

TÜRKİYE'DE EKONOMİK BÜYÜME, ENERJİ TÜKETİMİ, TİCARİ SERBESTLEŞME VE NÜFUS YOĞUNLUĞUNUN CO₂ EMİSYONU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: YAPISAL KIRILMALI EŞBÜTÜNLEŞME ANALİZİ

Cuma BOZKURT

Gaziantep Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, cbozkurt@gantep.edu.tr

İlyas OKUMUŞ

Gaziantep Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, iokumus@gantep.edu.tr

Özet

Çalışma, Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinin geçerliliğini test etmek için, 1966-2011 yıllarını kapsayan dönemde Türkiye'de CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari açıklık oranı ve nüfus yoğunluğu değişkenleri arasındaki uzun dönemli ilişkiyi incelemektedir. Eşbütünleşme ilişkisini belirlemek için iki yapısal kırılmaya izin veren Hatemi-J (2008) eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Test sonuçları CO₂ emisyonu (bağımlı değişken) ile bağımsız değişkenler (ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari açıklık oranı ve nüfus yoğunluğu) arasında iki yapısal kırılmayla (1973, 1985) birlikte eşbütünleşme ilişkisi olduğunu göstermiştir. Ayrıca, diğer bağımsız değişkenlerle birlikte ekonomik büyüme CO₂ emisyonunu pozitif etkilemektedir. Bundan dolayı, ÇKE hipotezi Türkiye için geçerlidir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Kuznets Eğrisi, CO₂ emisyonu, yapısal kırılmalı eşbütünleşme

THE EFFECTS OF ECONOMIC GROWTH, ENERGY CONSUMPTION, TRADE OPENNESS AND POPULATION DENSITY ON CO₂ EMISSIONS IN TURKEY: A COINTEGRATION ANALYSIS WITH STRUCTURAL BREAKS

Abstract

This study explores the relationship between per capita CO₂ emissions, per capita income, per capita energy consumption, trade openness rate and population density for Turkey over the period from 1966 to 2011 in order to test the validity of the Environmental Kuznets Curve (EKC). Hatemi-J (2008) cointegration test under two structural breaks is used to determine the relationship. The results reveal that there is a cointegration relationship with two structural breaks (1973, 1985) between CO₂ emissions (dependent variable) and independent variables (economic growth, energy consumption, trade openness rate and population density). Moreover, economic growth and other independent variables affect CO₂ emissions positively. Therefore, the EKC hypothesis is valid for Turkey.

Keywords: Environmental Kuznets Curve, CO₂ emissions, cointegration test with structural breaks

Giriş

Son yıllarda, en sık tartışılan küresel konulardan biri de küresel ısınma ve iklim değişikliği bağlamında çevresel tahribat olmuştur. Küresel ısınmanın başlıca sebebi atmosferdeki sera etkisine neden olan gazların oranındaki çok hızlı artıştır. Sera etkisine neden olan başlıca gaz ise benzin, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların kullanımıyla atmosfere yayılan karbon dioksit (CO₂) gazıdır.

Sanayi devrimi ile birlikte başlayan kitlesel üretim ve aşırı tüketim beraberinde enerji ihtiyacını artırmış ve bu ihtiyaç büyük ölçüde fosil yakıtlardan karşılanmıştır. Uzun yıllar, fosil yakıt enerji talebi çevre üzerinde felaketlere neden olan üssel büyüme hızına ulaşmıştır. Böylelikle, ekonomik büyüme hedefine odaklanan ülkeler, büyüme ile birlikte küresel ısınmaya neden olan CO₂ emisyonunun artmasına da sebep oldular. Çevresel olayların baş göstermesiyle birlikte mevcut büyüme yapıları tartışılmaya başlanmıştır. Bu akımın en önemli kaynaklarından biri de 1972 yılında Roma Kulübü tarafından hazırlanan "Büyümenin Sınırları" (The Limits to Growth) isimli rapordur. Rapora göre, "Dünya nüfusunda, sanayileşmede, gıda üretiminde, doğal kaynakların tüketiminde ve çevre kirlenmesinde bugünkü (o dönemde) büyüme eğilimi devam edecek olursa, dünyamızda ekonomik büyüme gelecek 100 yıl içinde sınıra dayanacaktır" (Meadows, 1978).

