



GİRİŞ

İktisat politikalarının en önemli temel amaçlarından biri, mikro düzeyde bireylerin, makro düzeyde toplumun refahını arttırmaktır. Bu amacın gerçekleştirilmesi için bir önceki döneme göre üretilen mal ve hizmet miktarının artırılması ön koşuldur. Literatürde bu durum kısaca ekonomik büyüme kavramı ile ifade edilmektedir. Ancak dünya ekonomisinin hızla büyümesi ve enerji kullanımının artması ile sera gazı emisyonu artmakta ve bunun sonucunda çevresel bozulma ve kirlilik, küresel çapta bir sorun haline gelmektedir. 1960'lı yıllardan itibaren iklim ve çevreyle ilgili endişelerin artmasına bağlı olarak, hem bilim insanları hem politik karar alıcılar arasında çevresel bozulmanın belirleyicileri ve etkileri ile ilgili tartışmalar ön plana çıkmaya başlamıştır. İklim değişikliği, çevresel bozulma gibi küresel çevre sorunlarının çözümü yalnızca ulusal değil, bölgesel ve çok taraflı işbirliklerini gerekli kılmıştır. İklim değişikliği ve çevresel bozulma ile ilgili Türkiye'nin taraf olduğu anlaşmalar mevcuttur. 1992 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı düzenlenmiş, konferans neticesinde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanmıştır. Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazını belli bir seviyede tutma amacıyla olan bu sözleşmeye, Türkiye 2004 tarihinde katılmıştır. Türkiye, dünya çapında sera gazının azaltılması için hedefler içeren Kyoto Protokolü'ne ise 2009 yılında üye olmuş ve 2020-2030 yılları arasında sera gazı emisyonlarını %21'e kadar indireceği sözünü vermiştir. 2016 yılında üye olunan Paris Anlaşması ise küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlandırmayı amaçlamaktadır (ETKB, 2022).

Seçilmiş Temel Göstergelerle Enerji Tüketiminin Çevresel Bozulma Üzerine Etkisi: Bir ARDL Yaklaşımı ¹

The Effect Of Energy Consumption On Environmental Degradation With Selected Basic Indicators: An ARDL Approach

Maide Betül Aksoy ¹  Orhan Çoban ² 

¹ Arş.Gör. Gaziantep Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret Ve Lojistik Bölümü, Gaziantep, Türkiye

² Prof.Dr., Gaziantep Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret Ve Lojistik Bölümü, Gaziantep, Türkiye

ÖZET

Dünyanın sürekli bir gelişim ve değişim içerisinde olması, çevresel bozulma sorununu da beraberinde getirmektedir. Yeni sanayileşen ülkelerin hızlı gelişimi, sınırlı olan doğal kaynakların kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bunun neticesinde kirliliğe ve çevresel bozulmaya yol açan daha fazla kalıntı ve atık doğaya salınmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki ekonomik büyüme, dışa açıklık, endüstriyel gelişim ve ulaşım sektörü enerji tüketimi ile çevresel bozulma arasındaki bağlantıyı araştırmaktır. Çalışmada 1987-2018 yıllarına ait veriler, Dünya Bankası veri tabanından elde edilmiştir. Analizde ARDL modelinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda öncelikli olarak serilerin durağanlığını tespit için Phillips-Perron (PP) birim kök testine başvurulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, ekonomik büyüme, dışa açıklık, endüstriyel gelişim ve ulaşım sektörü enerji tüketimi ile çevresel bozulma arasında eş bütünleşme olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ulaşım sektöründe enerji tüketimi, ekonomik büyüme, endüstriyel gelişim ve ticari dışa açıklık ile çevresel bozulma arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Bozulma; ARDL Model; Ulaşım Sektörü Enerji Tüketimi

ABSTRACT

The fact that the world is in a constant development and change, brings with the problem of environmental degradation. The rapid development of newly industrialized countries obliges the use of limited natural resources. As a result, more residues and wastes are exhaled to the nature, causing pollution and environmental degradation. The aim of this study is to investigate the linkage between economic growth, openness, industrial development and energy consumption in the transportation sector and environmental degradation in Turkey. In the study, the data for the years 1987-2018 were obtained from the World Bank database. In the analysis, Phillips-Perron (PP) unit root test was applied to determine the stationarity between the series. Based on the findings, the datasets were analyzed with the ARDL bounds test. As a result of the analysis, it has been determined that there is a cointegration between economic growth, openness, industrial development and energy consumption in transportation sector and environmental degradation, and there is a long-term relationship between transportation sector energy consumption in transportation sector, economic growth, industrial development and trade openness and environmental degradation.

Keywords: Environmental Degradation, ARDL, Energy Consumption in Transportation Sector

¹ IERFM2022 Kongresinde sunulan bildirinin gözden geçirilmiş ve düzenlenmiş halidir. This is the revised and edited version of the paper presented at the IERFM 2022 Congress.

