimum gecikme uzunluğu 3 girilmiş olup, optimal gecikme uzunlukları SIC kullanılarak belirlenmiştir. χ^2_{SC} ; Breusch-Godfrey LM otokorelasyon testini, χ^2_{NOR} ; Jarque-Bera normality testini, χ^2_{HET} ; White değişen varyans testini ve χ^2_{RR} ; Ramsey-RESET model kurma hatası testini ifade etmektedir.

Tablo 5'te yer alan bulgulara göre; Çin'in ihracat verisiyle CO_2 emisyonu arasında N şeklinde ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. Diğer bir ifadeyle Çin'de başlangıçta ihracatı artırabilmek için çevrenin kirlenmesine izin verilmiş, belirli bir ihracat düzeyinden sonra bu kirlenmenin önüne geçilmeye çalışılmış, ancak ihracatı daha fazla artırabilmek uğruna tekrar çevrenin kirlenmesine göz yumulmaya başlanmıştır. Burada ortaya çıkan en önemli sonuç; Çin'in artan ihracatının çevre kirliliğini de artırdığıdır. Bu ilişkinin önemli bir nedeni; gelişmiş ülkelerin ağır sanayi yatırımlarını bu ülkeye

taşıması olmaları ve burada ürettikleri malları başta kendi ülkeleri olmak üzere dünyanın diğer ülkelerine göndermeleri/satmalarıdır. Çin için dönüm noktaları hesaplanmak¹² istenmiş, ancak karekök içine gelen sayı negatif olduğu için reel sayı değeri elde edilememiştir. Çin’de ithalat ile çevre kirliliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Hindistan’da ne ihracatla ne de ithalatla çevre kirliliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur. Hindistan’da ihracat ile çevre kirliliği arasında anlamlı bir ilişki çıkmamasının en önemli nedenlerinden biri; bu ülkede 1946 yılında kabul edilip, 1948’de yürürlüğe giren Fabrikalar Yasası (Labour 1948) kapsamında, işverenlerin çalışanları işten çıkarmasının imkansız yakın derecede zor olması nedeniyle, bu ülkeye gelen yabancı firmaların sanayi sektörü yerine hizmet sektöründe faaliyet göstermeyi tercih etmeleri (Göçer ve Peker, 2014) ve hizmet sektöründe bilgi teknolojilerinin çevreyi kirletmeyen bir alan olmasıdır. Rusya’da hem ihracat hem de ithalat ile çevre kirliliği arasında ters N şeklinde ilişkiler vardır. İhracat fonksiyonunun dönüm noktaları hesaplandığında; ilk dönüm noktasının 15.8, ikinci dönüm noktasının 125 milyar Dolarda olduğu bulunmuştur. İthalat fonksiyonunun dönüm noktalarının ise 27 milyar Dolar ve 213 milyar Dolar düzeyinde olduğu görülmüştür. Bu ülkede artan dış ticaret ile birlikte çevre kirliliği önce azalmış, sonra artmış, belirli bir seviyeden sonra ise tekrar azalmaya başlamıştır.

Brezilya’da dış ticaret ile çevre kirliliği arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Meksika’da ihracat ile çevre kirliliği arasında N şeklinde bir ilişki vardır. Yani Meksika’da da başlangıçta ihracatı artırabilmek için çevrenin kirlenmesine izin verilmiş, belirli bir ihracat düzeyinden sonra bu kirlenmenin önüne geçilmeye çalışılmış, ancak ihracatı daha fazla artırabilmek uğruna tekrar çevrenin kirlenmesine göz yumulmaya başlanmıştır. Burada ortaya çıkan en önemli sonuç; Meksika’da artan ihracatını çevre kirliliğini de artırdığıdır. Meksika için N şeklindeki ÇKE’nin dönüm noktaları hesaplanmış, ilk dönüm noktasının 23.9 milyar Dolar, ikinci dönüm noktasının 352 milyar Dolar olduğu görülmüştür. Yani Meksika’da ihracat 23.9 milyar Dolara ulaşınca kadar çevre çok kirletilmiş, sonra çevreyi korumaya yönelik üretim stratejileri benimsenmiş, ancak ihracatı 352 milyar Doların üzerine çıkarabilmek için tekrar çevreyi korumak göz ardı edilmeye başlanmıştır. Meksika’da ithalat ile çevre kirliliği arasında anlamlı bir ilişki olmadığı saptanmıştır.

