

Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, Kayıtlı Taşıt Sayısı ve Petrol Fiyatının Karbon Emisyonlarına Etkisi: Türkiye için Çevresel Kuznet Eğrisi Hipotezi

The Effect of Gross Domestic Product, Number of Registered Vehicles and Oil Price on Carbon Emissions: The Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Türkiye

Asst. Prof. Dr. Ahmet Koncak [ID 0000-0002-4445-6128](#)

Research assistant Ali Berkul [ID 0000-0002-4617-0975](#)

Dr. Gökhan Konat [ID 0000-0002-0964-7893](#)

Abstract

This study examined the relationship between carbon emissions and gross domestic product, the total number of vehicles registered in traffic, and the price of oil with the 1970-2020 annual data. In addition, the validity of the environmental Kuznet curve for Türkiye is tested. For this, first of all, the stationarity of the variables is tested with traditional (ADF and KPSS) and Fourier (Fourier ADF and Fourier KPSS) unit root tests. As a result of the tests, it is concluded that all the variables are stationary in the first differences, and the existence of a long-term relationship between the variables is then tested with the SHIN and Fourier SHIN cointegration tests. The existence of a long-term relationship between the variables is determined, and long-term coefficients are obtained with cointegration regression cointegration estimators (FMOLS, DOLS, and CCR). According to the model results, while the number of vehicles in traffic affects carbon emissions positively, oil prices have a negative effect. Also, according to the model, it is concluded that the environmental Kuznet curve is valid for Türkiye.

1 Giriş

Fosil yakıt kullanımı, sanayileşme, tarım sektörü ve ulaşım sektörü gibi çoğunlukla insan kaynaklı nedenlerle ortaya çıkan karbon emisyonları (CO_2) sera gazı emisyonlarının büyük bölümünü oluşturmaktadır. Bu emisyonların küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi problemlere neden olması dolayısıyla ülkeler karbon emisyonu azaltımını içeren ulusal ve uluslararası düzenlemelere ihtiyaç duymaktadır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması'nın yasal olarak bağlayıcı bir eki niteliğinde olan Kyoto Protokolü (1997) ve sonrasında onun da eksikliklerini kapatan Paris İklim Sözleşmesi (2015) ile uluslararası düzeyde bu sorunla mücadelenin çerçevesi oluşturulmuştur. Türkiye ise bu anlaşmaların her ikisinin de tarafı durumundadır.

Grossman ve Krueger (1991)'in öncülük ettiği ekonomik büyüme ve çevre arasındaki ilişki literatürde giderek popüler hale gelen ve çok defa incelenen bir konu haline gelmiştir. Bu çalışma kapsamında gayri safi yurtiçi hasılanın, trafikteki toplam araç sayısının ve petrol fiyatlarının Türkiye için karbon emisyonları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Konuya ilişkin literatür özeti Tablo 1'de sunulmuştur.

Yazarlar (Yıl)	Dönem Ülke	Yöntem	Bağımsız Değişkenler (İşareti)	EKC Hipotezi (Dönüm Noktası)
Agras ve Chapman (1999)	1971-1989 34 Ülke	Panel Regresyon	Kişi Başı Reel Gelir (+) Kişi Başı Reel Gelir ² (-) CO ₂₋₁ (+) İthalat/GSYİH (+) İhracat/ GSYİH (-) Petrol (Benzin) Fiyatı (-)	Geçerli (\$13630)
Akbostancı vd. (2009)*	1992-2001 Türkiye'nin 58 İli	Panel Regresyon	Kişi Başı GSYİH (+) Kişi Başı GSYİH ² (-) Kişi Başı GSYİH ³ (+) Nüfus yoğunluğu (+)	Geçersiz
Esmaili ve Abdollahzadeh (2009)	1990-2000 38 Petrol Üreticisi Ülke	Panel Birim Kök ve Sabit Etkili Panel Modeli	Kişi Başı GSYİH (+) Kişi Başı GSYİH ² (-) Nüfus (+) Özgürlük Oranı ve Gini (+) Petrol Kaynağı (+) Petrol fiyatı (-)	Geçerli

