

Türkiye’de Çevresel Düzenlemeler ve Ekonomik Büyümenin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkileri: Ampirik Bir Uygulama

Melike ATAY POLAT¹, Suzan ERGÜN²

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, ekonomik büyüme ve çevresel düzenlemelerin hava kirliliği üzerine etkilerini Türkiye ekonomisi için 1990-2015 yılları kapsamında araştırmaktır.

Yöntem: Çalışmada Yapısal Kırılmasız ADF Birim Kök Testi kullanılarak değişkenler için durağanlık sınaması yapılmıştır. Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinin belirlenmesinde birim kök testi sonuçları ARDL sınır testinin uygun olduğunu göstermiştir. Son olarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin araştırılmasında Frekans alanı nedensellik testinden yararlanılmıştır.

Bulgular: Sınır testi bulguları, değişkenler açısından uzun dönem ilişkisini ortaya koymuştur. Uzun dönem sonuçları, ekonomik büyümenin hava kirliliği üzerine pozitif etkisinin olduğunu göstermiş, buna karşılık çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısının hava kirliliği üzerine negatif etkisinin olduğu görülmüştür. Nedensellik testi sonuçlarına göre, hava kirliliği ile çevresel düzenlemeler arasında kısa dönemde ve orta dönemde çift yönlü nedensellik bulunmuştur. Hava kirliliğinin azaltılmasında çevresel düzenlemelerin kısa ve orta dönemde önemli bir etkisi vardır.

Özgünlük: Literatürde, Türkiye’de çevresel düzenlemelerin hava kirliliği üzerine etkisini analiz eden başka bir çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla, çevresel düzenlemelerin hava kirliliği üzerine etkisini Türkiye ekonomisi için analiz eden ilk çalışmadır. Ayrıca, hava kirliliği üzerine çevre ile ilgili teknolojilerin etkisi de araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çevre Kirliliği, Hava Kirliliği, Çevresel Düzenleme, Nedensellik Analizi.

JEL Kodları: Q53, Q56, Q58.

Impacts of Environmental Regulations and Economic Growth on Air Pollution in Türkiye: An Empirical Study

ABSTRACT

Purpose: In this study, the impact of the economic growth and the environmental regulations on air pollution were investigated in Turkish economy on the basis of the years 1990-2015

Methodology: In the study the stationarity test for the variables was performed using the ADF unit root test without structural break. The unit root test outcomes showed that the ARDL bounds test was appropriate in determining the long-term relationship between the variables. Finally, Frequency domain causality test were used to investigate the causality relationship between variables.

Findings: Boundary test findings revealed a long-term relationship between the variables. Long-term results have shown that economic growth has a positive effect on air pollution, whereas the number of patents related to environmental technologies has a negative effect on air pollution. According to the causality test findings, bidirectional causality was found between air pollution and environmental regulations in the short-term and mid-term. The environmental regulations have a significant impact on reducing air pollution in the short and mid-term.

Originality: There is no other paper in the literature that analyzes the effects of environmental regulations on air pollution in Türkiye. Therefore, this is the first paper to analyze the impact of environmental regulations on air pollution for the Turkish economy. In addition, the effect of environmental technologies on air pollution was also investigated.

Keywords: Environmental Pollution, Air Pollution, Environmental Regulation, Causality Analysis.

JELCodes: Q53, Q56, Q58.

¹ Doç. Dr., Mardin Artuklu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Mardin, Türkiye, matay@artuklu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9507-5942 (*Sorumlu Yazar-Corresponding Author*)

² Prof. Dr., İnönü Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Malatya, Türkiye, suzan.ergun@inonu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-84474-972X.

1. GİRİŞ

Atmosferde bir veya birden fazla kirleticinin, canlı yaşamına ve çevre kalitesine olumsuz etki eden süre ve miktarda bulunması hava kirliliği olarak ifade edilmektedir. Hava kirliliği, doğal ve antropojenik faktörler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Doğal faktörler özellikle kurak bölgelerde orman yangınları, toz fırtınaları, yanardağ patlamaları şeklinde hava kirliliğine önemli ölçüde katkıda bulunurken, bugün insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan hava kirliliği doğal kaynaklar sonucu ortaya çıkan hava kirliliğini aşmış durumdadır. Hava kirliliğinin ana kaynakları olan başlıca insan faaliyetleri motorlu taşıtlardan yakıt yakılması, ısı ve elektrik üretimi, endüstriyel tesislerin emisyonları, belediye ve tarımsal atık sahaları ve atık yakma sonucu ortaya çıkan salınımlar ve kirlenici yakıtlarla pişirme, ısıtma ve aydınlatma faaliyetleri şeklindedir. Hava kirliliğine kısa veya uzun süreli maruz kalmanın bir sonucu olarak olumsuz sağlık sorunları ortaya çıkabilir. En güçlü sağlık etkisi kanıtlanmış olan kirleneticiler; azot dioksit (NO₂), partikül madde (PM), ozon (O₃), ve kükürt dioksit (SO₂)'dir. Ortamdaki hava kirliliğinin çoğu yerel veya bölgesel faktörlerden kaynaklanmasına rağmen, bazı atmosferik koşullar altında hava kirliliği dört-altı günlük zaman diliminde ulusal sınırlar boyunca çok daha uzak mesafelere taşınabilmekte ve böylece asıl kaynağından uzak insanları da etkileyebilmektedir. Örneğin, Afrika, Moğolistan, Orta Asya ve Çin'in çöl bölgelerinden rüzgarla gelen tozlar, uzak bölgelerde sağlık ve hava kalitesini etkileyen büyük miktarda partikül madde, mantar sporu ve bakteri taşıyabilir. Bu nedenle, hava kirliliği yönetiminde yerel ve bölgesel çabaları tamamlayacak şekilde uluslararası akışları ve hava kirlenici kaynaklarını ele almak için küresel iş birliğine ihtiyaç vardır (WHO, 2022).

Son yıllarda özellikle küresel iklim ısınması ve kirliliğin insan sağlığı üzerindeki etkileri politik karar alma sürecinin merkezine hava kirliliğini getirmiştir. Sağlık Etkileri Enstitüsü (2020)'ne göre; 2019'da hava kirliliği, dünya çapında yeni doğan bebekler arasında yaşamlarının ilk ayında yaklaşık 500.000 ölüme neden olmuştur. Erken ölüm için dördüncü önde gelen risk faktörü olan hava kirliliği, 2019 yılında 6,67 milyon ölüm eklemiştir (küresel çapta ölümlerin sekizde biri). WHO'nun da vurguladığı gibi, hava kirliliği şu anda dünyanın en büyük çevresel sağlık riskidir. Gelişmiş ülkeler, özellikle Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri, hava kalitesini iyileştirmek için katı düzenlemeler uygularken, gelişmekte olan ülkeler genellikle daha zayıf çevresel düzenlemelerle yetinmektedir (Bagayev ve Lochard, 2017). Çevresel düzenlemeler ekonomi üzerinde bir engel olarak kabul edilir. Bununla birlikte, iyileştirilmiş çevresel kalite, daha sağlıklı bir iş gücü yaratarak aslında verimliliği artırabilir. Kanıtlar, hava kalitesindeki iyileştirmelerin tarım, imalat ve hizmet sektörleri de dahil olmak üzere bir dizi sektörde işçi verimliliğinde iyileşmelere yol açtığını göstermektedir (Neidell, 2017:1).

Bu çalışma Türkiye'de uygulanan çevresel düzenlemelerin hava kirliliği üzerine etkisini incelemiştir. Bu çerçevede, Türkiye'nin çevresel düzenlemelere yönelik uygulamalarında, çevresel politika katılımı endeksinden yararlanılmıştır. Çevresel kirlilik performansında ise hava kirliliği verisi olarak PM₁₀ emisyonu ele alınmıştır. Ayrıca, teknolojik faaliyetlerin bir verisi olarak çevre ile ilgili patent sayısı modele aracı değişken olarak eklenmiştir. Bu çalışmanın literatüre dört katkısı vardır. Birincisi, hızlı ekonomik büyümenin çevresel kirliliğe ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin anlaşılması sonucunda hava kirliliğinin azaltılmasında çevresel düzenlemelerin etkisini ampirik olarak test etmiştir. İkincisi, çevresel düzenlemelerin hava kirliliği üzerine etkisini Türkiye ekonomisi için analiz eden ilk çalışmadır. Üçüncüsü, *Çevresel Politika Katılımı Endeksi* Türkiye'de çevresel düzenlemeleri temsil etmek amacıyla kullanılmış ve böylece çevresel düzenlemeler ve hava kirliliği arasındaki ilişki Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinden yararlanılarak ampirik olarak ilk kez test edilmiştir. Dördüncüsü, hava kirliliği üzerine çevre ile ilgili teknolojilerin etkisi araştırılmıştır.