Sonuç ve Değerlendirmeler

Bu araştırma ile dış ticaretin çevre kirliliği üzerindeki etkileri ihracat ve ithalat üzerinden ayrı ayrı irdelenmiştir. Bu amaçla hızlı gelişen 7 ülkenin karbondioksit emisyonu ve dış ticaret verileri kullanılarak, kübik formdaki Çevresel Kuznets Eğrisi kapsamında analizler gerçekleştirilmiştir. Çin, Hindistan, Rusya, Brezilya ve Meksika’da dış ticaret ile çevre kirliliği arasında eşbütünleşme belirlenirken, Endonezya ve Türkiye’de dış ticaret ile çevre kirliliği arasında bir eşbütünleşme ilişkisi olmadığı görülmüştür. Yapılan regresyon analizlerinde Çin ve Meksika’da ihracat ile çevre kirliliği arasında N şeklinde, Rusya’da ise hem ihracat hem de ithalat ile çevre kirliliği arasında ters N şeklinde Çevresel Kuznets Eğrilerinin geçerli olduğu ortaya konmuştur. Dönüm noktaları hesaplanmaya çalışıldığında; Çin için karekökün içinde yer alan kısım negatif olduğundan, denklemin reel kökleri elde edilememiştir. Meksika için N şeklindeki ÇKE’nin dönüm noktaları hesaplanmış, ilk dönüm noktasının 23.9 milyar Dolar, ikinci dönüm noktasının 352 milyar Dolar olduğu bulunmuştur. Bulgular; Meksika’da ihracat 23.9 milyar Dolara ulaşınca kadar çevrenin çok kirletildiğini, sonra çevreyi korumaya yönelik tedbirler alınarak ve çevre kirliliğinin azaltılmaya çalışıldığı, ancak ihracatı 352 milyar Doların seviyelerinin üzerine çıkarabilmek için tekrar çevreyi koruma tedbirlerinin göz ardı edildiğine işaret etmektedir. 2020 yılı itibarıyla Meksika’nın ihracatı 418 milyar Dolar olup, ülke çevreyi hızla kirletme evresinde olması bu çalışmanın önemli bulguları arasındadır.

Rusya’da hem ihracat hem de ithalat ile çevre kirliliği arasında ters N şeklinde ilişkiler vardır. İhracat fonksiyonunun dönüm noktaları hesaplandığında; ilk dönüm noktasının 15.8, ikinci dönüm noktasının 125 milyar Dolarda olduğu bulunmuştur. İthalat fonksiyonunun dönüm noktalarının ise 27 milyar Dolar

¹² Bu hesaplamalarda çalışmanın 2.1 nolu bölümünde Denklem (4), (5), (6) ve (7)’de verilen formüllerden yararlanılmıştır.

ve 213 milyar Dolar düzeyinde olduğu görülmüştür. Bu ülkede artan dış ticaret ile çevre kirliliği önce azalmış, sonra artmış, belirli bir seviyeden sonra ise tekrar azalmaya başlamıştır

Araştırmanın bulgularına göre; Çin ve Meksika ihracatı artırabilmek için çevreyi kirletmeye devam ederken, Rusya çevre kirliliğini azaltarak dış ticaret yapmaktadır. Bu sonuçların arkasında; Çin ve Meksika'nın sanayi ürünleri, Rusya'nın ise doğal kaynaklar ihraç ediyor olmasının var olduğu değerlendirilmektedir. Benzer bir durumun dış ticaret ile çevre kirliliği arasında anlamlı bir ilişki tespit edilemeyen, tarım ürünleri ve doğal kaynak ihracatçısı Brezilya, Türkiye ve Endonezya için de geçerli olabileceği fikrini ön plana taşımaktadır. Çin ve Meksika olmak üzere tüm gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin çevreyi korumaya özen göstermeleri, ekonomik büyümelerini hızlandırabilmek uğruna gelecek nesillerin sağlıklı bir çevrede yaşama haklarını ellerinden almamaları gerekliliği, ekonomi politikalarında öncelenmelidir. Ayrıca bir ülkenin sebep olduğu çevre kirliliği sadece o ülkeyi etkilemekle kalmayıp, tüm dünyaya zararları dokunabilmektedir. Bu nedenle uluslararası kuruluşların devreye girerek, etkili ve caydırıcı tedbirler almaları gerekmektedir.