Literatürde, son yıllarda çevre kirliliği ve gelir ilişkisi tartışmalarının en başında Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi gelmektedir. ÇKE hipotezine göre, ilk olarak çevre kirliliği kişi başı gelirle önce yükselmekte, belli bir noktadan sonra bu ilişki değişerek çevre kirliliği kişi başı gelirle azalmaktadır. Yani, çevresel kalite ve kişi başı gelir arasında ters-U biçimli bir ilişki vardır. Grossmann ve Krueger (1991, 1993, 1995) gayri safi yurtiçi hasıla ile bazı kirlilik göstergeleri arasındaki bu ters-U biçimli ilişkiyi tespit etmesiyle ve son yirmi yıldır artan çevresel felaketlerle birlikte, bu konuyla ilgili literatür hızla artmaktadır. Gelir ve çevre kirliliği arasındaki ilişki ülke grupları için ve aynı zamanda tek tek ülkeler için çalışılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda ortak bir sonuca ulaşılamamıştır. Bazılarında ÇKE hipotezi doğrulanırken, bazılarında doğrulanamamıştır. Bu konuyla ilgili çalışmalarda, ihmal edilen değişkenin istenmeyen etkilerine maruz kalınmaması için enerji tüketimi modele dahil edilmiştir (Richmond ve Kaufmann, 2006). Son yıllarda özellikle ticaret ve nüfus verileri de modele dahil edilmektedir.

Bu çalışmanın amacı ÇKE hipotezinin Türkiye için test edilmesidir. 1980'lerde başlayan dışa dönük sanayileşmeye ve ekonomide liberalleşmeye dayalı ekonomi politikalarıyla birlikte hızlı sanayileşme sürecine giren Türkiye'de enerji talebi artmış ve bunun sanucunda atmosfere salınan sera gazı miktarında artış meydana gelmiştir. Türkiye'de, CO₂ gazı miktarı sera gazlarının içinde çok yüksek bir paya sahiptir. Bu yüzden çevre kirliliği göstergesi olarak CO₂ emisyonu alınmıştır. Gayri safi yurtiçi hasıla verisinin yanında enerji tüketimi, ticaret yoğunluğu ve nüfus yoğunluğu verileri modele dahil edilmiştir.

Literatürde, ÇKE hipotezini Türkiye için test eden çok sayıda çalışma bulunmaktadır ama bu hipotezi yapısal kırılmaları dikkate alarak inceleyen çok az sayıda çalışma bulunmaktadır. Çalışmada, ÇKE hipotezi Türkiye için iki yapısal kırılmaya izin veren ekonometrik testler kullanılarak incelenecektir. Bu testlerin kullanılmasının nedeni incelenen dönem aralığında yapısal kırılmalara kaynak olabilecek uluslararası (1973 Petrol Krizi, 1997 Asya Krizi, 2008 Küresel Finans Kriz) ve ulusal (1994, 1998 ve 2001 ekonomik krizler) birçok gelişme meydana gelmesidir. Bu yüzden ÇKE hipotezini Türkiye için yapısal değişimleri dikkate alarak incelemek önemlidir. Çalışmada, ÇKE Hipotezi iki yapısal kırılmaya izin veren Hatemi-J (2008) testi kullanılarak incelenecektir.

Çalışmanın takip eden kısımları şu şekildedir; ikinci bölümde ÇKE hipotezinin geçerliliğini test eden çalışmalara ve bu çalışmalarda elde edilen bulgulara yer verilmiş daha sonra çalışmada kullanılan veriler, faydalanılan yöntemler ve ampirik model hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde analizler sonucunda elde edilen ampirik bulgulara yer verilirken, son olarak ulaşılan sonuçlar dahilinde çeşitli politik önerilerde bulunulmuştur.