Çalışma beş bölümden oluşmuştur. Giriş bölümünden sonraki bölümde ekonomik büyüme, çevre ve çevresel düzenlemeler arasındaki ilişkiye değinilmiş sonrasında araştırmayla ilgili literatüre yer verilmiştir. Sonraki bölümde, ekonometrik analizde yöntem ve bulgular tartışılmıştır. Son bölüm ise, sonuç kısmına ayrılmıştır.

2. EKONOMİK BÜYÜME, ÇEVRE KALİTESİ ve ÇEVRESEL DÜZENLEME

Ekonomik büyüme ve çevre kalitesi arasındaki ilişki incelendiğinde iki uç noktada görüşlerin var olduğu görülmektedir. Bu kapsamda bazı bilim insanlarına göre, artan ekonomik faaliyetler daha fazla enerji ve malzeme girdisi gerektirir ve daha büyük miktarlarda atık ürünler üretir. Bu atık birikimi ve kirlenici madde konsantrasyonları çevresel kalitenin düşmesine ve insan refahında azalmaya neden olur. Bunlara göre çevreyi ve hatta ekonomik aktiviteyi kendisinden korumak için, ekonomik büyüme durmalı ve dünya istikrarlı bir ekonomiye geçiş yapmalıdır. Diğer uçta yer alan ve çevresel gelişme için en hızlı yolun ekonomik büyüme olduğunu iddia edenlere göre, daha yüksek gelir ile daha az malzeme yoğun olan mal ve hizmetlere olan talebin yanı sıra, çevresel kaliteye yönelik talep nedeniyle aralarında pozitif yönlü bir ilişki olduğu ifade edilmekte ve hatta bazıları, ekonomik büyümeyi azaltacak çevresel düzenlemelerin aslında çevresel kaliteyi

düşürebileceğini iddia etmektedirler. Diğer yandan ekonomik büyüme ile çevresel kalite arasındaki ilişkinin bir ülkenin kalkınma sürecinde pozitif veya negatif şeklinde sabit olmadığı ve gelir seviyesi ülke insanların daha etkin bir altyapı ve daha temiz bir çevre talep ettiği seviyeye ulaştığı zaman pozitiften negatife değişebileceği şeklinde ifade adlandırılmaktadır. Çevresel bozulma ve ekonomik büyüme arasındaki ima edilen ters-U ilişkisi, Kuznets'in öne sürdüğü gelir eşitsizliği ilişkisine benzetilerek Çevresel Kuznets Eğrisi olarak adlandırılmaktadır. Düşük gelir düzeyinde, çevresel bozulmanın hem miktarı hem de yoğunluğu sınırlıdır. Tarımsal üretimin artması, doğal kaynak çıkarımının yoğunlaşması ve sanayileşmenin hızlanması hem kaynakların tükenmesini hem de atık oluşumunu hızlandırmaktadır. Daha yüksek gelir seviyelerinde, bilgiye dayalı endüstrilere ve hizmetlere yönelik yapısal değişim, daha verimli teknolojiler ve artan çevresel kalite talebi çevresel bozulmaların sürekli olarak düşmesine neden olmaktadır (Panayotou, 2003: 45). Bu durum ekonomik büyümenin küresel sürdürülebilirlik için bir tehdit olmadığını ve büyümenin çevresel sınırlarının olmadığını ortaya koymaktadır.

Diğer yandan gelişmişlik düzeyi, sanayi sektörünün Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) içindeki payı ve sanayinin yapısı arasında oldukça yakın bir ilişki vardır. Düşük gelirli ülkelerde, sanayinin GSYH içindeki payı küçüktür (tarımdan daha az) ve sektöre tarımsal işleme ve hafif montaj hakimdir. Orta gelirli ülkelerde, sanayinin payı GSYH'nın üçte birine yaklaşmakta veya onu aşmaktadır ve sektöre ağır çelik, kağıt hamuru ve kağıt, çimento ve kimya endüstrileri hakimdir. Daha yüksek gelirli ülkelerde, sanayinin payı sabitlenmekte veya azalmakta ve sektöre karmaşık teknoloji endüstrileri (elektrikli makineler ve elektronikler gibi) ve hizmetler hakim olmaktadır. Endüstriyel emisyonlar, sanayi sektörünün büyüklüğüne, kimya ve ağır sanayilerin payına göre değişmektedir (Panayotou, 1993: 2).

Günümüzde özellikle gelişmekte olan ülkeler hızlı kentleşme, nüfus artışı ve sanayileşme faaliyetleri nedeniyle dünyanın en şiddetli hava, su ve katı atık sorunlarına ev sahipliği yapmaktadırlar. Çoğu ülkede bu sorunların çözümü için bir yandan geleneksel yaklaşımlara başvurulmasına, diğer yandan kirliliğin kontrol altına alınması için araştırmacılar ve politika yapıcılar tarafından alınacak önlemlerin etkinliğine ayrı bir önem gösterilmesine rağmen kişi başına düşen karbon emisyonunu düşük tutacak uygulanabilir bir politika reçetesi kümesi tam olarak mevcut değildir. Böyle olunca çevresel düzenlemeler ulusal ve uluslararası düzeyde önemli bir politika konusu haline gelmiştir. Özellikle düzenlemelerin sağlık ve çevresel faydalarının ekonomik maliyetlerine değip değmeyeceği, devam eden bir kamuoyu tartışmasıdır (Gayer, 2011: 5; Blackman, 2009: 1). Dünya Bankası (1992), çevresel bozulmanın altında yatan nedenleri ortadan kaldırmak için kendi başına yeterli olmayacak, ancak birlikte hayata geçirildikleri zaman etkili olacak iki geniş politika setini hayata geçirmeyi gerekli görmektedir. Bunlar:

- Politika başarısızlıklarını düzelterek ya da önleyerek, kaynaklara ve teknolojiye erişimi iyileştirerek ve eşit gelir artışını teşvik ederek kalkınma ve çevre arasındaki pozitif bağları kullanmaya çalışan politikalar,
- Karar vermede çevresel değerlerin tanınmasını güçlendirmek için gereken düzenlemeler ve teşviklerle belirli çevresel sorunlara yönelik politikalar şeklindedir.

Tablo 1'de çevresel kirliliği azaltmaya yönelik uygulanacak politikaların çevre kalitesinde meydana getireceği iyileşmenin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkilerine ve ekonomik olarak ortaya çıkaracağı pozitif sonuçlara yer verilmiştir. Buna göre; taşımacılık, enerji, sanitasyon, tarım ve şehir yaşamına dair alınacak politika tedbirlerinin sağlık açısından ve ekonomik açıdan avantajlar ortaya çıkaracağını anlaşılmaktadır.

Son olarak aynı endüstriyel yapıya sahip ülkeler eğer sermaye stokları ve üretim teknolojileri farklı kalite ya da farklı modelde ise, farklı seviyelerde endüstriyel emisyon ve atık üretebilirler. Modası geçmiş, eski veya bakımsız endüstriyel tesisler ve makineler enerji ve malzeme kullanımında daha az etkindirler ve bunun sonucunda yeni ve daha iyi korunan endüstriyel tesislerden daha yüksek düzeyde atık ve emisyon üretme eğilimindedirler. Kirlilik yoğunluğu veya çıktı birimi başına emisyonlar çevresel düzenlemelerin uygulanmasının sertliği ve yoğunluğundan fazla etkilenir. Diğer faktörler eşit olmak koşuluyla, gevşek kirlilik kontrol yönetmeliğine sahip olan ülkeler, çevreyi etkili bir şekilde kontrol eden ülkelere göre daha fazla endüstriyel emisyonla karşılaşmaktadır (Panayotou, 1993: 2-3).