Yavuz (2014)	1960-2007 Türkiye	Johansen Eşbütünleşme, Gregory ve Hansen Eşbütünleşme	Kişi Başı Reel GSYİH (+) Kişi Başı Reel GSYİH ² (-) Kişi Başı Enerji Tüketimi (+)	Geçerli (1960-1978: \$2547.6, 1979-2007: \$3849.9)
Bölük ve Mert (2015)	1961-2010 Türkiye	ARDL	Kişi Başı Reel GSYİH (+) Kişi Başı Reel GSYİH ² (-) Yenilenebilir Kaynaklardan Kişi Başı Enerji Tüketimi (-)	Geçerli (\$9929)
Tutulmaz (2015)	1968-2007 Türkiye	Johansen Eşbütünleşme	Kişi Başı GSYİH (+) Kişi Başı GSYİH ² (-) CO ₂₋₁ (+)	Geçerli (\$6300)
Balaguer ve Cantavella (2016)	1874-2011 İspanya	ARDL	Kişi Başı Reel GSYİH (+) Kişi Başı Reel GSYİH ² (-) Reel Ham Petrol Fiyatı (-)	Geçerli (\$9236)
Mrabet vd. (2017)**	1980-2011 Katar	ARDL, Toda- Yamamoto Nedensellik, Hatemi-J, FMOLS	Kişi Başı Reel GSYİH (+) Petrol Fiyatı (+) İhracat/GSYİH (-)	-
Pata (2018)	1971-2014 Türkiye	ARDL	Kişi Başı Reel GSYİH (+) Kişi Başı Reel GSYİH ² (-) Finansal Gelişmişlik (+) Sanayileşme (+) Kentleşme (+) Kişi Başı Kömür Tüketimi (+) Alternatif Enerji Tüketimi (-) İthalat (+) İhracat (-)	Geçerli (\$14360)
Zhang ve Zhang (2018)	1982-2016 Çin	ARDL ve Granger Nedensellik	Kişi Başı Reel GSYİH (+) Kişi Başı Reel GSYİH ² (-) Hizmet Ticareti/Toplam Ticaret (-) Yıllık Ortalama Döviz Kuru (-) Kişi Başı Doğrudan Yabancı Yatırım (+)	Geçerli
Boufateh (2019)	1975-2013 Çin ABD	Doğrusal Olmayan ARDL	Kişi Başı Reel GSYİH (-) Kişi Başı Reel GSYİH ² (+) Pozitif Reel Petrol Fiyatı Değişimi (+,-) Negatif Reel Petrol Fiyatı Değişimi (-,+)	Geçerli
Uyar ve Karahana (2020)	1995-2010 Annex I + Non-Annex I (100 Ülke)	Araç Değişkenli Panel Kantil	Kişi Başı Reel GSYİH (-) Kişi Başı Reel GSYİH ² (+) Kişi Başı Reel GSYİH ³ (-) Ticaret Hacmi (+) Hizmet Sektörünün Payı (+) Fosil Yakıt Tüketimi (+) Kentleşme (+)	Geçerli
Karahasan ve Pinar (2022)	2004-2019 Türkiye'nin İlleri	Panel Mekânsal Oto regresif (SAR) Model	Kişi Başı Reel GSYİH (-) Kişi Başı Reel GSYİH ² (+) Kişi Başı Enerji Tüketimi (+) SAR Parametresi (+)	Geçerli
Cil (2022)	1970-2020 Türkiye	Fourier Shin Eşbütünleşme Test	Kişi Başı Reel GSYİH (+) Kişi Başı Reel GSYİH ² (-) Doğrudan yabancı Yatırımlar (+) Kişi Başı Enerji Tüketimi (+)	Geçerli (\$16462.8)

*Bağımlı değişken "sülfür dioksit". **Bağımlı değişken "ekolojik ayakizi".

Tablo 1. Literatür Özeti

2 Model ve Veri Seti

Türkiye için 1970-2020 döneminde karbon emisyonlarının (CO_2) belirleyicileri incelemek üzere 2015 yılı sabit fiyatlarıyla kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıla (gdp), trafikte yer alan toplam araç sayısı ($vehicle$) ile 2021 yılına ait ABD doları cinsinden petrol fiyatları ($oilp$) ilişkin veriler tanımlayıcı istatistiklerin de yer aldığı Tablo 2’de paylaşılan kaynaklardan toplanmıştır. Değişkenlerin başındaki l ölçek farklılıklarını gidermek için doğal tabanda yapılan logaritmik dönüşümü ifade etmektedir.