Kaynaklar

- Ahmed, Z., Wang, Z., Mahmood, F., Hafeez, M. and Ali, N. (2019). Does Globalization Increase the Ecological Footprint? Empirical Evidence from Malaysia. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 18565–18582. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05224-9>.
- Ankaratb (2008). Kyoto Protokolü. Erişim adresi: https://www.ankaratb.org.tr/lib_upload/50_Kyoto%20Protokol%C3%BC_10_06_2008.pdf
- Antweiler, W., Copeland, B. and Taylor, M. (2001). Is Free Trade Good for the Environment? *American Economic Review*, 91(4), 877–908.
- Aydın, M. (2020). Askeri Harcamalar, Ekonomik Büyüme ve Çevre Kirliliği Arasındaki İlişki: Türkiye İçin Yapısal Kırılmalı Nedensellik Testinden Kanıtlar. *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 261-275.
- Aytun, C. (2014). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi: Panel Veri Analizi. *Akademik Bakış Dergisi*, 44, 1-14.
- Barut, A., Citil, M., Ahmed, Z., Sinha, A. and Abbas, S. (2022). How do Economic and Financial Factors Influence Green Logistics? A Comparative Analysis of E7 and G7 Nations. *Environmental Science and Pollution Research*, <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22252-0>
- Başar, S. ve Temurlenk, M. S. (2007). Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 1-12.
- Benzerrouk, Z., Abid, M. and Sekrafi, H. (2021). Pollution Haven or Halo Effect? A Comparative Analysis of Developing and Developed Countries. *Energy Reports*, 7, 4862-4871.
- Birdsall, N. and Wheeler, D. (1993). Latin Amerika'da Ticaret Politikası ve Endüstriyel Kirlilik: Kirlilik Bölgeleri Nerededir? *Çevre ve Kalkınma Dergisi*, 2(1), 137-149.
- Brown, J. C. (1990). The Condition of England and the Standard of Living: Cotton Textiles in the Northwest, 1806–1850. *Journal of Economic History*, 50, 591–615.
- CFI (2022). Foreign Direct Investment (FDI). Erişim adresi: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/economics/foreign-direct-investment-fdi/>
- Copeland, B. R. and Taylor, M. S. (1994). North-South Trade and the Environment. *Quarterly Journal of Economics*, 109(3), 755–787.
- Çınar, S., Yılmaz, M. ve Fazlılar, T. A. (2012). Kirlilik Yaratıcı Sektörlerin Ticareti ve Çevre: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Karşılaştırması. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 13(2), 212-224.
- Datta, S. K. and De, T. (2021). Chapter 5 - Linkage between Energy Use, Pollution, and Economic Growth—A Cross-Country Analysis. *Environmental Sustainability and Economy*, 85-110.