Tablo 1. Kapsayıcı yeşil politikaların çoklu faydalarına örnekler

	<i>Çevresel Faydaları</i>	<i>Sağlık Faydaları</i>	<i>Ekonomik Faydaları</i>
<i>Taşımacılık</i> Yakıtlardaki sülfürü azaltmak için sıkı standartlar getirilmesi	Asit yağmuru olaylarında azalma, böylece daha az orman ve mahsulün zarar görmesi ve toprakların daha az asitlenmesi	Kalp ve damar, solunum, kanser gibi hastalıkların görülme sıklığının azalması	Bir karşılaştırma olarak, benzindeki kurşunun küresel ölçekte ortadan kaldırılması küresel GSYH'nın yaklaşık % 4'ü oranında ekonomik fayda sağlayacaktır.
<i>Tarım</i> Entegre peyzaj yönetimi	Biyçeşitliliğin korunması ve kritik ekosistem hizmetleri, hidroelektrik üretimi, iyileştirilmiş su kalitesi ve miktarı	Zayıf su kalitesi (örneğin ishal, vb.) ve/veya zayıf kişisel hijyen ile ilgili hastalıkların görülme sıklığının azalması	Su ile ilgili hastalıklardan sağlık maliyetlerinde azalma. Su havzası yönetiminin iyileştirilmesi nedeniyle düşük su ve sanitasyon maliyetleri.
<i>Şehirler</i> Bitki örtüsünün ve yeşil alanların artırılması	İyileştirilmiş hava kalitesi, azaltılmış ısı adası etkileri, azalan seller, engellenen kirleticiler	Aşırı hava koşullarına karşı gelişmiş insan direnci; azaltılmış stres ve zihinsel sağlık, dış mekanlarda fiziksel ve rekreasyonel aktivitelerin artması ve böylece obezitenin azalması	Artan mülk değeri, iklimlendirme maliyetlerinde azalma.
<i>Enerji</i> Temiz enerji temini ve enerji verimliliğinin artırılması	İyileştirilmiş hava kalitesi	Azalan hava kirliliği ile ilgili hastalıklar (örneğin solunum yolu hastalıkları)	2030 yılına kadar yenilenebilir enerji payının iki katına çıkarılması, küresel % 1,1 GSYİH artışı ve 24 milyon iş sağlayacaktır.
<i>Sanitasyon</i> Altyapının sağlanması	İyileştirilmiş su kalitesi	Çeşitli hastalıklarda hastalanma ve ölüm oranının azalması	1 ABD Doları'nın temiz suya ve sanitasyona yatırılması, bölgeye bağlı olarak, 3 ABD doları ile 34 ABD doları arasında bir ekonomik getiri sağlar.

Kaynak: UNEP (2016: 8)

3. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde ekonomik büyüme ve çevresel bozulma arasındaki ilişki ÇKE bağlamında ele alınmıştır. Bu kapsamda öncü çalışma olan ve NAFTA'nın çevresel etkisinin incelendiği çalışmada Grossman ve Krueger (1991: 353) ÇKE hipotezini destekleyen sonuçlar elde etmişlerdir. Kişi başına gelir düzeyinin düşük seviyelerinde çevre kirliliğinin artacağı ancak belli bir gelir düzeyine ulaşıldıktan sonra ölçek etkisi, kompozisyon etkisi ve teknik etkiler sonucunda GSYH artışının çevresel kirliliğin azalmasına neden olacağı belirtilmiştir. Çalışmada ticari serbestleşmenin çevresel etkisinin yalnızca politika değişikliğinin ekonomik faaliyetin ölçüğü üzerindeki etkisine bağlı olmayacağı aynı zamanda ekonomik faaliyetin sektörler arası bileşiminde ve mal ve hizmet üretmek için kullanılan teknolojilerde meydana gelen değişimlere bağlı olacağı ifade edilmiştir. Diğer yandan Grossman ve Krueger (1995) kişi başına gelir ve çeşitli çevresel göstergeler arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Sonuçlar ekonomik büyümeyle birlikte çevresel kalitenin istikrarlı bir şekilde bozulduğuna dair hiçbir kanıt sunmamıştır. Aksine, ekonomik büyümenin ilk olarak bozulma aşamasını ve ardından bir iyileşme aşamasını getirdiğini, farklı kirleticiler için dönüm noktalarının değişken olduğunu ancak çoğu durumda kişi başına 8000 doların dönüm noktası olduğunu ortaya koymuştur. Ekins (1997) çevresel kalite ve gelirin belirli göstergeleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. ÇKE ilişkisine dair kesin kanıtların çok yetersiz olduğunu ve ÇKE ilişkisinin olabileceği yerlerde bile, dünya nüfusunun çoğunun hala artan eğri bölümünde bulunduğu ve bunun temelinde gelirdeki büyümenin önemli ölçüde çevresel hasara yol açabileceği ve en zengin ülkelerde bile çevre kalitesinin gözden geçirilmesinin azaldığını ifade etmiştir. Roca ve diğerleri (2001) İspanya'daki ekonomik büyüme ve atmosfer kirliliği arasındaki ilişkiyi ele almıştır. Çalışmada çevresel uygunluklarına ve veri kullanılabilirliklerine göre seçilen altı kirleticinin (metan (CH₄), karbon dioksit (CO₂), azot oksit (NO_x), kükürt dioksit (SO₂), azot oksit

(N₂O) ve metanik olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC)) yıllık emisyonları incelenmiş ve yalnızca SO₂'nin kademeli eğiliminin ÇKE hipotezi ile tutarlı olduğu görülmüştür. Dinda ve diğerleri (2000) 1979-1990 dönemi için düşük, orta ve yüksek gelirli olarak sınıflandırılmış 33 ülkeden veri seti kullanarak ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar ÇKE ilişkisini desteklemiştir. Diğer yandan Orubu ve Omotor (2011), 47 ülkeye ait 1990-2002 dönemi verilerini kullanarak GSYH ile askıya alınmış partikül madde ve organik su kirleticileri arasındaki ilişkiyi Afrika ülkeleri için ele almışlardır. Yapılan analiz sonucunda kişi başına gelir ile askıya alınmış partikül madde arasında ters U şeklinde ilişki olduğuna dair kanıtlar bulunmuştur. Ayrıca organik su kirleticileri için altı ülkeye ait 1980-2002 dönemi verileri kullanılmış ve aralarında pozitif ilişki olduğuna dair kanıtlar elde edilmiştir.

Çevresel düzenlemelerin hava kalitesi üzerindeki etkilerini tahmin etmek için yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, özellikle uzun vadeli sosyal, ekonomik ve çevresel faydalarla ilişkili olan etkili politikaların geliştirilmesinde büyük öneme sahiptir. Bu kapsamda literatür incelendiğinde Ouyang ve diğerleri (2019) 1998-2015 dönemi için otuz OECD ülkesinde çevresel düzenlemelerin ve ekonomik büyümenin PM_{2.5} üzerindeki doğrusal olmayan etkilerini panel eşik modeli kullanarak incelemişlerdir. Analiz sonuçları çevre politikası sıklığındaki artışla birlikte PM_{2.5} emisyonlarının ilk önce arttığını, sonrasında önemli bir korelasyon göstermediğini ve mevcut eğilimlerin devam etmesi durumunda emisyonlarda bir düşüşün beklenebileceğini; kişi başına GSYH eşik değişkeni olarak kullanıldığında her üç faz seviyesinde de anlamlı negatif korelasyonların ortaya çıktığını ve ekonomik büyümenin hava kirliliğinin azaltılmasına yol açtığını; hava sektörüne yapılan devlet harcamalarının PM_{2.5} konsantrasyonları ile birlikte arttığını, artan hizmet ekonomisinin kirliliği azaltabileceğini ve kentleşme ile hava kirliliği arasında tersine çevrilmiş U şeklinde bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bir başka çalışmada Hao ve diğerleri (2018) Çin için çevresel düzenlemelerin çevresel performans üzerindeki etkilerini GMM yöntemi ile analiz etmişlerdir. Bu amaçla 2003-2010 dönemi için 283 Çin kentinin şehir düzeyindeki panel verileri ve çevresel kalite göstergeleri (endüstriyel atık su deşarjı, endüstriyel SO₂ emisyonları ve endüstriyel kurum emisyonları) kullanılmıştır. Elde edilen bulgular mevcut çevresel kontrol önlem ve düzenlemelerinin kirliliği kontrol etmek ve azaltmak için istenen hedefe ulaşmadığını, çevre düzenlemesinin etkinliğinin oldukça sınırlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca yalnızca kurum emisyonlarının çevresel kontrol önlemleri ile etkin bir şekilde azaltıldığı; diğer iki kirletici madde açısından çevre düzenlemesinin önemli ölçüde daha düşük emisyonlara veya deşarjlara yol açmadığı; doğrudan yabancı yatırımın Çin'de çevre üzerindeki etkisinin olumsuz olduğu ve "Kirlilik Cenneti" hipotezi için kanıtlar mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada Bagayev ve Lochard (2017) gelişmiş ülkelerde uygulanan sıkı çevresel düzenlemelerin gelişmekte olan ve yükselen ülkelerde hava kirliliği sorunlarını arttırıp arttırmadığını incelemişlerdir. 27 AB ithalatçısı ülke ve 11 Doğu Avrupa ihracatçısı ülkeye ait 1999-2012 dönemi için ikili ticaret verilerini kullanarak yapılan analiz sonucunda elde edilen bulgular AB ülkelerinde daha sıkı hava kirliliği düzenlemelerinin, ECA ülkelerinden kirlilik yoğunluğu yüksek sektörlerde ithalatlarını nispeten daha fazla artırdığını göstermiştir. Çalışma AB hava kalitesi düzenlemesinin ECA ülkelerinde kirletici ihracat faaliyetini desteklediğine dair sağlam kanıtlar sunmuştur. Mazhar ve Elgin (2013) 2007-2010 dönemi için yüzden fazla ülkeden oluşan bir veri seti kullanarak sıkı bir çevre düzenlemesi kirliliği nasıl etkilemektedir? Çevre düzenlemesinin katılımı ile kayıt dışı ekonominin büyüklüğü arasındaki bağlantı nedir? Kayıt dışı ekonomi, resmi sektör kirliliğini nasıl etkilemektedir? sorularına yanıt aramıştır. Bulgular sıkı bir çevre düzenlemesinin kirliliği azalttığını ve kayıt dışı ekonominin boyutunu artırdığını ortaya koymuştur.