CO_2 ve bahsedilen diğer değişkenler arasındaki ilişki (1) numaralı eşitlikte tanımlanmıştır.

$$CO_2 = f(gdp, gdp^2, vehicle, oilp) \quad (1)$$

Hem bu değişkenlerin CO_2 üzerindeki uzun dönemli etkisini hem de Kuznet eğrisinin geçerli olup olmadığının sınanacağı model ise (2) numaralı eşitlikte yer almaktadır. Modeldeki tüm değişkenler logaritması alınarak modele dahil edilmiştir.

$$\ln CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 \ln gdp_t + \beta_2 \ln gdp_t^2 + \beta_3 \ln vehicle_t + \beta_4 \ln oilp + e_t \quad (2)$$

EKC’nin geçerli iken β_1 ve β_2 ’nin sırasıyla pozitif ve negatif olması beklenmektedir. Bu durum çevre kirliliği ve gelir arasındaki ters-u şeklindeki ilişkiye işaret etmektedir.

Tablo 2’de yer alan tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde standart sapmanın en yüksek olduğu diğer bir ifade ile oynaklığın en yüksek olduğu değişken 2015 yılı sabit fiyatlarıyla kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasılanın karesidir (gdp^2). Bu değişken bir sonraki bölümde açıklanacağı üzere çevresel Kuznet eğrisinin geçerliliği ve dönüm noktasının hesaplanabilmesi için modele dahil edilmiştir. Oynaklığın en az olduğu değişken ise kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıladır. Bu değişkenin gözlem değerlerinin diğer değişkenlere göre daha fazla ortalama etrafında yoğunlaştığına işaret etmektedir

	lco_2	$lgdpcap$	$lgdpcap^2$	$lvehicle$	$loilp$
Ortalama	5.010	8.712	76.047	15.361	3.924
Medyan	5.082	8.666	75.106	15.594	4.016
Maksimum	5.984	9.396	88.282	17.000	4.852
Minimum	3.671	8.113	65.816	12.821	2.484
Std. Sapma	0.657	0.384	6.743	1.216	0.590
Çarpıklık	-0.269	0.321	0.375	-0.483	-0.387
Basıklık	1.959	1.941	1.976	2.158	2.628
Jarque-Bera	2.916	3.257	3.424	3.491	1.566
	(0.233)	(0.196)	(0.180)	(0.175)	(0.457)
Gözlem Sayısı	51	51	51	51	51
Veri Kaynağı	BP	Worldbank	Worldbank	TÜİK	BP

Parantez içerisindeki değerler Jarque-Bera testine ilişkin prob değerlerini göstermektedir.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler (Logaritmik)