- Dickey, D. and Fuller, W.A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*, 49, 1057- 1072.
- Dünya Bankası (2022a). Merchandise Exports (Current US\$). Erişim adresi: <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.MRCH.CD.WT?view=chart>
- Dünya Bankası (2022b). Merchandise Imports (Current US\$). Erişim adresi: <https://data.worldbank.org/indicator/TM.VAL.MRCH.CD.WT?view=chart>
- Dünya Bankası (2022c). GDP Growth (Annual %). Erişim adresi: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?view=chart>
- Enders, W. and Lee, J. (2012). A Unit Root Test Using a Fourier Series to Approximate Smooth Breaks. *Oxford Bulletin Economics and Statistics*, 74(4), 574–599.
- Engle, R. F. and Granger C. W. J. (1987). Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55, 251-276.
- Fang, Z., Huang, B. and Yang, Z. (2018). Trade Openness and The Environmental Kuznets Curve: Evidence from Cities in The People’s Republic of China. *Asian Development Bank Institute (ADB), Working Paper*, No. 882.
- Göçer, İ. ve Peker, O. (2014). Yabancı Doğrudan Yatırımların Cari İşlemler Dengesi Üzerindeki Etkileri: Türkiye, Çin ve Hindistan Örneğinde Çoklu Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Analizi. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar*, 8(1), 87-116.
- Grossman, M. G. and Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of the American Free Trade Agreement. *NBER Working Paper*, No. 3914.
- Grossman, G.M. and Krueger, A.B. (1995). Economic Growth and The Environment. *Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Guo, R. (2012). Cross-Border Regional Science. *Developments in Environmental Science*, 10, 77-119.
- Hasanov, F. J., Hunt, L. C. and Mikayilov, J. I. (2021). Estimating Different Order Polynomial Logarithmic Environmental Kuznets Curves. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 41965–41987. DOI: 10.1007/s11356-021-13463-y.
- Hettige, H., Lucas, R. E. B, Wheeler, D. (1992). The Toxic Intensity of Industrial Production: Global Patterns, Trends, and Trade Policy. *American Economic Review*, 82(2), 478-481.
- Hou, F., Su, H., Li, Y., Qian, W., Xiao, J. and Guo, S. (2021). The Impact of Foreign Direct Investment on China’s Carbon Emissions. *Sustainability*, 13(11911), 1-12. <https://doi.org/10.3390/su132111911>.
- Ip, C. (2021). Will China and Its E7 Emerging Economies Render the G7 a Redundant Clique? Erişim adresi: <https://www.scmp.com/economy/global-economy/article/3158314/will-china-and-its-e7-emerging-economies-render-g7-redundant>
- Islam, M. S. (2020). Positive and Negative Impact of FDI (Foreign Direct Investment) on a Country’s Economic Development. SSRN, Erişim adresi: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3614019
- Jalil, A. and Mahmud, S.F. (2009). Environment Kuznets Curve for CO2 Emissions: A Cointegration Analysis for China. *Energy Policy*, 37(12), 5167–5172.
- Jalil, A. and Feridun, M. (2011). The Impact of Growth, Energy and Financial Development on the Environment in China: A Cointegration Analysis. *Energy Economics*, 33(2), 284–291.
- Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegration Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254.
- Karakaya, E. ve Özçağ, M. (2003). Türkiye Açısından Kyoto Protokolü’nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi ile CO2 Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi. *VII. ODTÜ Ekonomi Kongresi*, Ankara.