Çin için yapılan çalışmalardan Stoerk (2018) Çin'in ilk ciddi hava kirliliği kontrol politikasının etkinliğini ve maliyetini değerlendirmiştir. Sonuçlar uygulanan politikanın hava kirliliğini amaçlandığı gibi yüzde on bir oranında azalttığını göstermiştir. Wang ve diğerleri (2017) Çin'deki PM_{2.5} kütle konsantrasyonunun ve bileşenlerinin yer ve zamana göre dağılımını ve kontrol önlemlerinin PM_{2.5} konsantrasyonları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Uygulanan önlemlerin sırasıyla PM_{2.5}, kükürt dioksit (SO₂) ve azot oksitlerin (NO_x) ulusal emisyonlarının sırasıyla 2005, 2006 ve 2011'den beri azalttığı, son on yılda uygulanan emisyon kontrol politikalarının PM_{2.5} konsantrasyonlarında gözle görülür bir düşüşe neden olabileceği ancak 2010'dan önce yayınlanan kontrol politikalarının gelecekte PM_{2.5} hava kalitesini iyileştirmek için yetersiz olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Li ve diğerleri (2017) Çin'de hava kalitesi üzerinde hava kirliliği düzenlemelerinin etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar hava kirliliği düzenlemelerinin hava kalitesinde kısa vadeli ve önemli bir gelişme sağladığını ampirik olarak desteklemiştir. Tanaka (2015) 1991-2000 dönemi için Çin'de hava kirliliği üzerine uygulanan çevresel düzenlemelerin bebek ölümleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bulgular uygulanan düzenlemeler sonucunda "İki Kontrol Bölgesi" olarak adlandırılan tedavi kentlerinde bebek ölüm oranının yüzde yirmi düştüğünü göstermiştir. Ma ve diğerleri (2019) 2005-2017 dönemi için Çin'de hava kirliliği kontrol politikalarının PM_{2.5} kirliliğinin iyileştirilmesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlar Enerji Tasarrufu ve Emisyon Azaltma (ECER) politikasının PM_{2.5} azaltmalarında yararı olduğunu ortaya koymuştur. Zhao ve diğerleri (2013) Çin'de NO_x and SO₂ kontrol politikalarının partikül madde kirliliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar hem NO_x hem de SO₂ kontrollerinin Çin'deki partikül madde kirliliğini bir dereceye kadar hafifletebileceğini göstermiştir.

Oh ve diğerleri (2019) Kore için hava kirleticilerini veya sera gazlarını azaltma politikalarının ekonomik etkilerini ve bu politikalar arasındaki etkileşimi gözlemlemek için statik hesaplanabilir bir genel denge modeli geliştirmişlerdir. Sonuçlar, 2022'de PM_{2.5} emisyonlarının % 30 oranında azaltılmasının, sera gazı emisyonlarının % 22,8 düşmesine yol açacağını; 2030 yılına kadar % 32,5 altında olan yerli sera gazı azaltma hedefine ulaşıldığında PM_{2.5} emisyonlarının % 32,8 oranında azaltılacağını; hava kirleticilerinden ve sera gazı azaltımından elde edilen faydaların toplamının maliyetlerden 0,4 ila 1,2 kat daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Bir diğer çalışmada Lee ve diğerleri (2018) Güney Kore'de uygulanan 2005 Temiz Hava Yasası'nın hava kirliliğini ve bebek sağlığını ne ölçüde etkilediğini incelemişlerdir. Bulgular düzenlemenin hava kirletici maddelerini önemli ölçüde azalttığını ve bunun sonucunda bebek ölüm oranlarında düşüşe yol açtığını göstermiştir. Hava kirletici kontrol politikalarının gelecekteki PM_{2.5} konsantrasyonları üzerindeki etkisini araştıran Cai ve diğerleri (2018) 2030 için 2013 emisyon envanterine dayanan dört gelecek senaryosu geliştirmiş ve her senaryo için hava kalitesi simülasyonları yapmışlardır. Sonuçlar enerji tasarrufu politikalarının ve kontrol önlemlerinin büyük hava kirletici emisyonlarının azalmasına ve hava kalitesinin iyileştirilmesine yol açabileceğini göstermiştir. Greenstone ve Hanna (2014) Hindistan'da 1986-2007 dönemi hava kirliliği, su kirliliği, çevre düzenlemeleri ve bebek ölümleri verilerinden oluşan kapsamlı veri setini kullanarak Hindistan'ın çevre düzenlemelerinin etkinliğini incelemişlerdir. Bulgular hava kirliliği düzenlemelerinin ortamdaki partikül madde, kükürt dioksit ve azot dioksit konsantrasyonlarını azaltmada etkili olduğunu; en başarılı hava düzenlemesinin bebek ölümlerinde ılımlı ama istatistiksel olarak anlamsız bir düşüşe yol açtığını; su düzenlemelerinin ölçülebilir faydalarının olmadığını göstermiştir. Cole (2004) 1990-1998 dönemi veri setini kullanarak Birleşik Krallık için imalat sektöründe endüstriyel faaliyet, çevre düzenlemeleri ve hava kirliliği arasındaki bağlantıları incelemişlerdir. Bulgular kirlilik yoğunluğunun enerji kullanımının, fiziksel ve beşeri sermaye yoğunluğunun pozitif bir fonksiyonu olduğunu; bir sektördeki ortalama firma büyüklüğünün, bir endüstrinin verimliliğinin ve endüstrinin sermaye ile araştırma geliştirmeye yaptığı harcamaların negatif bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir. Ayrıca hem resmi hem de resmi olmayan çevre düzenlemelerinin kirlilik yoğunluğunu azaltmada başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özetle ekonomik büyüme ve çevresel kirlilik arasındaki çalışmaların çoğunda ÇKE hipotezini destekleyen sonuçların elde edildiği görülmektedir. Diğer yandan çevresel düzenlemelerin kirlilik üzerindeki etkilerini araştıran literatür incelendiğinde sonuçların karışık olduğu görülmektedir.

Bu çalışma çevresel düzenlemelerin ve çevre ile ilgili teknolojilerin hava kirliliği üzerine etkisini Türkiye ekonomisi için analiz ederek literatürdeki çalışmalardan ayrılmaktadır.

4. VERİ ve MODEL

Bu çalışmada hava kirliliği verisi kişi başı partikül madde (PM₁₀-kg olarak) verisi alınmıştır. Ekonomik büyüme göstergesi kişi başı GSYH (dolar cinsinden) verisidir. Çevresel düzenleme verisi ise çevresel politika katılımı endeksi (ÇEDÜZ)'dir. Son olarak, çevre ile ilgili teknolojileri temsil etmek için patent sayısı (Teknoloji-sayı olarak) aracı değişken olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çevresel politika katılımı endeksi ve kişi başı partikül madde verileri OECD (2022)'den ve kişi başı GSYH verisi Dünya Bankası'ndan elde edilmiştir. Araştırma yöntem açısından zaman serileri analizi ile sınırlıdır. Mekân açısından Türkiye için sınırlıdır. Araştırma, zaman açısından ise 1990-2015 yılları ile sınırlıdır. Bu veri aralığının alınmasının temel sebebi, çevresel politika katılımı endeksinin 1990 yılından başlaması ve 2015 yılında son bulmasıdır. Ayrıca, tüm veriler doğal logaritması alınarak analize dahil edilmiştir.

ÇKE hipotezinin test edilmesinde literatürde (Grossman ve Kruger, 1991; Shafik ve Bandyopadhyay, 1992; Panayotou, 1993; Selden ve Song, 1994; Cole ve diğerleri, 1997; Kaufman ve diğerleri, 1998; Dinda ve diğerleri, 2000; Stern ve Common, 2001; Coondoo ve Dinda, 2002; Cole, 2004; Egli, 2004; Halicioglu, 2008; Akbostancı ve diğerleri, 2009; Acaravcı ve Ozturk, 2010; Wang ve diğerleri, 2011; Saboori ve diğerleri, 2012; Shahbaz ve diğerleri, 2013) bağımlı değişken olarak karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), azot oksit (NO_x), kükürt dioksit (SO₂) ve partikül madde (PM₁₀ ve PM_{2.5}) gibi hava kirliliği göstergeleri kullanılmaktadır. Ayrıca partikül madde en önemli hava kirleticilerinden birisidir. Partikül madde, bireylerin kömür gibi fosil yakıt kullanım faaliyetlerinden, hammadde tüketiminden ve ulaşımdan kaynaklanan kirliliğe katkıda bulunmaktadır.