Son zamanlarda bilimsel düzeyde yapılan tartışma ve araştırmalarda çevresel bozulma ve iklim değişikliği ile ilişkili en önemli faktörler arasında, ülkenin çevre pahasına izlediği ekonomik kalkınma hedefleri ve petrol, gaz ve kömür gibi fosil yakıtların tüketimi ön plana çıkmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler grubunda yer alan Türkiye, son yirmi yılda OECD ülkeleri arasında enerji talebinin en fazla arttığı ülkedir (DB, 2022). 1990 yılında yaklaşık 1,5 milyon (PJ-Petajoule) olan enerji tüketimi 2020 yılına gelindiğinde 4,3 milyona (PJ) yaklaşmıştır. 1990 yılında Türkiye'nin enerji tüketiminde endüstriyel sektör %27, ulaşım sektörü %22'lik bir paya sahip iken, 2019 yılına gelindiğinde endüstriyel sektörün payı %30'a, ulaşım sektörünün payı ise %26'ya çıkmıştır (Uluslararası Enerji Ajansı, 2022). 2017 yılında kabul edilen Milli Enerji politikası gereğince, yerli yenilenebilir enerji kullanımının artırılması teşvik edilmesine rağmen, Türkiye hala %74 oranında dışa bağımlı durumdadır (DB, 2022). Gelecekte ülkenin ekonomik büyümesinin istikrarı için artan enerji talebi ile birlikte, CO2 emisyonunun artmaya devam etmesi kaçınılmaz olacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki ekonomik büyüme, dışa açıklık, endüstriyel gelişim ve ulaşım sektörü enerji tüketimi ile çevresel bozulma arasındaki ilişkileri ARDL modeli yardımıyla analiz etmektir. Analizlerde kullanılan değişkenlerden dışa açıklık, CO2 emisyonu, endüstriyel gelişim ve ekonomik büyüme değişkenleri Dünya Bankası Ekonomik Kalkınma Göstergeleri veri tabanından, ulaşım sektöründeki enerji tüketimi Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency) veri tabanından elde edilmiştir. 1987-2018 dönemi verilerinin dikkate alındığını analizlerde E-views 9.0 versiyonundaki paket programından yararlanılmıştır.

LİTERATÜR

Çevresel bozulmayı modelleyen çalışmaların birçoğu, analizlerini farklı ekonometrik yöntemler kullanarak, yalnızca toplam enerji tüketimini ve ekonomik büyümeyi çevresel bozulmaya, özellikle CO2 emisyonlarına bağlayarak sınırlandırmaktadır. CO2 emisyonlarının kaynağı yalnızca enerji tüketimi ve büyümeye bağlı değildir (Öztürk vd., 2013: 262; Zhang, 2011: 2197). Çevresel zararın ana faktörleri olarak kullanılan en yaygın makroekonomik değişkenler GSYİH büyümesi, enerji tüketimi, kentleşme, ticari dışa açıklık, finansal gelişme ve doğrudan yabancı yatırımdır (Al-Mulali vd., 2015: 382).

Literatürde ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevresel kirleticiler üzerine temel olarak üç grup araştırma dizisi olduğu görülmektedir. Birinci grup araştırmacılar, esas olarak, ters U-şeklindeki EKC hipotezinin geçerliliğini test edilmesi olmak üzere, çevresel kirleticiler ve çıktı bağlantısına odaklanmaktadır. Varsayımsal Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC), Grossman ve Krueger (1991) tarafından Kuznets'e (1955) dayalı olarak ortaya konmuştur. EKC, çevresel bozulmanın önce ulusal ve ya bölgesel gelir arttıkça arttığını, daha sonra gelir belirli bir yüksek seviyeye ulaştığında durgunlaştığını ve sonunda azaldığını varsaymaktadır. Bazı çalışmalar hipotezin varlığını doğrularken (Gökmenoğlu vd., 2016; Halıcıoğlu 2009; Katırcıoğlu vd., 2017; Seker vd., 2015; Yavuz 2014), diğerleri (Akbostancı vd., 2009; Öztürk vd., 2010c, Destek vd., 2020) doğrulamamıştır. Lise vd., (2007), Türkiye'de 1970-2003 döneminde ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulmuştur ancak EKC hipotezini Granger eşbütünleşme yaklaşımını kullanarak reddetmiştir. Bozkurt vd., (2015), 1966-2011 dönemine ait verileri kullanarak, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, nüfus artışı ve ticari açıklık oranının da karbon emisyonun artırdığını, sonuç olarak Türkiye'de Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerli olduğunu analiz etmişlerdir. EKC hipotezini test ederken, ticareti bir değişken olarak içeren çalışmaların örnekleri arasında Grossman ve Krueger (1991), Lucas (1992), Wyckoff vd., (1994), Suri vd., (1998) ve Nohman vd., (2005) bulunmaktadır.

İkinci grup araştırmacılar ise, enerji tüketimi ile çıktıyı incelemişlerdir. Bir grup çalışma hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulurken (gelişmekte olan ülkeler için Lee, 2005; Asya ülkeleri için Lee ve Chang, 2008; G-7 ülkeleri için Narayan ve Smyth, 2008; Yunanistan için Tsani, 2010; Güney Amerika için Apergis ve Payne, 2010a), diğer bir grup çalışma ise, ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulmuştur (İtalya ve Kore'de Soytaş ve Sarı, 2003; Fransa, İtalya ve Japonya'da Lee, 2006; gelişmekte olan ülkelere Lee ve Chang, 2007; petrol ihraç eden ülkelere Mehrara, 2007; Afrika ülkelerinde Wolde-Rufael, 2009; düşük gelirli ülkelere Öztürk vd., 2010a; Çin'de Zhang vd., 2012). Çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilen çalışmalar şunlardır; Kore'de Oh ve Lee, (2004); Bağımsız Devletler Topluluğu'nda Apergis ve Payne, (2009); gelişmiş ülkelere Lee ve Chang, (2007); gelişmiş ülkelere Mahadevan ve Adjaye, (2007); Tunus'ta Belloumi, (2009); Pasifik Adası ülkelerinde Mishra vd., (2009); orta gelirli ülkelere Öztürk vd., (2010a) ve OECD ülkelerinde Belke ve Potrafke, (2012). Son olarak enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik ilişkisi tespit edilmeyen çalışmalar şu şekildedir; düşük gelirli ülkelere Huang vd., (2008); G-7 ülkelerinde Balcılar vd., (2010); Arnavutluk, Bulgaristan ve Romanya'da Acaravcı vd., (2010a); ABD'de Fallahi, (2011).