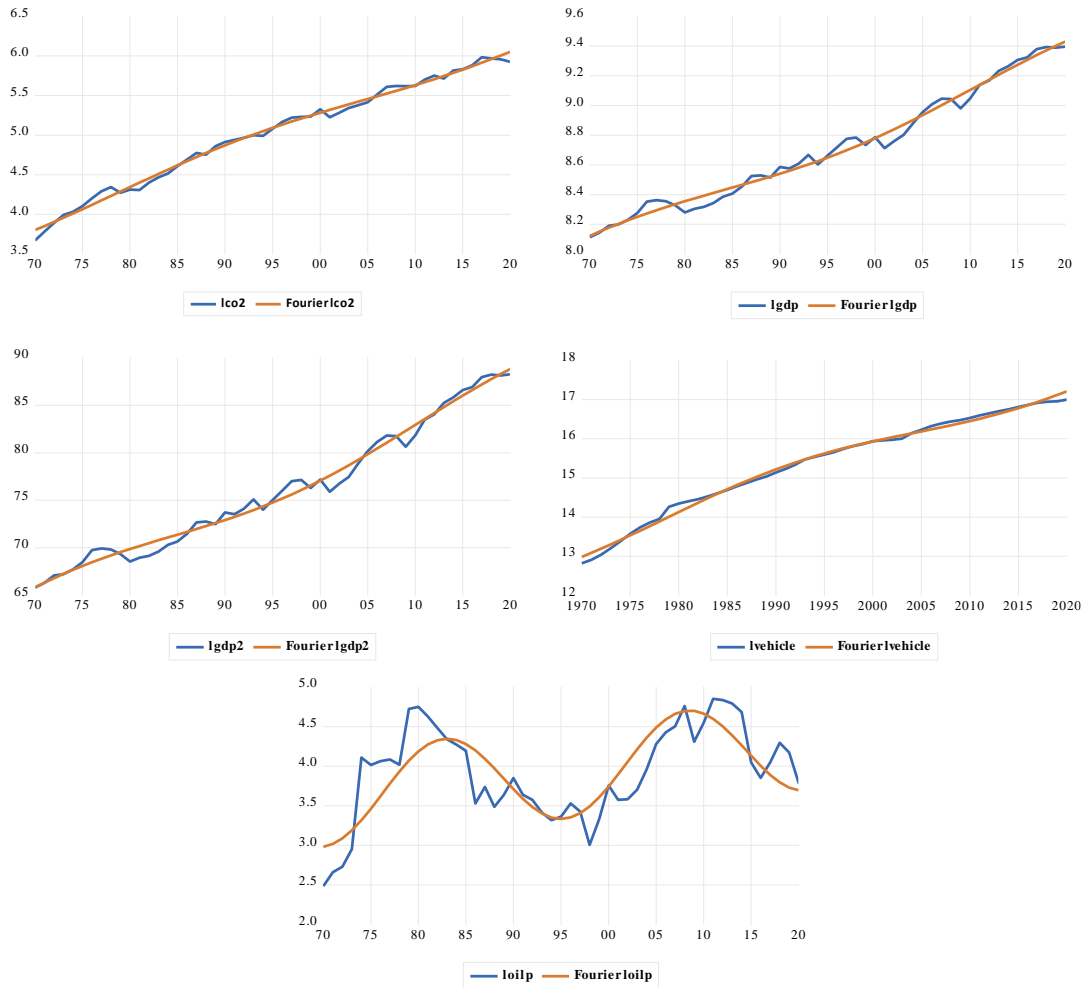
Jarque-Bera normallik testi sonuçlarına göre değerlendirildiğinde ise sıfır hipotezi olan “*Veri seti normal dağılıma sahiptir*” hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla tüm değişkenlerin normal dağılıma uymadığı söylenebilir.

Grafik 1’de değişkenlerin örneklem dönemi olan 1970-2020 yılları arasındaki seyrine yer verilmiştir. Grafikler genel olarak değerlendirildiğinde $loilp$ ile ifade edilen logaritmik petrol fiyatları haricindeki tüm değişkenlerin artan bir trende sahip olduğu söylenebilir. $loilp$ ’ye ilişkin grafik incelendiğinde ise yapısal kırılma ve farklı trendlerin yer aldığı gözükmektedir. Bu çalışmada kullanılan Fourier temelli birim kök ve eşbütünleşme testleri açısından değerlendirmek amacıyla ayrıca değişkenlerin Fourier yaklaşımlarının da grafikleri paylaşılmıştır. Görsel olarak Fourier terimleriyle değişkenlerin dinamiklerinin iyi bir biçimde yakalandığı söylenebilir.

Son olarak Tablo 3’te değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve gücünü gösteren korelasyon matrisine yer verilmiştir. Matrisine göre tüm değişkenler arasında pozitif ve büyük kısmı için güçlü doğrusal ilişki bulunduğu gözükmektedir.

	lco_2	$lgdpcap$	$lgdpcap^2$	$lvehicle$	$loilp$
lco_2	1.000	0.974	0.970	0.993	0.379
$lgdpcap$	0.974	1.000	1.000	0.952	0.385
$lgdpcap^2$	0.970	1.000	1.000	0.946	0.385
$lvehicle$	0.993	0.952	0.946	1.000	0.405
$loilp$	0.379	0.385	0.385	0.405	1.000

Tablo 3. Korelasyon Matrisi



Grafik 1. Değişkenlerin Zaman İçerisindeki Seyri (Logaritmik)