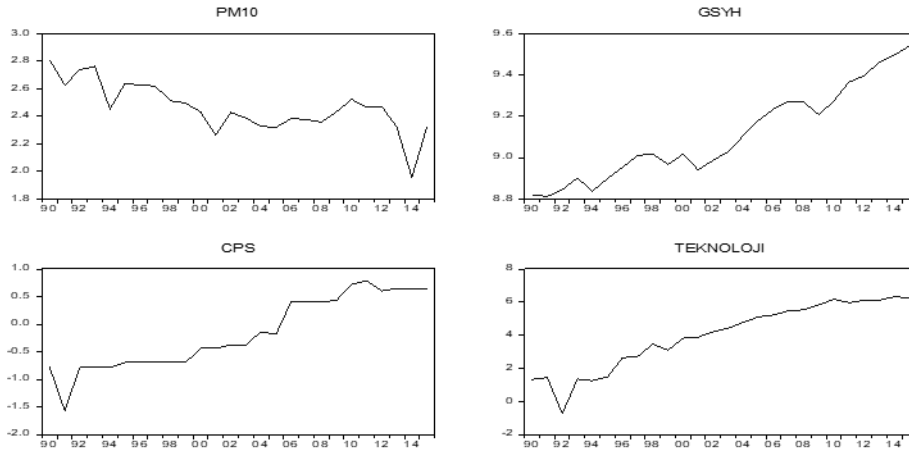
Bağımsız değişkenler arasında ise ekonomik büyüme göstergesi olarak kişi başına GSYH, GSYH, GSMH gibi değişkenler yapılan çalışmalarda sıklıkla yer almaktadır. Çevresel düzenleme göstergesi ile teknolojik faaliyetlerin bir göstergesi ise Ouyang ve diğerleri (2019)'nin çalışmasından seçilmiştir. Çevresel Politika Katılımı Endeksi, çevresel düzenlemeleri temsil etmek amacıyla kullanılmıştır. Çevresel Politika Katılımı Endeksi, çevre politikası katılımının ülkeler bazında ve uluslararası düzeyde karşılaştırılabilir bir ölçümünü yapmaktadır. Çevresel Politika Katılımı Endeksi, çevreyi kirleten veya zarar veren davranışları vazgeçirmek amacıyla açık veya örtük fiyat koyan çevresel politikaların derecesi olarak tanımlanmaktadır. Endeks, 0 (katı değil) ile 6 (en yüksek katılım derecesi) arasında değerler almaktadır. Endeks, iklim ve hava

kirliliği ile ilgili on dört çevresel politika göstergesini içerdiğinden dolayı çevresel düzenlemelerin hava kirliliğine etkisini incelemek için uygun bir değişkendir. Ayrıca, çevresel düzenlemelerin girişimcilerin çevresel farkındalıklarını artırdığı ve çevre ile ilgili teknolojilerin gelişmesine katkı sunduğu yönünde görüşler de vardır. Bundan dolayı, modele teknolojik faaliyetlerin bir göstergesi olan çevre ile ilgili patent sayısı değişkeni de eklenmiş ve bu değişken ile PM₁₀ emisyonu arasında negatif bir ilişki beklenmiştir. Eşitlik 1'de kullanılan ekonometrik model verilmektedir.

$$\ln PM_{10t} = \alpha + \beta_1 \ln GSYH_t + \beta_2 \ln \text{ÇEDÜZ}_t + \beta_i \ln \text{Teknoloji}_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

5. EKONOMETRİK YÖNTEM VE BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada ilk olarak değişkenlerin durağan olup olmadıklarını test etmek amacıyla yapısal kırılmasız birim kök testlerinden yararlanılmıştır. İkinci aşamada ise, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi tespit etmek amacıyla ARDL sınır testi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi ise, frekans alanı nedensellik analizi ile incelenmiş, takiben bulgulara yer verilerek bir değerlendirme yapılmıştır. Şekil 1, analizde kullanılan değişkenlerin 1990-2015 dönemine ait gelişimini göstermektedir. Şekil 1'e göre değişkenler analiz edildikleri dönem içerisinde PM₁₀ hariç genellikle artış eğilimi göstermektedir.



Şekil 1. Değişkenlerin 1990-2015 dönemindeki logaritmik değerlerinin gelişimi

5.1. Analizde Yer Alan Değişkenler İçin Durağanlık Testleri

Değişkenlerin durağan hale getirilmelerinin amacı, durağan olmayan serilerle yapılacak analizlerin sahte regresyon sonuçlarına yol açmasıdır. Bu çalışmada analizde yer alan değişkenler için durağanlık sınaması, yapısal kırılmaları dikkate almayan Dickey-Fuller (ADF, 1981) ve yapısal kırılmaları dikkate alan Zivot-Andrews (1992) birim kök testleri ile incelenmiştir. Dickey-Fuller (DF, 1979) testinin geliştirilmesiyle türetilen ADF testinde H₀ hipotezi serinin durağan olmadığı yani birim kök içerdiği şeklinde kurulurken, H₁ hipotezi serinin durağan olduğu yani birim kök içermediğine işaret etmektedir. Tablo 2'de sabit ve trend durumunda serilerin ADF testi sonuçlarına yer verilmektedir.

Tablo 2. ADF birim kök testi sonuçları

Değişkenler	ADF (Düzey)	ADF (Birinci Farklar)
PM ₁₀	-3.87(0) [0.0288]**	-6.53(0) [0.0001]***
GSYH	-1.99(0) [0.5732]	-5.00(0) [0.0027]***
ÇEDÜZ	-4.64(0) [0.0056]***	-10.89(0) [0.000]***
Teknoloji	-1.93(1) [0.6071]	-3.97(5) [0.0286]**

Not: *** ve ** sembolleri sırası ile %1 ve %5 anlam düzeyleri için serilerin durağan olduklarını açıklamaktadır. Schwarz bilgi kriterine göre optimal gecikme uzunluğu parantez içinde yer alan değerlerle gösterilmektedir. Olasılık değerlerine köşeli parantez içinde yer verilmektedir.

Tablo 2'ye göre sabit ve trendli modellerde PM₁₀ ve ÇEDÜZ değişkenleri hem düzeyde hem de birinci farkında durağandır. Ancak, sabit ve trendli modellerde GSYH ve teknoloji değişkenleri düzeyde durağan değildir. Bu değişkenlerin birinci farkı alındığında ise, durağan hale gelmektedirler.

5.2. Eşbütünleşme İçin Sınır Testi

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin tespit edilmesi amacıyla çeşitli eşbütünleşme testleri kullanılmaktadır. Bunlardan en bilinenleri ve literatürde sıklıkla kullanılanları Engle-Granger (1987), Johansen (1988) ve Johansen-Juselius (1990) eşbütünleşme testleridir. Bu testlerin kullanılabilmesi için düzeyde durağan bulunmayan serilerin farkı alındığında durağan olması yeterlidir. Bu çalışmada seriler farklı dereceden bütünlük oldukları için seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinde ARDL Sınır testinden yararlanılmıştır.

ARDL sınır testi, I(0) ve I(1) gibi farklı düzeylerde birim kök içermeyen seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca ARDL eşbütünleşme testi, değişkenlere ait uzun ve kısa dönem katsayılarının tahmin edilmesi ve örneklem hacminin küçük olması durumunda bile güçlü sonuçlara ulaşılmaya imkân verebilmektedir (Pesaran ve diğerleri, 2001). Çalışma kapsamında ARDL modeli olarak kurulan denklem Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$\Delta PM_{10} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta PM_{10,t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{2i} \Delta GSYH_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{3i} \Delta \text{ÇEDÜZ}_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{4i} \Delta \text{Teknoloji}_{t-i} + \gamma_1 PM_{10,t-1} + \gamma_2 GSYH_{t-1} + \gamma_3 \text{ÇEDÜZ}_{t-1} + \gamma_4 \text{Teknoloji}_{t-1} + u_t \quad (2)$$

Eşitliklerde Δ işareti değişkenlerin birinci farkını ifade etmektedir. α_0 sabit terimi, u_t hata terimini ifade etmektedir. Ayrıca, kısa dönem katsayıları $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ve α_4 iken, uzun dönem katsayıları $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ ve γ_4 ile temsil edilmektedir. Modelde yer alan m ise optimal gecikme uzunluğudur.

F istatistiği Pesaran ve diğerleri (2001)'nde yer alan tablo değerlerinden bulunan alt ve üst sınır değerleri ile kıyaslanmakta ve test istatistiğinin üst sınırı aşması halinde değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiden bahsedilebilmektedir (Sinha ve Shahbaz, 2018). ARDL modelinin uygulamasında, ilk olarak uygun gecikme uzunluğu belirlenmektedir. Bunun için Schwarz-Bayesian, Hannan-Quinn ve Akaike şeklindeki kritik değerlerden yararlanılmaktadır. Ayrıca tahmin edilen ARDL modelinde normal dağılım, otokorelasyon ve değişen varyans gibi tanısallık testlerinden olumlu sonuçların alınması halinde değişkenler açısından uzun ve kısa dönem ilişkilerinin gösterildiği katsayılar için yapılan yorumlar anlamlı hale gelmektedir.

Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisine dair ARDL sınır testi sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır. F istatistik değeri üst kritik tablo değerlerinden büyük olduğu için değişkenler arasında uzun dönem ilişkisinden bahsedilebilir. ARDL sınır testi ile değişkenler açısından eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinin ardından kısa ve uzun dönem katsayıların tahmin edilmesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca, tahmini yapılan modelde ardışık bağımlılık LM testi kullanılarak araştırılmıştır. Ramsey testi ise model kurma hatasının varlığı konusunda bilgilendirmektedir. Jarque-Bera testinde hata terimleri için normal dağılımın olup olmadığı araştırılmaktadır. Hata terimleri için değişen varyans durumu ise White testinden anlaşılmaktadır.

Tablo 3. ARDL sınır testine ilişkin sonuçlar

Modeller	Değerler	
ARDL gecikme uzunluğu	[4,4,0,4]	
Max. gecikme uzunluğu	4	
SCI optimal gecikme uzunluğu	4	
F-istatistiği	6,56**	
Pesaran ve diğerleri (2001) kritik tablo değerleri: Kısıtsız sabitli-kısıtlı trend		
Anlamlılık düzeyi	Alt I(0)	Üst I(1)
1%	4,29	4,68
5%	3,23	3,79
10%	2,72	3,35

Not: ***, ** ve * sembolleri %1, %5 ve %10 düzeyi için anlamlılıkla açıklanmaktadır.

Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin ortaya çıkması sonucunda ARDL modeline ait değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki incelenmiştir. Bu kapsamda kurulan ARDL modeli Eşitlik 3'teki gibidir. Tablo 4'te, ARDL uzun dönem katsayı tahminlerine dair sonuçlar bulunmaktadır.

$$PM_{10,k} = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1,i} GSYH_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_{2,i} \text{ÇEDÜZ}_{t-i} + \sum_{i=0}^s \beta_{3,i} \text{Teknoloji}_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Tablo 4. ARDL uzun dönem katsayı tahminine ilişkin sonuçlar

Panel A: Değişkenler	Değerler
C	-4.12
GSYH	0.79***

ÇEDÜZ	0.04
Teknoloji	-4.12***
<hr/>	
<i>Panel B: Tanısal Testler</i>	<i>Değerler</i>
R^2	0.945
Düzeltilmiş- R^2	0.809
F-istatistiği	6.956**
Breusch-Godfrey LM testi	2.370 (0.318)
White testi	1.127 (0.471)
J-B normallik testi	0.103 (0.949)
Ramsey RESET testi	3.269 (0.130)

Not: *** ve ** sembolleri sırası ile %1 ve %5 düzeyi için anlamlılığı açıklamaktadır. Olasılık değerleri parantez içindeki değerlerle gösterilmektedir.

Tablo 4’te yer alan ARDL uzun dönem katsayı tahmin sonuçlarına göre; GSYH değişkenine ait katsayı pozitif ve istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Yani, GSYH’da meydana gelen %1’lik bir artış uzun dönemde PM10’u %0,79 artırmaktadır. ÇEDÜZ değişkenine ait katsayı pozitif bulunmuş ancak istatistiki olarak anlamlı değildir. Teknoloji değişkenine ait katsayı ise negatif ve istatistiki olarak anlamlıdır. Yani, çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısında ortaya çıkan %1’lik artış uzun dönemde PM10’u %4,12 azaltmaktadır. Son olarak tanısal test sonuçları modelin uygunluğunu, normal bir dağılım gösterdiğini, otokorelasyon ve değişen varyans sorunu içermediğini ortaya koymuştur.

Uzun dönemli katsayıların tahmininin ve yorumunun ardından, hata düzeltme modeli vasıtasıyla kısa dönem katsayıların tahmini yapılmıştır. Çalışmada kullanılan regresyon denkleminde hareketle hata düzeltme modeli Eşitlik 4’te yer almaktadır.

$$\Delta PM_{10t} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1,i} \Delta PM_{10t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{2,i} \Delta \text{ÇEDÜZ}_{t-i} + \sum_{i=0}^m \alpha_{3,i} \Delta \text{Teknoloji}_{t-i} + \alpha_5 \text{ECM}_{t-1} + v_t \quad (4)$$

Denklemden yer alan Δ fark işlemcisi, v_t hata terimleri ve ECM_{t-1} hata düzeltme terimleridir. Bu terimin katsayısı negatif ve istatistiki açıdan anlamlı bulunursa değişkenler açısından uzun dönemli ilişkinin mevcut olduğuna ilişkin bir kanaat oluşmaktadır. Tablo 5, ARDL kısa dönem katsayısına ilişkin sonuçları açıklamaktadır.

Tablo 5. ARDL kısa döneme ilişkin sonuçlar

<i>Panel A: Değişkenler</i>	<i>Değerler</i>
ΔGDP	0,156
$\Delta \text{ÇEDÜZ}$	0,097
$\Delta \text{Teknoloji}$	-0,270**
ECT (-1)	-1,986***

Not: *** ve ** sırası ile %1 ve %5 düzeyinde anlamlılıkla yorumlanır.

Tablo 5 için ARDL kısa dönem katsayı tahminlerine göre; GSYH ve ÇEDÜZ değişkenlerine ait katsayılar pozitif bulunmuştur ancak istatistiki olarak anlamlı değildir. Teknoloji değişkenine ait katsayı ise negatif ve istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Yani, çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısında ortaya çıkan %1’lik artış, kısa dönemde PM10’u %0,270 azaltmaktadır. Son olarak hata düzeltme terimi katsayısı istatistiki olarak anlamlı ve negatif bulunmuştur. Buna göre, değişkenler arasında uzun dönem ilişki mevcuttur.

5.3. Frekans Alanı Nedensellik Testi

Bu çalışmada değişkenlerin nedensellik ilişkisinin araştırılmasında nedensellik ilişkilerinin dönemlere ayrılmasıyla test edilmesine imkân sunan Breitung ve Candelon (2006)’ya ait frekans alanı nedensellik testi kullanılacaktır. Frekans alanı nedensellik testini diğer geleneksel nedensellik testlerinden ayıran temel özellik, değişkenler arasında nedensellik ilişkisini zaman içerisindeki farklı frekanslar için vermesidir. Yani, frekans alanı nedensellik testinde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi tüm dönemi dikkate alarak ve dönemleri kısa, orta ve uzun dönem şeklinde ayırarak irdelenmektedir. Frekans nedensellik testinde uzun dönem frekansları 0,01- 0,05, orta dönem frekansları 1,00-1,50 ve kısa dönem frekansları 2,00-2,50 şeklinde oluşturulmaktadır (Eren ve diğerleri 2018). Breitung ve Candelon (2006) ε_t ’yi beyaz gürültü olarak varsaymaktadır ve $E(\varepsilon_t) = 0$ ve $E(\varepsilon_t, \varepsilon_t') = \Sigma$ şeklindedir. Nedensellik ölçüsünde geleneksel F testinden yararlanılabilmektedir. Test prosedürü (2, T-2p) serbestlik derecesi ile F dağılımına sahip olmaktadır (Bayat ve diğerleri, 2013). Tablo 6’da bu teste ait sonuçlara yer verilmiştir.

Tablo 6. Breitung ve Candelon (2006) frekans alanı nedensellik test sonuçları

<i>Nedensellik Yönü</i>	<i>Uzun dönem</i>	<i>Orta Dönem</i>	<i>Kısa Dönem</i>
ω_i			

	0,01	0,05	1,00	1,50	2,0	2,50
PM ₁₀ ≧ GSYH	0,867	0,867	0,881	0,882	0,843	0,823
PM ₁₀ ≧ ÇEDÜZ	6,012*	6,012*	6,026*	6,052*	6,059*	6,060*
PM ₁₀ ≧ Teknoloji	1,149	1,150	1,601	2,638*	3,130*	2,576
GSYH≧ PM ₁₀	1,578	1,580	1,891	0,807	0,246	0,101
GSYH≧ ÇEDÜZ	2,008	2,017	5,631*	4,763*	4,100*	3,814*
GSYH≧ Teknoloji	2,820*	2,820*	2,645*	1,720	0,540	0,562
ÇEDÜZ≧ PM ₁₀	0,323	0,321	0,757	4,948*	7,151*	7,319*
ÇEDÜZ≧ GSYH	6,764*	6,765*	6,453*	4,500*	2,085	2,132
ÇEDÜZ≧ Teknoloji	1,253	1,252	1,122	1,055	1,335	1,537
Teknoloji≧ PM ₁₀	0,367	0,364	0,800	4,235*	5,402*	5,529*
Teknoloji≧ GSYH	1,641	1,640	1,090	0,273	0,543	1,254
Teknoloji≧ ÇEDÜZ	1,053	1,051	0,631	0,903	1,040	1,093

Not: (2, T-2p) serbestlik derecesi için F tablo değeri %10 önem seviyesinde yaklaşık 2,59 olarak tespit edilmiştir. 0 ve $\pi.\omega \in (0, \pi)$ arasında yer alan her frekans alanı (ω_i) için.