Üçüncü grup araştırma dizisinde ise birinci ve ikinci grup araştırmayı yani hem çevresel kirleticiler, hem enerji tüketimi hem de çıktıyı birleştirmektedir (Ang, 2008; Acaravcı vd., 2010b; Apergis vd., 2010b; Pao vd., 2010; Chang and Carballo, 2011; Hamit-Haggar, 2012).

CO2 emisyonları, ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ilişkisi daha sonra dış ticaret (Halıcıoğlu, 2009; Jalil vd., 2009; Nasir vd., 2011 ve Shahbaz vd., 2011); emek ve sermaye (Soytaş vd., 2007; Menyah vd., 2010); kentleşme (Zhang vd., 2009 ve Iwata vd., 2010; Nathaniel vd., 2020); istihdam oranı (Sarı ve Soytaş, 2009; Öztürk vd., 2010b); nükleer enerji tüketimi (Iwata vd., 2010) ve elektrik tüketimi (Lean vd., 2010); finansal gelişim (Destek, 2015; Pata, 2018) gibi farklı değişkenler eklenerek genişletilmiştir.

Karbon emisyonu ile endüstrileşme arasındaki ilişkinin araştırıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Yurtkuran (2020), yaptığı çalışmada uzun dönemde endüstrileşmenin karbon salınımını arttırdığını analiz etmiştir. Sibanda vd., (2019) ARDL modelini kullandığı çalışmada endüstriyel çıktının karbon emisyonlarını etkilemediği tespit etmiştir. Al-Mulali (2015), yaptığı analiz sonucunda enerji tüketimi, kentleşme, ticari dışa açıklık ve endüstriyel gelişmenin çevresel zararı artırdığı, siyasi istikrarın ise uzun dönemde azalttığı sonucuna varmıştır.

Ulaşım sektöründe enerji tüketimini değişken olarak kullanan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Chandran ve Tang (2013), eşbütünlük ve Granger nedensellik metodlarını kullandıkları çalışmada ulaşım sektörü enerji tüketimi ve milli gelirin karbon emisyonlarını etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Kızılkaya vd., (2016) Türkiye için yaptığı çalışmada, ekonomik büyüme, karbondioksit emisyonu, ulaşım sektörü enerji tüketimi arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğunu tespit etmiştir. Azlina vd., (2014), Malezya için yaptığı çalışmada, milli gelir, ulaşım sektörü enerji tüketimi ve karbon emisyonu arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu kanıtlamıştır.

METODOLOJİ

Bu çalışmada Türkiye’deki ekonomik büyüme, dışa açıklık, endüstriyel gelişim ve ulaşım sektörü enerji tüketiminin çevresel bozulma üzerindeki etkisini ARDL modeli ile analiz edilmiştir. Bu etkiyi analiz ederken kullanılan ilk değişken çevresel bozulmayı temsil eden, çalışmanın bağımlı değişkeni olan karbon emisyonlarıdır. İkinci değişken ulaşım sektöründe sarf edilen enerji tüketimidir. 2019 yılında Türkiye’nin toplam enerji tüketiminin %30’u endüstriyel kaynaklı iken %26’sı ulaşım sektöründen kaynaklanmaktadır (Uluslararası Enerji Ajansı, 2022). Ek çevre koruma önlemleri alınmadığı takdirde, ulaşım faaliyetlerinden kaynaklanan karbondioksit emisyonları 2050 yılına kadar %60 artacak, sadece küresel nakliye sebebiyle ise %160 artacaktır (OECD, 2017). Bu nedenle, enerji tüketimindeki artışın, bölgedeki çevresel zarara etkisi fazla olacaktır. İkinci değişken endüstriyel çıktıdır. Ticaret ve istihdam artışı yoluyla büyüyen sanayi payının çoğu petrol ve doğal gazdan gelmektedir. Ayrıca bölgedeki sanayinin eski olması ve fabrikaların atık ve kirlilik yönünden denetimsizliği de çevresel bozulmaya yol açabilmektedir. Bu nedenle, sanayi sektörü bölgedeki çevresel tahribatta rol oynayabilir. Üçüncü değişken, ticari dışa açıklıktır. Tarife engellerini azaltarak, dış ticaretin önündeki engelleri azaltmak bölgenin turizm seviyesi, ulaşım bağlantısı ve toplam GSYİH içindeki payını artırarak ticaret seviyesinin artmasına yardımcı olmaktadır. Uluslararası ticaret, bir bölgede tüketim için, başka bir bölgedeki malların (ve bunlarla ilişkili emisyonların) üretilmesinin bir sonucu olarak emisyon ve kirliliğin küreselleşmesine katkıda bulunmaktadır (Zhang vd., 2017: 705). Dördüncü değişken ekonomik büyümedir. Ekonomik büyüme devam ettikçe doğal kaynakların kullanımı artacak, bu da daha fazla atık ve sera gazı salınımına sebep olacaktır. Söz konusu değişkenler Tablo 1 yardımıyla özetlenmiştir.