- Kaya, H. E. (2020). Kyoto'dan Paris'e Küresel İklim Politikaları. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 4(10), 165-191.
- Labour (1948). The Factories Act, 1948. Erişim adresi: https://labour.uk.gov.in/files/Factory_Act_1948.pdf
- Lorente, D. B. and Alvarez-Herranz, A. (2016). An Approach to the Effect of Energy Innovation on Environmental Kuznets Curve: An Introduction to Inflection Point. *Bulletin of Energy Economics*, 4(3), 224-233.
- Low, P. and Yeats, A. (1992). Do "Dirty" Industries Migrate? International Trade and The Environment, *ISBN 0-8213-2115-3*, 89-103.
- Lucas, R. E. B, Wheeler, D. and Hettige, H. (1992). Economic Development, Environmental Regulation, and the International Migration of Toxic Industrial Pollution 1960-1988. *The World Bank Working Paper Series*, No. 1062.
- Lv, D., Wang, R. and Zhang, Y. (2021). Sustainability Assessment Based on Integrating EKC with Decoupling: Empirical Evidence from China. *Sustainability*, 13(655), 1-22. <https://doi.org/10.3390/su13020655>.
- Managi, S., Hibiki, A. and Tsurumi, T. (2009). Does Trade Openness Improve Environmental Quality? *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(3), 346-363.
- Mani, M. and Wheeler, D. (1997). In Search of Pollution Havens? Dirty Industries in The World Economy, 1965-1995. OECD Workshop 3: Pollution Havens and Pollution Halos.
- Matus, K., Nam, K.-M., Selin, N.E., Lamsal, L.N., Reilly, J.M. and Paltsev, S. (2012). Health Damages from Air Pollution in China. *Global Environmental Change*, 22, 55-66.
- McNown, R., Sam, C.Y. and Goh, S.K. (2018). Bootstrapping the Autoregressive Distributed Lag Test for Cointegration. *Applied Economics*, 50(13), 1509-1521.
- MFA (2022). Paris Anlaşması. Erişim adresi: <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa#:~:text=Paris%20Anla%C5%9Fmas%C4%B1%2C%202020%20sonras%C4%B1%20s%C3%BCre%C3%A7te,C'nin%20olabildi%C4%9Fince%20alt%C4%B1nda%20tutulm as%C4%B1d%C4%B1r>
- Nardinelli, C. (2010). Industrial Revolution and the Standard of Living. Erişim adresi: <https://www.econlib.org/library/Enc/IndustrialRevolutionandtheStandardofLiving.html#:~:text=The%20share%20of%20total%20income,unequal%20between%201790%20and%201840>
- OECD (2002). Foreign Direct Investment for Development. Maximising Benefits, Minimising Costs. Erişim adresi: <https://www.oecd.org/investment/investmentfordevelopment/1959815.pdf>
- OECD (2022). Air and GHG Emissions. Carbon Dioxide (CO2), Million Tonnes, 1960 – 2020. Erişim adresi: <https://data.oecd.org/air/air-and-ghg-emissions.htm#indicator-chart>
- Orman, H. L., Ceylan, S. ve Yılmaz Şahin, B. (2019). Dış Ticaret ve Çevre Kirliliği İlişkisi: Panel Veri Analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(71), 1483-1496.
- Özdemir, S. ve Özokçu, Ö. (2017). Economic Growth, Energy, and Environmental Kuznets Curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 639-647.
- Özdemir, B. K. ve Koç, K. (2020). Türkiye'de Karbon Emisyonları, Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 11(1), 66-86. DOI: 10.18354/esam.665191.
- Panayotou, T (1993). Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. International Labour Organization, Technology and Employment Programme, Working Paper, No. WEP 2-22/WP. 238.

- Pata, U. K. (2019). Environmental Kuznets Curve and Trade Openness in Turkey: Bootstrap ARDL Approach with a Structural Break. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 20264–20276.
- Pesaran, H. M., Shin, Y. and Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289 - 326.
- Sam, C.Y., McNown, R. and Goh, S.K. (2019). An Augmented Autoregressive Distributed Lag Bounds Test for Cointegration. *Economic Modelling*, 80, 130–141.
- Shafik, N. and Bandyopadhyay, S. (1992). Economic Growth and Environmental Quality: Time-Series and Cross-Country Evidence. *World Bank, Policy Research Working Paper Series*, No. 904.
- Shuai, C., Chen, X., Shen, L., Jiao, L., Wu, Y. and Tan, Y. (2017). The Turning Points of Carbon Kuznets Curve: Evidences from Panel and Time-Series data of 164 Countries. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1031–1047. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.06.049.
- Solarin, S. A. (2019). Modelling the Relationship between Financing by Islamic Banking System and Environmental Quality: Evidence from Bootstrap Autoregressive Distributive Lag with Fourier Terms. *Quality & Quantity*, 53, 2867–2884. <https://doi.org/10.1007/s11135-019-00904-7>.
- Statista (2022). Aggregate Gross Domestic Product Totals for G7 and E7 COUNTRIES IN 2015, and Projections for 2050. Erişim adresi: <https://www.statista.com/statistics/678707/gdp-of-g7-and-e7-in-2015-and-2050/#:~:text=The%20E7%20includes%3B%20China%2C%20India,was%20138.2%20trillion%20U.S.%20dollars>
- Stem, D. I. (2004). Environmental Kuznets Curve. *Encyclopedia of Energy*, 2, 517-525.
- Suri, V. and Chapman, D. (1998). Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25(2), 195–208.
- Şahin, G., Gökdemir, L. ve Ayyıldız, F. V. (2019). Türkiye Örneğinde Kirlilik Sığınağı ve Kirlenme Hale Hipotezleri Üzerine Ampirik Bir Araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(33), 104-140.
- TBB (2014). *Uluslararası Çevre Koruma Sözleşmeleri*. Türkiye Barolar Birliği Yayınları, No. 247, Ankara.
- The Lancet (2017). The effect of air pollution on deaths, disease burden, and life expectancy across China and its provinces, 1990–2017: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. Erişim adresi: [https://www.thelancet.com/article/S2542-5196\(20\)30161-3/fulltext#:~:text=We%20estimated%20that%201%C2%B724,229\)%20from%20ambient%20ozone%20pollution](https://www.thelancet.com/article/S2542-5196(20)30161-3/fulltext#:~:text=We%20estimated%20that%201%C2%B724,229)%20from%20ambient%20ozone%20pollution)
- Tutulmaz, O. (2012). Çevresel Kuznets Eğrisi: Karbondioksit Emisyonu Üzerine Türkiye, Bölge ve Dünya Ülkeleri Üzerinden Analitik Bir Değerlendirme. *Avrasya Etüdlere*, 42(2), 51-82.
- UNFCCC (2018). United Nations Climate Change. Erişim adresi: https://unfccc.int/process/parties-non-party-stakeholders/parties-convention-and-observer-states?field_partys_partyto_target_id%5B512%5D=512
- WHO (1997). *Sustainable Development and Health: Concepts, Principles and Framework for Action for European Cities and Towns*. European Sustainable Development and Health Series, Book 1, Copenhagen.
- Yakacı, S. (2019). Türkiye ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Dış Ticaretin Çevresel Etkilerinin Çevresel Kuznets Eğrisi Çerçevesinde Analizi. Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Zhang, Y. (2012). Scale, Technique and Composition Effects in Trade-Related Carbon Emissions in China. *Environmental and Resource Economics*, 51(3), 371–389.