Tablo 6'da bulunan Frekans alanı nedensellik testi bulgularına göre PM₁₀'nun çevresel düzenlemelerin nedeni olmadığı sıfır hipotezi reddedilmektedir. Yani, PM₁₀ ve çevresel düzenlemeler arasında kısa dönem ve orta dönem için çift yönlü nedensellik bulunmuşken, uzun dönem nedensellik tek yönlüdür. PM₁₀ ve çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısı arasında kısa dönemde ve orta dönemde çift yönlü nedensellik vardır. Kişi başı GSYH ve çevresel düzenlemeler arasında orta dönemde nedensellik çift yönlü iken, uzun dönem ve orta dönem için bu ilişki tek yönlüdür. Kişi başı GSYH'dan çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısına doğru uzun dönemde ve kısa dönemde tek yönlü nedensellik vardır. Ayrıca, PM₁₀'dan kişi başı GSYH'ya, kişi başı GSYH'dan PM₁₀'a, çevresel düzenlemelerden çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısına, çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısından kişi başı GSYH ve çevresel düzenlemelere doğru nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Hızlı kentleşme, nüfus artışı ve sanayileşme faaliyetleri sonucunda özellikle gelişmekte olan ülkelerde hava, su ve toprakta çevresel kirlilik sorunları ortaya çıkmaktadır. Ülkeler bu sorunlarını çözülebilmek amacıyla emisyonların kısılmasına yönelik vergi yaptırımları ve/veya temiz ticaret kapsamında teknoloji standartları gibi geleneksel çevresel düzenlemeler ile ilgili uygulamalara başvurmuşlardır. Yapılan bu uygulamaların çevre kirliliğini azaltması yönündeki beklentileri hala tam olarak karşılayamamış olması, çevresel düzenlemeler konusunu ulusal ve uluslararası düzeyde tartışmaya açmıştır.

UNEP'e göre hava kirliliği, küresel olarak halk sağlığına yönelik en büyük çevresel tehdittir ve her yıl tahmini 7 milyon erken ölüme neden olmaktadır. Hava kalitesini iyileştirmek sağlık, kalkınma ve çevresel açıdan faydalar sağlayacaktır. Özellikle hava kalitesinde meydana gelecek iyileşmelerin insan sağlığı üzerindeki olumlu etkisi işgücü verimliliğini artırarak ekonomik büyümeyi hızlandıracaktır.

Türkiye ekonomisinin 1990-2015 yıllarını kapsayan ve çevresel düzenlemeler, çevre ile ilgili teknolojiler ile ekonomik büyümenin hava kalitesi üzerine etkilerini ilk kez analiz edilmiştir. Bu çalışmanın sınırlılıkları; yöntem açısından zaman serileri analizi ve mekân açısından Türkiye örneğidir. Araştırma, zaman açısından ise 1990-2015 yılları ile sınırlıdır. değişkenlerin durağan olup olmadıklarını tespit etmek amacıyla ADF birim kök testinden yararlanılmıştır. Birim kök testi sonuçları, değişkenler açısından uzun dönem ilişkisinin araştırılmasında ARDL sınır testini işaret etmiştir. ARDL sınır testine ait bulgular, değişkenler açısından uzun dönem ilişkisini ortaya çıkarmıştır. Uzun dönem sonuçları, ekonomik büyümenin hava kirliliği üzerine pozitif etkisinin olduğunu göstermiş, buna karşılık çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısının hava kirliliği üzerine negatif etkisinin olduğu görülmüştür. Araştırma sonuçları, ekonomik büyüme arttıkça hava kirliliğinin arttığını göstermektedir. Buna karşılık çevre dostu teknolojiler arttıkça hava kirliliğinin azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle çevresel teknolojilere yatırım yapılması beraberinde çevre kirliliğinin de azalmasına katkı sunacaktır. Son olarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin araştırılmasında Frekans alanı nedensellik testinden yararlanılmıştır. Nedensellik sonuçlarına göre, PM₁₀ ve çevresel düzenlemeler ile çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısı arasında kısa dönemde ve orta dönemde çift yönlü nedensellik vardır. Hava kirliliğinin azaltılmasında çevresel düzenlemelerin etkisinin olduğunu Türkiye ekonomisi için kanıtlayan bu sonuçlar, literatür taraması esnasında bahsi geçen Cole ve diğerleri (2005), Zhao ve diğerleri (2013), Mazhar ve Elgin (2013), Greenstone ve Hanna (2014), Li ve diğerleri (2017), Cai ve diğerleri (2018), Hao ve diğerleri (2018), Lee ve diğerleri (2018), Stoerk (2018), Wang ve diğerleri (2017), Oh ve diğerleri (2019), Ouyang ve diğerleri (2019) ve Ma ve diğerleri (2019)'ne ait çalışmalar ile benzerlik göstermiştir.

Özetle, Türkiye’de orta ve kısa dönemde çevre teknolojileri ile ilgili patent sayısının PM₁₀ emisyonu üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu ve uzun dönem için bu etkinin kaybolduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, çevreyi korumak amacıyla geliştirilen teknolojik faaliyetlerin hava kirliliği ile önemli bir ilişkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak çevresel düzenlemeler göstergesi olarak ele alınan çevresel politika katılığı endeksinin orta ve kısa dönemde PM₁₀ emisyonunu daha fazla etkilediği ancak uzun dönem için bu etkinin kaybolduğu görülmüştür. Yani, çevresel düzenlemelerdeki artış orta ve kısa vadede hava kirliliğinin azaltılmasına neden olurken, uzun dönemde hava kirliliğinin azaltılmasının nedeni çevresel düzenlemeler değildir. Özetle, Türkiye’de hava kirliliğinin azaltılmasında çevresel düzenlemelerin kısa dönemde ve orta dönemde önemli bir etkisinin olduğu söylenebilir. Dolayısıyla hava kirliliğinin azaltılmasında uzun dönemli ve kalıcı bir etkinin sağlanabilmesi için çevresel düzenlemelere yönelik uygulamaların çeşitlendirilerek hayata geçirilmesi gerekebilir.

Bu çalışma Türkiye ekonomisi için çevresel kirliliğin nedenlerinin ampirik analizlerle tespit edilmesi suretiyle çevre politikalarının düzenlenmesi bakımından politika yapıcılarına ve çevresel duyarlılığın geliştirilmesine katkıda bulunması bakımından ise okuyuculara önemli çıkarımlar sağlamaktadır. ÇKE hipotezini ekonomik büyüme-çevresel kirlilik değişkenlerini kullanarak araştıran pek çok çalışma varken, çevresel düzenlemeler-çevresel kirlilik ilişkisini inceleyen çalışma sayısı sınırlıdır. Dolayısıyla, bu çalışma gelir sıralamasına göre gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında bir karşılaştırmaya gidilerek ve çevresel düzenlemeler-çevresel kirlilik ilişkisinin kentleşme, hizmet sektörü gibi farklı sosyo-ekonomik değişkenlerin etkisinin de incelenmesiyle geliştirilebilir.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Suzan ERGÜN: Literatür Taraması, Kavramsallaştırma, Makale Yazımı-orijinal taslak Melike Atay POLAT: Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-orijinal taslak Suzan ERGÜN: Literature Review, Conceptualization, Writing-original draft Melike Atay POLAT: Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft

Çatışma Beyanı / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No potential conflict of interest was declared by the authors.

Fon Desteği / Funding

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.
Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.

Etik Beyanı / Ethical Statement

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.
It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.



Yazarlar, Verimlilik Dergisi’nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.
The authors own the copyright of their works published in Verimlilik Dergisi and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.