Tablo 1: Çalışmada Kullanılan Veriler

Değişken	Sembol	Kaynak	Birim
Ekonomik Büyüme (GSYİH)	GDP	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	Kişi başı-Sabit 2015 USD
Dışa Açıklık	TR	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	(İthalat+İhracat)/GSYİH
Ulaşım Sektörü Enerji Tüketimi	ENG	Uluslararası Enerji Ajansı	Kişi başı- TJ
Endüstriyel Gelişim	ING	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	Endüstrileşme değerinin GSYİH içerisindeki % payı
Çevresel Bozulma (CO2)	CO2	Dünya Bankası Kalkınma Göstergesi	Kişi başı metrik ton

Tablo 1’den de anlaşılabacağı üzere, analizlerde kullanılan ulaşım sektörü enerji tüketimi Uluslararası Enerji Ajansı’ndan (IEA), geri kalan tüm veriler ise Dünya Bankası’nın veri tabanından elde edilmiştir. 1987-2018 dönemini kapsayan söz konusu veriler yıllık gözlemlerden oluşmaktadır. Araştırmada kullanılan bazı verilerin doğal logaritmaları kullanılmıştır. Analizde aşağıdaki tahmin modellerinden yararlanılmıştır;

$$CO_2 = f(GDP, TR, ENG, ING)$$

$$\ln CO_2 = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_t + \beta_2 \ln URB_t + \beta_3 TR_t + \beta_4 \ln ENG_t + \beta_5 \ln ING_t + u$$

Burada $\ln CO_2$ kişi başına düşen CO_2 emisyonlarının (metrik ton) doğal logaritmasıdır. $\ln GDP$, kişi başına düşen reel GSYİH'nın doğal logaritmasıdır (sabit 2015 ABD Doları). TR, ticaretin dışı açıklığı ile ilgilidir. $\ln ENG$, kişi başına ulaşım sektörü enerji tüketiminin (TJ) doğal logaritmasına karşılık gelmektedir. $\ln ING$ ise endüstrileşme değeridir. Hata terimini u_t ; zamanı (1987'den 2018'e kadar olan yıllık veriler) ise t temsil etmektedir.

Analizlerde öncelikli olarak serilerin durağanlığını tespit etmek için Phillips-Perron birim kök testine başvurulmuştur. Bu testte H_0 hipotezi "seri durağan değildir veya birim kök içermektedir" şeklindedir. H_1 alternatif hipotezi ise serilerin durağan olduğunu veya birim kök içermediğini göstermektedir.

Eşbütünleşme analizi, veriler arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkisi belirlemeye yarayan bir modeldir. Literatürde Engle-Granger (1987) ve Johansen (1990) eşbütünleşme testleri sıklıkla kullanılır ancak bu testlerde serilerin durağan olma şartı bulunmaktadır. ARDL eşbütünleşme testinin avantajı değişkenlerin seviyede ya da birinci farkta durağan olup olmamasına bağlı kalınmadan uygulanmasıdır (Pesaran ve Pesaran, 1997). ARDL yaklaşımının bazı avantajları vardır, bunlardan ilki serilerin $I(0)$ ya da $I(1)$ olup olmamasına bağlı kalınmadan testin uygulanabilmesidir. İkincisi ARDL modeli kısıtlı örneklem için sağlıklı sonuçlar vermektedir (Pesaran ve Shin, 1999). Diğer avantajı ise bu yaklaşımda Kısıtsız Hata Düzeltme modeli kullanıldığından, diğer testlere göre daha güvenilir sonuçlar vermektedir (Pesaran ve Shin, 1999).

ARDL modeli sonucunda elde edilen F istatistiği, Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen alt ve üst sınır değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Bulunan F istatistiği üst kritik sınırın ($I(1)$) üstünde ise, bu eşbütünleşmenin varlığını yani değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkisinin bulunmadığını gösteren H_0 hipotezinin reddedildiğini gösterir. Boş hipotezin reddedilmesi eşbütünleşmenin varlığını göstermektedir. ARDL modeli referans alınarak yapılan analizlerde serilerin aynı seviyede durağan olmalarına gerek yoktur. Ancak yine de serilerin $I(2)$ seviyesinde durağan olma ihtimaline karşın birim kök testine başvurulmasında yarar vardır.

ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmada ARDL modeli yardımıyla seçilen göstergeler dikkate alınarak enerji tüketiminin çevresel bozulma üzerine olan etkisi analiz edilmiştir. Analizler kapsamında dikkate alınan değişkenlerin durağanlığını test etmede Phillips-Perron Birim Kök Testine (1988) başvurulmuştur. Analiz sonuçları Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2: Birim Kök Testi Sonuçları (PP Birim Kök Testi)

Değişken	Seviye			Birinci Fark		
	Sabitli	Sabit ve Trendli	Sabitsiz ve Trendsiz	Sabitli	Sabit ve Trendli	Sabitsiz ve Trendsiz
$\ln CO_2$	0.4966 [0.9838]	-38.897** [0.0247]	72.757 [1.000]	-98.346*** [0.0000]	-95.813*** [0.0000]	-55.688*** [0.0000]
$\ln ENG$	0.2335 [0.9704]	-10.783 [0.9167]	-19.450* [0.0508]	-42.469*** [0.0024]	-42.519** [0.0111]	-39.108*** [0.0003]
$\ln IND$	-14.497 [0.5452]	-0.9364 [0.9386]	-0.4299 [0.5196]	-50.276*** [0.0003]	-54.044*** [0.0007]	-50.740*** [0.0000]
$\ln GDP$	-0.7500 [0.8191]	-22.499 [0.4472]	0.5647 [0.8328]	-64.128*** [0.0000]	-62.553*** [0.0001]	-62.001*** [0.0000]
TR	-19.166 [0.3207]	-0.1771 [0.9907]	15.471 [0.9671]	-50.791*** [0.0003]	-57.205*** [0.0003]	-44.018*** [0.0001]

Not: ***, **, ve *, işaretleri sırasıyla % 1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ve değişkenlerin sırasıyla % 1, %5 ve %10 düzeyinde durağan olduklarını ifade etmektedir. [] içindeki değerler prob. istatistikleridir.