Değişken	ADF		KPSS	
	C	C+T	C	C+T
lco2	-2.542 [0]	-2.825 [0]	5.007 ^a	0.713 ^a
lgdp	0.162 [0]	-2.138 [0]	4.953 ^a	0.699 ^a
lgdp2	0.352 [0]	-1.952 [0]	4.931 ^a	0.785 ^a
lvehicle	-5.838 ^a [0]	-2.630 [1]	4.926 ^a	1.046 ^a
loilp	-2.792 ^c [0]	-2.419 [0]	0.908 ^a	0.325 ^a
Δ lco2	-6.813 ^a [0]	-7.291 ^a [0]	0.432 ^c	0.043
Δ lgdp	-6.725 ^a [0]	-6.698 ^a [0]	0.079	0.037
Δ lgdp2	-6.684 ^a [0]	-6.690 ^a [0]	0.109	0.037
Δ lvehicle	-4.121 ^a [0]	-6.113 ^a [0]	1.915 ^a	0.097
Δ loilp	-4.372 ^a [3]	-4.244 ^a [3]	0.211	0.107

a, b, ve c sırasıyla %1, %5 ve %10 için anlamlılık düzeyini göstermektedir. KPSS testi için H_0 hipotezi "Seri durağandır" şeklindeyken ADF testi için "Seri birim kök içermektedir" şeklindedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler ADF testi için Schwarz Bilgi Kriteri ile belirlenen uygun gecikme uzunluklarını belirtmektedir. C: Sabitli Model. C+T: Sabitli ve Trendli Model.

Tablo 4. Geleneksel Birim Kök Testi Sonuçları

3 Metodoloji ve Ampirik Bulgular

Zaman serilerinde kullanılan birim kök testleri değişkenlerinin ortalamasına dönme eğiliminde olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir. Literatüre kazandırılan ilk birim kök testi Dickey ve Fuller (1979)'ın geliştirdiği testtir (DF). Ancak geliştirilen bu test, test denklemindeki otokorelasyon problemi nedeniyle bağımlı değişkenin gecikmeleriyle genişletilerek Genişletilmiş DF (ADF) birim kök testi önerilmiştir. Ancak bu kez uygun gecikme sayısının belirlenmesi problemiyle karşılaşmıştır. Bu testteki gecikme sayısına olan duyarlılık nedeniyle ise otokorelasyon ve değişen varyans gibi problemler altında varyansın düzeltilmesine dayanan testler önerilmiştir. Sıfır hipotezi "Durağanlık" olan Kwiatkowski vd. (1992) tarafından önerilen KPSS birim kök testi uzun dönem varyans tahmininde yaptığı düzeltme ile uygun gecikme sayısının belirlenmesi ve dolayısıyla gecikme sayısına olan duyarlılığı ortadan kaldırmıştır. Geleneksel birim kök testleri olarak adlandırılan ADF ve KPSS birim kök testlerine ilişkin sonuçlar Tablo 4'te paylaşılmıştır.

Tablo 4 incelendiğinde özellikle Grafik 1'de görülen değişkenlerdeki trend yapısını dikkate alan sabitli ve trendli modeller için tüm değişkenlerin birinci farkı ile durağan hale geldiği ve dolayısıyla birinci dereceden bütünleşik $I(1)$ olduğu gözükmektedir.

Hem ADF hem de KPSS birim kök testleri yapısal kırılmaları dikkate almamaktadır. Perron (1989) değişkenlerde meydana gelen yapısal kırılmaların yanlış sonucuna götürebileceğini göstermiş ve test sürecine yapısal kırılmaları dahil etmiştir. Sonrasında geliştirilen testler yapısal kırılmaların ani olduğunu varsayarak kukla değişkenler ile modellemişlerdir. Becker vd. (2006) ve Enders ve Lee (2012) ise yapısal kırılmaları Fourier terimleri ile kırılma tarihi, formu ve sayısı bilgisine gerek kalmadan modellemişlerdir. Önerilen bu testler sırasıyla geleneksel KPSS ve ADF birim kök testlerinin Fourier terimleriyle genişletilmiş versiyonlarıdır.

Fourier birim kök testlerine ilişkin sonuçlar Tablo 5'te paylaşılmıştır. Ancak öncesinde Grafik 1'de serilerin grafikleri ile Fourier yaklaşımlarının uyumu incelendiğinde serilerin dinamiklerinin iyi bir biçimde yakalandığı gözükmektedir. Tablo 5'e göre sabitli ve trendli modeller için her iki testin sonuçlarına göre tüm değişkenlerin $I(1)$ olduğu söylenebilir.