Research Article

Dış Ticarete Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliği: E7 Ülkeleri İçin Fourier Bootstrap AARDL Analizi

The Validity of the Environmental Kuznets Curve In Foreign Trade: Fourier Bootstrap AARDL Analysis for E7 Countries

Oğuzhan ÖZÇELİK

Dr. Öğr. Üyesi, Kırklareli Üniversitesi

Babaeski Meslek Yüksekokulu

oguzhanozcelik@klu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-6666-8976>

Extensive Summary

1. Introduction

All living creatures, in particular human beings, need an undestroyed, healthy nature and environmental conditions to continue their lives. However, today we observe that especially underdeveloped and developing countries compromise on a healthy and sustainable environment only for more production and a faster economic growth. As a result of the dominance of the fast industrialization motivation, a great international effort has been made like the 1971 Ramsar Agreement, 1972 Paris and Stockholm Declarations, 1973 Washington Convention, 1976 Barcelona Convention, 1979 Bern Convention, 1985 Granada Convention, 1989 Basel Convention, 1992 Valetta and Rio Conventions, and 1994 Paris Convention to prevent nature and the environment from being polluted (TBB, 2014). As per the Kyoto Protocol signed in 1997 and taken effect in 2005, developed countries committed to less environmental pollution¹³. Accordingly, annual carbon dioxide (CO_2) emission limits were defined for each country and penal sanctions were introduced to those exceeding these limits. Developed countries wishing to avoid these sanctions increasingly moved their heavy industrial plants to countries such as China and India, which did not sign this protocol and prioritized more economic growth instead of environmental sensitivity. It is observed that developing economies such as China, India and Mexico do not attach enough importance to environmental sensitivity. In their studies, Lucas Wheeler and Hetti (1992); Hettige, Lucas and Wheeler (1992); Low and Yeats (1992) emphasized that production and export of products that have a significant potential to harm the environment increased in developing countries, whereas they dropped in developed countries. On the other hand, permanent capital actions towards underdeveloped or developing countries are called Direct Foreign Investments (DFI) (CFI, 2022). Although these investments provide many benefits in theory (OECD, 2002), one of the undesired outputs is environmental pollution (Islam, 2020). Content to accelerate their economic growth through incoming DFIs, developing countries soon faced the truth; that the air, water and other natural resources have swiftly been polluted (Hou et al., 2021). From another perspective, the correlation between foreign trade and environmental pollution is not about the production phase only; it can also be related to the logistics and storage processes of foreign trade (Barut et al., 2022). For instance, it is obligatory that products manufactured in the Far East are transported to landlocked countries in Asia, Africa, Europe and America through road transport, which increases carbon dioxide emissions to the environment (Ahmet