Tablo 2'de elde edilen bulgulara göre, değişkenlerin seviye değerlerinde birim kök içerdiği görülmüştür. Serilerin birinci farkı incelendiğinde ise, değişkenlerin birim kök içerdiği yönündeki boş hipotezin reddedildiği ve tüm serilerin durağan hale geldikleri, dolayısıyla birinci fark değerlerinde serilerin bütünleşik oldukları gözlemlenmiştir.

ARDL Modeli tahmin sonuçları Tablo 3'de yer almaktadır.

Tablo 3: ARDL Sınır Testi Sonuçları

Tahmin Edilen Model	Optimum Gecikme Uzunluğu	F-istatistiği
$CO_2 = f(GDP, TR, ENG, ING)$	(1,0,1,0,2)	5.730
Kritik Değerler	$I(0)$	$I(1)$
10%	2.20	3.09
5%	2.56	3.49
1%	3.29	4.37

Not: Kritik değerler Pesaran vd., (2001), Tablo CI(iii)'den alınmıştır.

Tablo 3'e göre, tahmin edilen F-istatistiği değeri 5,73 olarak bulunmuştur. Söz konusu değer Pesaran vd., (2001) %1 kritik üst değer olan 4.37'den büyük olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olduğuna, yani uzun dönemli bir ilişkinin olduğuna işaret etmektedir.

Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinden sonraki aşama, uzun ve kısa dönem parametrelerin belirlenmesidir. Uzun dönem tahmin sonuçlarına göre ulaşım sektörü enerji tüketimi, endüstrileşme, dışa açıklık ve milli gelir ile çevresel bozulma arasında pozitif ve istatistikî olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4: Uzun ve Kısa Dönem Katsayı Tahminleri

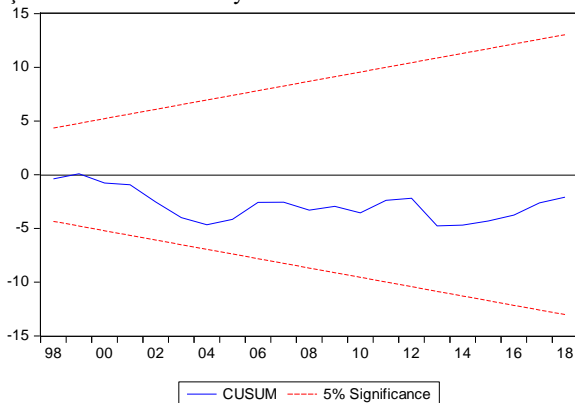
Değişken	Katsayı	t-istatistiği	Prob.
<i>Uzun Dönem</i>			
Sabit	1.036884	1.120168	0.2753
ENG	0.282034**	2.581858	0.0174
IND	0.026420**	2.293921	0.0322
GDP	0.047074*	1.891663	0.0724
TR	1.374688***	3.670502	0.0014
<i>Kısa Dönem</i>			
Δ ENG	-0.025899	-0.341424	0.7362
Δ IND	0.009541**	2.090720	0.0489
Δ GDP	0.013724	0.965997	0.3450
Δ TR	1.309019***	6.229284	0.0000
Δ TR(-1)	-1.141488***	-5.023798	0.0001
ECT(-1)	-0.481967***	-6.265666	0.0000
<i>Teşhis Testleri</i>			
SERIAL	1.937689	0.1715	
ARCH	1.061104	0.9765	
CUSUM	İstikrarlı	İstikrarlı	
CUSUMQ	İstikrarlı	İstikrarlı	

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde istatistikî olarak anlamlılığı ifade etmektedir. Varsayım testleri uygulanırken F-istatistikleri kullanılmıştır.

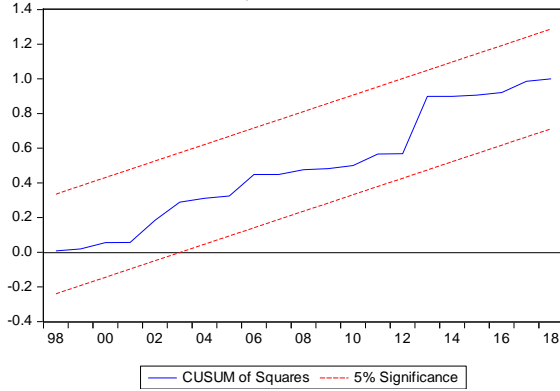
Tablo 4'e göre, uzun dönemde ulaşımdaki enerji tüketiminde meydana gelen %1'lik bir artış, karbon emisyonunu %0.28 oranında, milli gelirde meydana gelen %1'lik bir artış, karbon emisyonunu %0.04 oranında, endüstrileşmede meydana gelen %1'lik artış karbon emisyonunu %0.02, ticari dışa açıklıkta meydana gelen %1'lik artış karbon emisyonunu %1.37 arttırmaktadır. Kısa dönemde ise endüstrileşme ve ticari dışa açıklık ile karbon emisyonu arasında pozitif ve istatistikî olarak anlamlı bir ilişkin varlığı dikkati çekmektedir. Kısa dönemde endüstrileşmede meydana gelen %1'lik bir artış, karbon emisyonunu %0.009, ticari dışa açıklık oranında meydana gelecek %1'lik artış ise karbon emisyonunu %1.30 oranında arttıracaktır.