KAYNAKÇA

- Acaravcı, A. ve Ozturk, G. (2010). "On the Relationship Between Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth in Europe", *Energy*, 35, 5412-5420.
- Akbostancı, E., Turut-Asık, S. ve Tunc, G.I. (2009). "The Relationship Between Income and Environment in Turkey: Is There an Environmental Kuznets Curve?", *Energy Policy*, 37(3), 861-867.
- Bagayev, I. ve Lochard, J. (2017). "EU Air Pollution Regulation: A Breath of Fresh Air for Eastern European Polluting Industries?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 83, 145-163.
- Bayat, T., Şahbaz, A. ve Akçacı, T. (2013). "Petrol Fiyatlarının Dış Ticaret Açığı Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 42, 67-90.
- Blackman, A. (2009). "Alternative Pollution Control Policies in Developing Countries Informal, Informational, and Voluntary", *Environment for Development Discussion Paper Series*, Efd DP 09-14.
- Breitung, J. ve Candelon, B. (2006). "Testing for Short and Lon Run Causality: A Frequency-Domain Approach", *Journal of Econometrics*, 132(2), 363-378.
- Cai, S., Ma, Q., Wang, S., Zhao, B., Brauer, M., Cohen, A., Martin, R.V., Zhang, Q., Li, Q., Wang, Y., Hao, J., Frostad, J., Forouzanfar ve M.H., Burnett, R.T. (2018). "Impact of Air Pollution Control Policies on Future PM_{2.5} Concentrations and Their Source Contributions in China", *Journal of Environmental Management*, 227, 124-133.
- Cole, M.A. (2004). "Trade, The Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve: Examining the Linkages", *Ecological Economics*, 48(1), 71-81.
- Cole, M.A., Elliott, R.J.R. ve Shimamoto, K. (2005). "Industrial Characteristics, Environmental Regulations and Air Pollution: An Analysis of the UK Manufacturing Sector", *Journal of Environmental Economics and Management*, 50, 121-143.
- Cole, M., Rayner, A. ve Bates, J. (1997). "The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis", *Environment and Development Economics*, 2(4), 401-416.
- Coondoo, D. ve Dinda, S. (2002). "Causality Between Income and Emission: A Country Group-Specific Econometric Analysis", *Ecological Economics*, 40, 351-367.
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A. (1979). "Disribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Journal of the American Statistical Association*, 74, 427-431.
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A. (1981). "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root", *Econometrica*, 49, 1057-1072.
- Dinda, S., Coondoo, D. ve Pal, M. (2000). "Air Quality and Economic Growth: An Empirical Study", *Ecological Economics*, 34, 409-423.
- Dünya Bankası, (1992). "Development and Environment", World Development Report 10517.
- Egli, H. (2004). "The Environmental Kuznets Curve-Evidence From Time Series Data For Germany", *Economics Working Paper Series*, Working Papero3/28, 1-39.
- Ekins, P. (1997). "The Kuznets Curve for the Environment and Economic Growth: Examining the Evidence", *Environment and Planning*, 29, 805-830.
- Engle, F.R. ve Granger, C.W.J. (1987). "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Eren, M.V., Ünal, A.E. ve Aydın, H.İ. (2018). "Türkiye'de Vergi Gelirleri İle Ekonomik Kalkınma Arasındaki İlişki: Frekans Alanı Nedensellik Analizi", *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19(1), 1-18.
- Gayer, T. (2011). "A Better Approach to Environmental Regulation: Getting the Costs and Benefits Right", The Hamilton Project Discussion Paper 2011-06.
- Greenstone, M. ve Hanna, R. (2014). "Environmental Regulations, Air and Water Pollution, and Infant Mortality in India", *American Economic Review*, 104(10), 3038-3072.
- Grossman, G.M. ve Krueger, A.B. (1995). "Economic Growth and the Environment", *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Grossman, G. ve Kreuger, A. (1991). "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", *NBER Working Paper*, No. 3914.
- Halicioglu, F. (2008). "An Econometric Study of CO₂ Emissions, Energy Consumption, Income and Foreign Trade in Turkey", *Energy Policy*, 37, 1156-1164.
- Hao, Y., Deng, Y., Lu, Z. ve Chen, H. (2018). "Is Environmental Regulation Effective in China? Evidence from City-Level Panel Data", *Journal of Cleaner Production*, 188, 966-976.

- Johansen, S. (1988). “Statistical Analysis of Cointegration Vectors”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.
- Johansen, S. ve Juselius, K. (1990). “Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Application to the Demand for Money”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 165-178.
- Kaufman, K.R., Brynhildur, D., Sophie, G. ve Pauly, P. (1998). “The Determinants of Atmospheric SO₂ Concentrations: Reconsidering the Environmental Kuznets Curve”, *Ecological Economics*, 25, 209-220.
- Lee, S., Yoo, H. ve Nam, M. (2018). “Impact of the Clean Air Act on Air Pollution and Infant Health: Evidence from South Korea”, IZA DP No. 11542.
- Li, X., Qiao, Y., Zhu, J., Shi, L. ve Wang, Y. (2017). “The “APEC Blue” Endeavor: Causal Effects of Air Pollution Regulation on Air Quality in China”, *Journal of Cleaner Production*, 168, 1381-1388.
- Ma, Z., Liu, R., Liu, Y. ve Bi, J. (2019). “Effects of Air Pollution Control Policies on PM_{2.5} Pollution Improvement in China from 2005 to 2017: A Satellite Based Perspective”, *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 19, 6861-6877.
- Mazhar, U. ve Elgin, C. (2013). “Environmental Regulation, Pollution and the Informal Economy”, *SBP Research Bulletin*, 9, 62-81.
- Neidell, M. (2017). “Air Pollution and Worker Productivity”, IZA World of Labor.
- OECD (2022). “OECD.Stat”, <https://stats.oecd.org>, (Erişim Tarihi: 05.01.2022).
- Oh, I., Yoo, W. ve Yoo, Y. (2019). “Impact and Interactions of Policies for Mitigation of Air Pollutants and Greenhouse Gas Emissions in Korea”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1161.
- Orubu, C.O. ve Omotor, D.G. (2011). “Environmental Quality and Economic Growth: Searching for Environmental Kuznets Curves for Air and Water Pollutants in Africa”, *Energy Policy*, 39(7), 4178-4188.
- Ouyang, X., Shao, Q., Zhu, X., He, Q., Xiang, C. ve Wei, G. (2019). “Environmental Regulation, Economic Growth and Air Pollution: Panel Threshold Analysis for OECD Countries”, *Science of the Total Environment*, 657, 234-241.
- Panayotou, T. (1993). “Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development”, ILO Technology and Employment Programme Working Paper, WP238.
- Panayotou, T. (2003). “Economic Growth and the Environment”, *Economic Survey of Europe*, No. 2, 45-72.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ve Smith, R. (2001). “Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships”, *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 389-326.
- Roca, J., Padilla, E., Farre, M. ve Galletto, V. (2001). “Economic Growth and Atmospheric Pollution in Spain: Discussing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis”, *Ecological Economics*, 39, 85-99.
- 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.
- Sağlık Etkileri Enstitüsü (2020). “State of Global Air 2020 Report”, Special Report, Boston, MA.
- Selden, T. ve Song, D. (1994). “Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution?”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147-162.
- Shafik, N. ve Bandyopadhyay, S. (1992). “Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence”, Background Paper for World Development Report 1992, The World Bank, Washington, D.C.
- Shahbaz, M., Mutascu ve Azim, M.P. (2013). “Environmental Kuznets Curve in Romania and the Role of Energy Consumption”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 165-173.
- Sinha, A. ve Shahbaz, M. (2018). “Estimation of Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emission: Role of Renewable Energy Generation in India”, *Renewable Energy*, 119, 703-711.
- Stern, D.I. ve Common, M.S. (2001). “Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur?”, *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 41, 162-178.
- Stoerk, T. (2018). “Effectiveness and Cost of Air Pollution Control in China”, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper No. 273.
- Tanaka, S. (2015). “Environmental Regulations on Air Pollution in China and Their Impact on Infant Mortality”, *Journal of Health Economics*, 42, 90-103.
- UNEP (2016). Healthy Environment, Healthy People Thematic Report Ministerial Policy Review Session Second Session of the United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme, Nairobi, 23-27 May.
- Wang, J., Zhao, B., Wang, S., Yang, F., Xing, J., Morawska, L., Ding, A., Kulmala, M., Kerminen, V., Kujansuu, J., Wang, Z., Ding, D., Zhang, X., Wang, H., Tian, M., Petäjä, T., Jiang, J. ve Hao, J. (2017). “Particulate Matter Pollution over China and the Effects of Control Policies”, *Science of the Total Environment*, 426-447.

- Wang, S.S., Zhou, D.Q., Zhou ve P. ve Wang, Q.W. (2011). "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis", *Energy Policy*, 39, 4870-4875.
- WHO (2022). "Ambient Air Pollution: Pollutants", <http://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en>, (Erişim Tarihi: 23.09.2019).
- World Bank (2019). "World Development Indicators (WDI)", <https://data.worldbank.org/indicator>, (Erişim Tarihi: 12.11.2019).
- Zhao, B., Wang, S., Wang, J., Fu, J. S., Liu, T., Xu, J., Fu, X. ve Hao, J. (2013). "Impact of National NO_x and SO₂ Control Policies on Particulate Matter Pollution in China", *Atmospheric Environment*, 77, 453-463.
- Zivot, A. ve 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.