¹³ In 2000s as well, numerous agreements and conventions were signed for environmental protection, including 2000 Florence Convention, 2009 Cartagena Protocol, 2012 Rio Conference (TBB, 2014) and 2015 Paris Convention (MFA, 2022).

et al., 2019). Research shows that 80% of the water in northeast China is not potable (Statista, 2023), that 1839 out of every 100,000 Chinese women and 1198 out of every 100,000 Chinese men have an advanced phase of a disease because of air pollution, and that 1.24 million people on average die every year (Matus et al. 2012; He, Fan and Shou, 2015). This clearly shows that the pollution shelter (pollution paradise) effect is currently present in developing countries. The same applies to India, Indonesia, Brazil and Mexico. These countries pave the way to pass an inhabitable world to the next generations only to increase the level of welfare in developed countries (to be home to their production) and speed up their own economic growth. Therefore, it is essential that the level of air and water pollution in fast developing countries is constantly measured and necessary actions are taken. This study aims to handle the effects of foreign trade in fast developing countries called the E7 countries, i.e. China, India, Brazil, Mexico, Russia, Indonesia and Türkiye, on environmental pollution under the Environmental Kuznets Curve. The second part of the study provides information about the Environmental Kuznets Curve, third section has graphics and tables showing the status of foreign trade and environment in the E7 countries, the fourth part provides an analysis and the fifth offers the results. In this study, sample countries and different econometric models for foreign trade to the Environmental Kuznets Curve are used to differentiate from the literature. This aspect is the primary motivation for the study. The other motivation is that the study contains analyses carried out using new econometric methods (Augmented ARDL), which were quite new on the date this study was written and observed to be used relatively little in literature. Considering all these aspects, it is expected that the study will significantly contribute to the literature, new researchers and policy makers.

Model, Data, and Methodology

For the first time in literature, Simon Kuznets (1901-1985) mentioned this hypothesis in his study titled Economic Growth and Income Inequality published in 1955. In his research, the author examined data from 1780 to 1950 for the USA, England and Germany, where he found that the national income increased in the first phases of economic development of countries, also causing an increase in income inequality; however, once national income reached a certain point, said deterioration began to decrease. Measuring economic growth with gross domestic product per capita (GDPPC) and income inequality with GINI coefficient, Kuznets (1955) found a backward U-shaped relation between these two magnitudes. This relation can be shown as in Figure 1.

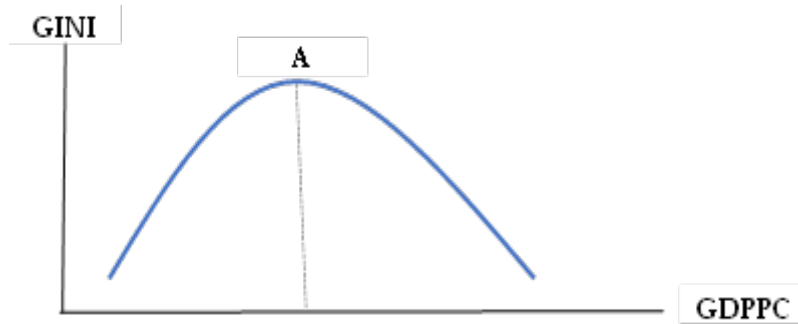


Figure 1. Backward U-Shaped Curve Developed by Kuznets

Source: Kuznets (1955, pp. 12-15)