Değişken:	Fourier ADF				Fourier KPSS			
	C	k^*	C+T	k^*	C	k^*	C+T	k^*
lco ₂	-2.502 [0]	5	-2.789 [0]	5	1.799 ^a	1	0.070 ^b	1
lgdp	0.490 [0]	5	-2.109 [0]	5	1.775 ^a	1	0.098 ^a	1
lgdp ²	0.690 [0]	5	-1.903 [0]	5	1.777 ^a	1	0.105 ^a	1
lvehicle	-5.257 ^a [0]	3	-1.914 [0]	1	1.804 ^a	1	0.222 ^a	1
loilp	-3.082 ^c [0]	2	-3.002 [0]	1	1.111 ^a	2	0.305 ^a	2
Δ lco ₂	-7.874 ^a [0]	5	-5.896 ^a [2]	5	0.433 ^c	5	0.038	5
Δ lgdp	-7.821 ^a [0]	5	-7.935 ^a [0]	5	0.121	5	0.026	5
Δ lgdp ²	-7.720 ^a [0]	5	-7.918 ^a [0]	5	0.166	5	0.026	5
Δ lvehicle	-4.781 ^a [0]	1	-6.642 ^a [0]	3	0.498 ^a	1	0.088	3
Δ loilp	-5.703 ^a [3]	2	-6.155 ^a [3]	1	0.054	2	0.018	1

a, b, ve c sırasıyla %1, %5 ve %10 için anlamlılık düzeyini göstermektedir. KPSS testi için H_0 hipotezi "Seri durağandır" şeklindeki ADF testi için "Seri birim kök içermektedir" şeklindedir. Köşeli parantez içerisindeki değerler ADF testi için Schwarz Bilgi Kriteri ile belirlenen uygun gecikme uzunluklarını belirtmektedir. C: Sabitli Model. C+T: Sabitli ve Trendli Model.

Tablo 5. Fourier Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler tekil olarak durağan olmasalar bile bunların bileşimleri durağan olabilir. Bu durum eşbütünleşme olarak tanımlanmaktadır. Engle ve Granger (1987) tarafından literatüre kazandırılan eşbütünleşme kavramı aynı zamanda uzun dönemde değişkenlerin birlikte dengeye gelebileceğini ifade etmektedir. Önerilen bu eşbütünleşme testi yapısal kırılmaları dikkate almamaktadır. Tsong vd. (2016) ise Shin (1994)'in yapısal kırılmaları dikkate almayan eşbütünleşme testinden farklı olarak yapısal kırılmaları Fourier terimleri ile dikkate alan ve sıfır hipotezi "eşbütünleşme" olan eşbütünleşme testini önermişlerdir.

Hem Shin (1994) (CI^{m*}) hem de Tsong vd. (2016) (CI_f^{m*}) eşbütünleşme testlerine ait sonuçlar Tablo 6'da paylaşılmıştır. Her iki teste ilişkin sonuçlar eşbütünleşmenin varlığına işaret etmektedir.

	Model:	
	C	C+T
CI^{m*}	0.014	0.009
CI_f^{m*}	0.009	0.008
k^*	1	2

0.096, 0.061 ve 0.050 sırasıyla %1, %5 ve %10 için sabitli model (C) için kritik değerlerdir. 0.099, 0.065 ve 0.053 %1, %5 ve %10 için sabitli ve trendli model (C+T) için kritik değerlerdir.

Tablo 6: Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Eşbütünleşme testi sonuçları lco_2 , $lgdp$, $lgdp^2$, $lvehicle$ ve $loilp$ değişkenleri arasında uzun dönemde ilişki olduğunu göstermektedir. Bu durumda uzun dönemli ilişkinin tahmin edilebilmesi için eşbütünleşme tahmincilerinden yararlanılmaktadır. Tablo 7’de üç farklı eşbütünleşme tahmincisine (DOLS, FMOLS ve CCR) ilişkin sonuçlara yer verilmiştir. Farklı tahmin yöntemlerine ait sonuçların yanında sinüs ve kosinüs terimlerinin yer aldığı modellere ilişkin sonuçlara da yer verilmiştir. Bu terimler açısından incelendiğinde DOLS’a dayanan modelde yalnızca sinüs teriminin anlamlı olduğu gözükmektedir. Tablo genel olarak incelendiğinde tüm katsayılar anlamlı ve işaretleri beklentilere uygundur. Ayrıca katsayı büyüklüklerinin birbirine yakın olduğu gözükmektedir. Bu bakımdan sonuçların birbiriyle tutarlı olduğu söylenebilir.