ARDL modeli, normallik, otokorelasyon, fonksiyonel form ve değişen varyans, parametre istikrar testi gibi bir dizi standart tanı testinden geçmektedir. LM testi (SERIAL) otokorelasyon sorununun olmadığı, ARCH testi ise değişen varyans probleminin bulunmadığını göstermektedir. Ayrıca, normallik testi sonucu modeldeki verilerin normal dağıldığı tespit edilmiştir. Hata düzeltme katsayısı ile model üzerinde meydana gelen bir şok sonucunda, şokun etkisinin ne kadarlık bir süre sonunda ortadan kalkacağı sonucuna ulaşılmaktadır yani modele gelen bir şokun ardından karbon emisyonunun uzun dönem dengesine dönebilme hızını temsil etmektedir. Hata düzeltme katsayısı -0.4819 olarak tespit edilmiştir. Sonuç beklendiği gibi negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Kullanılan modelde uzun dönem parametrelerinin yapısal kırılma içerip içermedikleri Brown vd., (1975) tarafından geliştirilen CUSUM ve CUSUMQ testleri ile araştırılmış olup elde edilen bulgular Şekil 1 ve Şekil 2'de düzenlenmiştir.

Şekil 1: CUSUM Katsayı İstikrar Testleri



Şekil 2: CUSUMQ Katsayı İstikrar Testleri



Şekil 1 ve Şekil 2 bir arada değerlendirildiğinde, analiz edilen dönemde, CUSUM ve CUSUMQ test değerlerinin bant değerleri arasında kalmasından dolayı uzun dönem parametrelerinin yapısal kırılma içermedikleri tespit edilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada seçilen göstergeler dikkate alınarak ARDL modeli yardımıyla enerji tüketimi çevresel bozulma üzerine etkisi analiz edilmiştir. Analizlerde 1987-2018 dönemi verileri referans alınmıştır.

Analiz sonuçlarına göre, Türkiye’de uzun dönemde kişi başına düşen milli gelir, ulaşım sektöründe kullanılan enerji, endüstrileşme ve ticari dışa açıklık çevresel bozulmayı arttırmaktadır. Ekonomik büyüme ve ulaşım da kullanılan enerji tüketimi Türkiye’nin karbon emisyonlarını etkilediği görülmektedir. Söz konusu tespit Chandran vd., (2013); Azlina vd., (2014); Kızılkaya vd., (2016) çalışmaları ile paralellik göstermektedir. Türkiye’nin bir takım politikalar oluşturarak iklim değişikliği sorununa çözüm üretmesi beklenmektedir. Çevresel kirliliğin bir göstergesi olan karbon emisyonlarını etkileyen enerji kaynakları incelenerek, emisyonları azaltmak için daha ayrıntılı analiz yapılmalıdır. Ulaşım da enerji tasarrufu, enerji verimliliği projelerine yatırımlarını artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarının rolünü artıran projeler yapmak gibi birçok politika kullanarak enerji tüketimini kontrol altında tutmak önem taşımaktadır. CO2 emisyon seviyesinin azaltılabilmesi için verimli bir ulaşım sistemi kurulmalı ve yüksek teknolojilere yatırım yapılmalıdır.

Diğer taraftan ülkelerin sahip olduğu eski sanayi sermayesi stokunu yeni ve enerji bakımından verimli sermaye ile değiştirerek, daha sürdürülebilir bir sanayi yaratması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, endüstriyel sürdürülebilirliği artırmak için gelişmiş ülkelerden endüstriyel teknolojiler ödünç alması Türkiye için önem arz etmektedir. Yapılacak politika önerileri karar alıcılar açısından etkin karar alınmasına imkân sağlayacaktır. Çevresel bozulmayı tetikleyen bir başka unsur da kentleşmedir. Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda, kentleşme değişkeni ile çevresel bozulma arasındaki ilişkiyi tespit eden analizler yapılabilir.

KAYNAKÇA

1. Acaravcı, A. & Öztürk, I. (2010b). On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe. *Energy*, 35(12), 5412-5420.
2. Acaravcı, A. Öztürk, I., (2010a). Electricity consumption-growth nexus: evidence from panel data for transition countries. *Energy Economics* 32, 604–608.
3. Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S. & Tunç, G. İ. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental Kuznets curve?. *Energy policy*, 37(3), 861-867.
4. Al-Mulali, U. & Öztürk, I., (2015). The effect of energy consumption, urbanization, trade openness, industrial output, and the political stability on the environmental degradation in the MENA (Middle East and North African) region. *Energy* 84, 382–389.
5. Ang, J. B. (2008). Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia. *Journal of Policy Modeling*, 30(2), 271-278.
6. Apergis, N. & Payne, J. E. (2009). Energy consumption and economic growth: evidence from the Commonwealth of Independent States. *Energy Economics*, 31(5), 641-647.
7. Apergis, N. & Payne, J. E. (2010a). Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 32(6), 1421-1426.