In his study, Kuznets (1955) did not graphically (physically) draw the figure above; he only mentioned that this was the trend between national income and income inequality. The A in the figure is the turning point; national income of countries increased up to this point, hence an increase in income inequality. It was shown that the figure shown above was also used to explain numerous economic incidents subsequently (Özdemir and Özokçu, 2017, pp. 639-640). In the period when environmental sensitivity increased and researchers started to experimentally analyze the reasons for environmental pollution, Grossmann and Krueger (1991) examined Kuznet's (1955) approach through air pollution. They used the CO_2 amount instead of the GINI on the vertical axis and started to use the model as the Environmental Kuznets Curve. It is observed that there are recent studies that use foreign trade and the Environmental Kuznets Curve with different econometric models. Models used in this study are listed below:

$$\text{Model 1: } CO2_t = \gamma_0 + \gamma_1 X_t + \gamma_2 X_t^2 + \gamma_3 X_t^3 + e_t \quad (16)$$

$$\text{Model 2: } CO2_t = \delta_0 + \delta_1 M_t + \delta_2 M_t^2 + \delta_3 M_t^3 + u_t \quad (17)$$

Here, $CO2_t$ is CO_2 emission in million tonnes, X_t is export (billion dollars) and M_t is import (billion dollars). Model 1 and Model 2 aim to reveal the way that pollution follows together with the increasing export and import, respectively. The prior expectation in the study is that the production made to increase export will increase pollution in host countries; final consumption goods imported from other countries will decrease (or not impact at all) the pollution since they will not undergo any production process in the country; however, imported intermediate goods and raw materials may pollute the environment while being processed in the production phase in the country. For an econometric analysis to yield reliable results, it is necessary to find a cointegration relations between the stationary levels of the parties and the parties used in the model, and to carry out model validation tests after the regression analysis to prove absence of significant econometric problems such as autocorrelation or heteroscedasticity in the analysis. Accordingly, in this study, the Fourier ADF unit root test was performed on the parties, which is a test that entered the literature with the study by Enders and Lee (2012). In order to test the presence of a cointegration relation between the parties used in the models and to carry out regression analyses, the Fourier Bootstrap Augmented ARDL (AARDL) method was used, which was improved with McNown et al., (2018); Sam et al., (2019) and Solarin (2019) studies

2. Results and Assessments

This study examines the effect of foreign trade on environmental pollution for export and import separately. To this end, carbon dioxide emissions and foreign trade data of seven rapidly developing countries were used to carry out analyses under the Environmental Kuznets Curve in cubic form. Cointegration was found between foreign trade and environmental pollution in China, India, Russia, Brazil and Mexico, while no such relation was detected between foreign trade and pollution in Indonesia or Türkiye. Regression analyses revealed that an N-shaped Environmental Kuznets Curve is present between export and pollution in China and Mexico, while a backwards N-shaped curve is found between both export and import and pollution in Russia. When calculating turning points, since the section inside the square root was negative for China, real roots of equation could not be found. For Mexico, turning points of the N-shaped Environmental Kuznets Curve were calculated and the first turning point was found to be 23.9 billion dollars, and the second one was 352 billion dollars. Findings indicate that in Mexico, the environment was heavily polluted until export reached 23.9 billion dollars; after that, environmental protection measures were taken to decrease pollution but these measures were again overlooked to take export above 352 billion dollars. In 2020, Mexico's export volume was 418 billion dollars; the fact that the country is now in the phase of swiftly polluting the environment is amongst significant findings of this study.

In Russia, N-shaped relations are present between both export and import and environmental pollution. When turning points of the export function were calculated, the first turning point was found to be 15.8 billion dollars and the second one was 125 billion dollars. For the import function, it was found that the turning points were at 27- and 213-billion-dollar levels. In this country, environmental pollution initially decreased thanks to the increasing foreign trade, then it increased and after a certain level, it again started to decrease

Based on findings from the study, China and Mexico continue to pollute the environment to increase export while Russia reduces pollution during foreign trade processes. It is considered that these results are based on the fact that China and Mexico export industrial products while Russia exports natural sources. This brings out the idea that a similar situation may apply to Brazil, Türkiye and Indonesia, which export agricultural products and natural sources and for which no significant relation was found between foreign trade and environmental pollution. For all developed and developing countries, in particular for China and Mexico, it must be prioritized in economic policies that they must protect the environment and not dispossess the next generations' right to live in a healthy environment only to accelerate economic growth. Furthermore, environmental pollution caused by a particular country does not only affect that country, but it can also cause harm to the whole world. This is why international organizations must intervene and take effective and deterrent measures.