Değişken	DOLS		FMOLS		CCR	
$lgdp$	7.708 ^a (1.555)	8.183 ^a (1.206)	6.621 ^a (1.355)	6.614 ^a (1.278)	6.500 ^a (1.347)	6.419 ^a (1.268)
$lgdp^2$	-0.387 ^a (0.084)	-0.412 ^a (0.065)	-0.329 ^a (0.073)	-0.328 ^a (0.070)	-0.322 ^a (0.073)	-0.317 ^a (0.069)
$lvehicle$	0.243 ^a (0.032)	0.230 ^a (0.024)	0.277 ^a (0.026)	0.277 ^a (0.024)	0.278 ^a (0.026)	0.279 ^a (0.024)
$loilp$	-0.020 ^c (0.011)	-0.033 ^b (0.014)	-0.021 ^b (0.010)	-0.032 ^c (0.016)	-0.022 ^b (0.010)	-0.033 ^c (0.016)
sin	-	-0.020 ^a (0.006)	-	-0.008 (0.007)	-	-0.007 (0.008)
cos	-	-0.007 (0.010)	-	-0.006 (0.012)	-	-0.006 (0.013)
$constant$	36.352 ^a (6.726)	38.347 ^a (5.216)	31.834 ^a (5.888)	31.776 ^a (5.551)	31.322 ^a (5.840)	30.947 ^a (5.493)

Parantez içerisindeki değerler katsayılara ilişkin standart hatalardır. a, b, ve c ise sırasıyla %1, %5 ve %10 için anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 7. Uzun Dönem Katsayı Tahmin Sonuçları

Tablo 7’ye göre trafikte araç sayısındaki artış karbon emisyonunda artışa neden olmaktadır. Trafikteki araç sayısındaki %1’lik artış karbon emisyonlarını uzun dönemde %0.230- 0.278 artırmaktadır. Modellerde göre petrol fiyatlarındaki artışlar ise karbon emisyonları üzerinde azaltıcı etkiye sahiptir. Petrol fiyatlarındaki %1’lik artış karbon emisyonlarında uzun dönemde %0.020-0.022 arasında bir azalmaya neden olmaktadır.

Yine genel olarak incelendiğinde tüm modeller için $lgdp$ ’ye ilişkin katsayının pozitif; $lgdp^2$ ’nin katsayısının ise negatif olduğu ve her ikisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözükmektedir. Bu durum çevresel Kuznet eğrisinin incelenen 1970-2020 dönemi için geçerli olduğunu kanıtlamaktadır. Bu eğriye göre karbon emisyonları kişi başı gelirin belli bir düzeyine kadar artacak; belli bir gelir düzeyinden itibaren azalacaktır. Sırasıyla β_1 ve β_2 ’nin değerleri dönüm noktası formülünde yerine koyulduğunda Türkiye için 1970-2020 dönemi için dönüm noktası gelir düzeyi 21135.302 ABD doları olarak elde edilmektedir. Elde edilen bu düzey incelenen dönemdeki gelir düzeyinin üzerinde ve örneklemin dışındadır.

4 Sonuçlar

Bu çalışmada Türkiye için 1970-2020 dönemi için karbon emisyonları ile trafikteki toplam araç sayısı ve petrol fiyatları arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu ilişki incelenirken aynı zamanda EKC eğrisinin geçerliliği test edilmiş ve Türkiye için dönüm noktası hesaplanmıştır. Geleneksel birim kök testlerinin yanında (ADF ve KPSS) serilerde yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier birim kök testleriyle (Fourier ADF ve Fourier KPSS) serilerin durağanlıkları incelenmiş ve tüm serilerin sabitli ve trendli model için fark aynı dereceden bütünleşik diğer bir ifade ile birinci dereceden durağan oldukları sonucuna varılmıştır. Sonrasında ise değişkenlerin uzun dönemde dengeye gelip gelmeyeceği ilk olarak yapısal kırılmaları dikkate almayan Shin (1994) ve yapısal kırılmaları Fourier terimleri ile dikkate alan Tsong vd. (2016) eşbütünleşme testleriyle incelenmiştir. Her iki test sonucuna göre eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Uzun dönem katsayı tahmini DOLS, FMOLS ve CCR

tahmincileri kullanılarak yapılmıştır. Tahmin sonuçlarına göre Türkiye’de EKC eğrisinin incelenen 1970-2019 dönemi için geçerli olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca karbon emisyonları üzerinde trafikteki araç sayısının artışının pozitif; petrol fiyat artışlarının ise negatif etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynakça

- Agras, J., ve Chapman, D. (1999). "A dynamic approach to the Environmental Kuznets Curve hypothesis", *Ecological economics*, **28(2)**, 267-277.
- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S., ve Tunç, G. İ. (2009). "The relationship between income and environment in Turkey: is there an environmental Kuznets curve?", *Energy policy*, **37(3)**, 861-867.
- Balaguer, J., ve Cantavella, M. (2016). "Estimating the environmental Kuznets curve for Spain by considering fuel oil prices (1874–2011)", *Ecological Indicators*, **60**, 853-859.
- Becker, R., Enders, W., ve Lee, J. (2006). "A stationarity test in the presence of an unknown number of smooth breaks", *Journal of Time Series Analysis*, **27(3)**, 381-409.
- Boufateh, T. (2019). "The environmental Kuznets curve by considering asymmetric oil price shocks: evidence from the top two", *Environmental Science and Pollution Research*, **26(1)**, 706-720.
- Bölük, G., ve Mert, M. (2015). "The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **52**, 587-595.
- Cil, N. (2022). "Re-examination of pollution haven hypothesis for Turkey with Fourier approach", *Environmental Science and Pollution Research*, 1-13.
- Dickey, D. A., ve Fuller, W. A. (1979). "Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root", *Journal of the American statistical association*, **74(366a)**, 427-431.
- Enders, W., ve Lee, J. (2012). "The flexible Fourier form and Dickey–Fuller type unit root tests", *Economics Letters*, **117(1)**, 196-199.
- Engle, R. F., ve Granger, C. W. (1987). "Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing", *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
- Esmaili, A., ve Abdollahzadeh, N. (2009). "Oil exploitation and the environmental Kuznets curve", *Energy policy*, **37(1)**, 371-374.
- Grossman, G. M., ve Krueger, A. B. (1991). "Environmental impacts of a North American free trade agreement", *In: National Bureau of economic research Cambridge, Mass., USA.*
- Karahasan, B. C., ve Pinar, M. (2022). "The environmental Kuznets curve for Turkish provinces: a spatial panel data approach", *Environmental Science and Pollution Research*, **29(17)**, 25519-25531.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., ve Shin, Y. (1992). "Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?", *Journal of econometrics*, **54(1-3)**, 159-178.
- Mrabet, Z., AlSamara, M., ve Hezam Jarallah, S. (2017). "The impact of economic development on environmental degradation in Qatar", *Environmental and ecological statistics*, **24(1)**, 7-38.
- Pata, U. K. (2018). "The influence of coal and noncarbohydrate energy consumption on CO2 emissions: revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for Turkey", *Energy*, **160**, 1115-1123.
- Perron, P. (1989). "The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis", *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1361-1401.
- Shin, Y. (1994). "A residual-based test of the null of cointegration against the alternative of no cointegration", *Econometric theory*, **10(1)**, 91-115.
- Tsong, C.-C., Lee, C.-F., Tsai, L.-J., ve Hu, T.-C. (2016). "The Fourier approximation and testing for the null of cointegration", *Empirical Economics*, **51(3)**, 1085-1113.
- Tutulmaz, O. (2015). "Environmental Kuznets curve time series application for Turkey: why controversial results exist for similar models?", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **50**, 73-81.
- Uyar, S. G. K., ve Karahan, Z. B. (2020). "Genişletilmiş Çevresel Kuznets Eğrisi Modelinde İçsellik Problemi: Panel Kantil Araç Değişken Yaklaşımı", *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, **5(3)**, 773-804.
- 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.
- Zhang, Y., ve Zhang, S. (2018). "The impacts of GDP, trade structure, exchange rate and FDI inflows on China's carbon emissions", *Energy policy*, **120**, 347-353.