8. Apergis, N. & Payne, J. E. (2010b). The emissions, energy consumption, and growth nexus: evidence from the commonwealth of independent states. *Energy policy*, 38(1), 650-655.
9. Azlina, A. A., Law, S. H. & Mustapha, N. H. N. (2014). Dynamic linkages among transport energy consumption, income and CO2 emission in Malaysia. *Energy Policy*, 73, 598-606.
10. Balcılar, M., Özdemir, Z. A. & Arslantürk, Y. (2010). Economic growth and energy consumption causal nexus viewed through a bootstrap rolling window. *Energy Economics*, 32(6), 1398-1410.
11. Belke, A. & Potrafke, N. (2012). Does government ideology matter in monetary policy? A panel data analysis for OECD countries. *Journal of International Money and Finance*, 31(5), 1126-1139.
12. Belloumi, M. (2009). Energy consumption and GDP in Tunisia: Cointegration and causality analysis. *Energy policy*, 37(7), 2745-2753.
13. Brown, R. L., Durbin, J. & Evans, J. M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 37(2), 149-163.
14. Chang, C. C. & Carballo, C. F. S. (2011). Energy conservation and sustainable economic growth: The case of Latin America and the Caribbean. *Energy policy*, 39(7), 4215-4221.
15. DB (T.C. Dışişleri Bakanlığı). (2022). Türkiye'nin Uluslararası Enerji Stratejisi. https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa, Erişim Tarihi: 29.04.2022.
16. Destek, M. A. (2015). Energy consumption, economic growth, financial development and trade openness in Turkey: Maki cointegration test. *Bulletin of Energy*, 3, 162-168.
17. Destek, M. A. & Sinha, A. (2020). Renewable, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and ecological footprint: Evidence from organisation for economic Co-operation and development countries. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118537, 1-11.
18. Engle, R. F. & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
19. ETKB (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) (2022). İklim Değişikliği ve Uluslararası Müzakereler. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-iklim-degisikligi-ve-uluslararasi-muzakereler> Erişim Tarihi: 29.04.2022.
20. Fallahi, F. (2011). Causal relationship between energy consumption (EC) and GDP: a Markov-switching (MS) causality. *Energy*, 36(7), 4165-4170.
21. Gökmenoğlu, K. & Taşpınar, N. (2016). The relationship between CO2 emissions, energy consumption, economic growth and FDI: the case of Turkey. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 25(5), 706-723.
22. Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. National Bureau of Economics Research Working Paper, No. 3194, NBER, Cambridge.
23. Halıcıoğlu, F. (2009). An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy policy*, 37(3), 1156-1164.
24. Hamit-Haggar, M. (2012). Greenhouse gas emissions, energy consumption and economic growth: A panel cointegration analysis from Canadian industrial sector perspective. *Energy Economics*, 34(1), 358-364.
25. Huang, B. N., Hwang, M. J. & Yang, C. W. (2008). Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: a dynamic panel data approach. *Ecological economics*, 67(1), 41-54.
26. IEA (International Energy Agency). <https://www.iea.org/countries/turkey> Erişim Tarihi: 29.04.2022
27. Iwata, H., Okada, K. & Samreth, S. (2010). Empirical study on the environmental Kuznets curve for CO2 in France: the role of nuclear energy. *Energy policy*, 38(8), 4057-4063.
28. Jalil, A. & Mahmud, S. F. (2009). Environment Kuznets curve for CO2 emissions: a cointegration analysis for China. *Energy policy*, 37(12), 5167-5172.
29. Johansen, S. & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration-with appucations to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 52(2), 169-210.

30. Katırcıoğlu, S. T. & Taşpınar, N. (2017). Testing the moderating role of financial development in an environmental Kuznets curve: empirical evidence from Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 572-586.
31. Kızılkaya, O., Sofuoğlu, E., & Çoban, O. (2016). Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevre kirliliği analizi: Türkiye örneği. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 255-272.
32. Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1), 1-28.
33. Lean, H. H. & Smyth, R. (2010). On the dynamics of aggregate output, electricity consumption and exports in Malaysia: evidence from multivariate Granger causality tests. *Applied Energy*, 87(6), 1963-1971.
34. Lee, C. C. (2005). Energy consumption and GDP in developing countries: a cointegrated panel analysis. *Energy Economics*, 27, 415-427.
35. Lee, C. C. (2006). The causality relationship between energy consumption and GDP in G-11 countries revisited. *Energy policy*, 34(9), 1086-1093.
36. Lee, C. C. & Chang, C. P. (2007). Energy consumption and GDP revisited: a panel analysis of developed and developing countries. *Energy economics*, 29(6), 1206-1223.
37. Lee, C. C. & Chang, C. P. (2008). Energy consumption and economic growth in Asian economies: a more comprehensive analysis using panel data. *Resource and energy Economics*, 30(1), 50-65.
38. Lise, W. & Van Montfort, K. (2007). Energy consumption and GDP in Turkey: Is there a co-integration relationship?. *Energy economics*, 29(6), 1166-1178.
39. Lucas, R. E., Wheeler, D. & Hettige, H. (1992). Economic development, environmental regulation, and the international migration of toxic industrial pollution, 1960-88 (Vol. 1062). World Bank Publications.
40. Mahadevan, R. & Asafu-Adjaye, J. (2007). Energy consumption, economic growth and prices: A reassessment using panel VECM for developed and developing countries. *Energy policy*, 35(4), 2481-2490.
41. Mehrara, M. (2007). Testing the purchasing power parity in oil-exporting countries. *OPEC review*, 31(4), 249-260.
42. Menyah, K. & Wolde-Rufael, Y. (2010). CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy policy*, 38(6), 2911-2915.
43. Mishra, V., Sharma, S. & Smyth, R. (2009). Are fluctuations in energy consumption per capita transitory? Evidence from a panel of Pacific Island countries. *Energy Policy*, 37(6), 2318-2326.
44. Narayan, P. K. (2005). The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied economics*, 37(17), 1979-1990.
45. Narayan, P. K. & Smyth, R. (2008). Energy consumption and real GDP in G7 countries: new evidence from panel cointegration with structural breaks. *Energy Economics*, 30(5), 2331-2341.
46. Nasir, M. & Rehman, F. U. (2011). Environmental Kuznets curve for carbon emissions in Pakistan: an empirical investigation. *Energy policy*, 39(3), 1857-1864.
47. Nathaniel, S. Nwodo, O., Sharma, G., & Shah, M. (2020). Renewable energy, urbanization, and ecological footprint linkage in CIVETS. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(16), 19616-19629.
48. Nohman, A. & Antrobus, G. (2005). Trade and the environmental Kuznets curve: is Southern Africa a pollution heaven. *South African Journal of Economics*, 73, 803-814.
49. OECD, ITF Transport Outlook 2017. https://read.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook-2017_9789282108000-en#page1 Erişim Tarihi: 30.04.2022
50. Oh, W. & Lee, K. (2004). Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: the case of Korea 1970–1999. *Energy economics*, 26(1), 51-59.
51. Öztürk I. & Acaravcı A. (2013). The long-run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey. *Energy Economics* 2013; 36: 262–267.

52. Öztürk, I. & Acaravcı, A. (2010b). The causal relationship between energy consumption and GDP in Albania, Bulgaria, Hungary and Romania: Evidence from ARDL bound testing approach. *Applied Energy*, 87(6), 1938-1943.
53. Öztürk, I. & Acaravcı, A. (2010c). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225.
54. Öztürk, I., Aslan, A. & Kalyoncu, H. (2010a). Energy consumption and economic growth relationship: Evidence from panel data for low and middle income countries. *Energy Policy*, 38(8), 4422-4428.
55. Pao, H. T. & Tsai, C. M. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy policy*, 38(12), 7850-7860.
56. Pesaran, M. H. & Pesaran, B. (1997). Working with microfit 4.0. Camfit Data Ltd, Cambridge.
57. Pesaran, M. H. & Shin, Y. (1999). An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis. S. Storm (Ed.), *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, Cambridge University Press, Cambridge.
58. Pesaran, M. H., Shin, Y. & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326.
59. Sarı, R. & Soytas, U. (2009). Are global warming and economic growth compatible? Evidence from five OPEC countries?. *Applied Energy*, 86(10), 1887-1893.
60. Shahbaz, M., Tang, C. F. & Shabbir, M. S. (2011). Electricity consumption and economic growth nexus in Portugal using cointegration and causality approaches. *Energy policy*, 39(6), 3529-3536.
61. Sibanda, M. & Ndlela, H. (2020). The link between carbon emissions, agricultural output and industrial output: evidence from South Africa. *Journal of Business Economics and Management*, 21(2), 301-316.
62. Soytas, U., Sari, R. & Ewing, B. T. (2007). Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States. *Ecological Economics*, 62(3-4), 482-489.
63. Soytas, U. & Sari, R. (2003). Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets. *Energy economics*, 25(1), 33-37.
64. Suri, V. & Chapman, D. (1998). Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological economics*, 25(2), 195-208.
65. Şeker, F. Ertuğrul, H. M., & Çetin, M. (2015). The impact of foreign direct investment on environmental quality: a bounds testing and causality analysis for Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 347-356.
66. Tsani, S. Z. (2010). Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. *Energy Economics*, 32(3), 582-590.
67. Uluslararası Enerji Ajansı (2022). World Energy Balances Highlights. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-statistics-and-balances> Erişim Tarihi: 07.04.2022.
68. Wolde-Rufael, Y. (2009). Energy consumption and economic growth: the experience of African countries revisited. *Energy Economics*, 31(2), 217-224.
69. Wyckoff, A. W. & Roop, J. M. (1994). The embodiment of carbon in imports of manufactured products: implications for international agreements on greenhouse gas emissions. *Energy policy*, 22(3), 187-194.
70. Yavuz, N. Ç. (2014). CO2 emission, energy consumption, and economic growth for Turkey: evidence from a cointegration test with a structural break. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(3), 229-235.
71. Yurtkuran, S. (2020). Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi’nin Testi: Temiz Enerji Tüketimi’nin Rolü. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2), 570-589.
72. Zhang, X. P. & Cheng, X. M. (2009). Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China. *Ecological economics*, 68(10), 2706-2712.
73. Zhang, Y-J. (2011). The impact of financial development on carbon emissions: an empirical analysis in China. *Energy Policy* 2011;39: 2197–2203.

74. Zhang, C. & Xu, J. (2012). Retesting the causality between energy consumption and GDP in China: Evidence from sectoral and regional analyses using dynamic panel data. *Energy Economics*, 34(6), 1782-1789.
75. Zhang, Q., Jiang, X., Tong, D., Davis, S.J., Zhao, H., Geng, G., et al., (2017), Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade. *Nature* 543, 705–709.