Literatür Taraması

Kuznets’in 1955’te yapmış olduğu çalışmasında gelir dağılımı ile ekonomik büyüme arasındaki ters-U şeklinde gelir arttıkça gelir dağılımının önce kötüleştiği daha sonra iyileştiği şeklinde ilişkiyi gösteren Kuznets Eğrisi, 1990’lı yıllarda çevre kalitesi ile fert başı gelir ilişkisine uygulanmaya başlanmıştır. Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi, son yıllarda artan çevresel olaylar ve ekonomik krizlerden dolayı yoğun bir şekilde analiz edilmektedir. Grossman ve Krueger (1991) tarafından ilk kez test edilen hipotez, Stern (2004), Coondoo ve Dinda (2002), Dinda (2004), Luzzati ve Orsini (2009), Halıcıoğlu (2009), Acaravcı ve Öztürk (2010) çalışmaları ÇKE hipotezi hakkında geniş bir literatür bilgisi sağlamaktadır. Bu çalışmalarda çevre kirliliği-ekonomik büyüme ilişkisi test edilmektedir. Richmond ve Kaufman (2006), Soytaş vd. (2007), Zhang ve Cheng (2009), Halıcıoğlu (2009), Apergis ve Payne (2009, 2010), Öztürk ve Acaravcı (2010), Acaravcı ve Öztürk (2010), Pao ve Tsai (2011), Öztürk ve Uddin (2012) çalışmaları çevre kirliliği, ekonomik büyüme ve enerji ilişkisini ÇKE hipotezi çerçevesinde test etmektedir.

Son zamanlarda ÇKE hipotezini test etmek için kullanılan modellerde çevre kirliliği, enerji, büyüme değişkenlerine ek olarak ticari açıklık, kentleşme, nüfus, finansal kalkınma göstergeleri gibi değişkenlerde dahil edilmektedir. Ayrıca bazı çalışmalarda kirlilik verisi olarak CO₂ emisyonu yerine ormansızlaşma, ekolojik ayak izi gibi veriler kullanılmaktadır. Mesela; Ahmed vd. (2015) çalışmasında ÇKE hipotezinin geçerliliği Pakistan için 1980-2013 yıllarını kapsayan dönem için ormansızlaşma, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari açıklık ve nüfus verilerine ARDL sınır testi kullanılarak test edilmiş ve hipotezin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Al-mulali vd. (2015) çalışmasında 93 ülke için ekolojik ayakizi, büyüme, enerji tüketimi, kentleşme ve ticari açıklık verileri kullanılarak 1980-2008 yılları

arasında ÇKE'nin geçerliliği test edilmiştir. Testin sonucuna göre, üst orta ve yüksek gelirli ülkelerde hipotezin geçerliliği teyit edilmiştir.

Apergis ve Öztürk (2015)'te 14 Asya ülkesi için 1990-2011 yıllarını kapsayan dönem için ÇKE hipotezinin geçerliliği GMM panel yöntemi kullanılarak test edilmiş ve bu ülkeler için hipotezi destekleyen sonuçlara ulaşılmıştır. Shahbaz vd. (2015) çalışmasında ARDL sınır testi kullanılarak 1971-2008 yılları arasında Portekiz için ÇKE hipotezinin geçerliliği test edilmiştir. Test sonuçları hipotezi doğrulamaktadır. Öztürk ve Al-mulali (2015) çalışmasında Kamboçya için 1996-2012 yıllarını kapsayan dönemde ÇKE hipotezinin geçerliliği test edilmiş ve hipotezin bu ülke için geçersiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Shahbaz vd. (2014) çalışmasında ARDL sınır testi yaklaşımıyla ÇKE'nin geçerliliği 1971-2010 yılları arasında Tunus için test edilmiştir. Tunus için ÇKE hipotezi geçerlidir. Lau vd. (2014) çalışmasında ÇKE hipotezinin geçerliliği 1970-2008 yılları arasında Malezya için test edilmiştir. ARDL sınır testi yaklaşımı sonuçlarına göre Malezya'da ÇKE hipotezi geçerlidir. Chandran ve Tang (2013) çalışmasında ASEAN ülkeleri için ÇKE hipotezinin geçerliliğini Johansen eşbütünleşme testi kullanarak 1971-2008 yıllarını kapsayan dönem için test etmişlerdir. Sonuç olarak ÇKE hipotezinin geçersiz olduğu sonucuna varılmıştır. Wang vd. (2011) çalışmasında ÇKE hipotezinin geçerliliği 1995-2007 yılları arasında Çin'in 28 bölgesi için test etmiştir. Pedroni eşbütünleşme testi sonuçlarına göre ÇKE hipotezi geçerli değildir. Jalil ve Mahmud (2009) çalışmasında ARDL sınır testi kullanarak Çin için ÇKE'nin geçerliliğini 1975-2005 dönemi için test etmişler ve ÇKE hipotezi Çin için geçerli bulunmuştur.

Türkiye'de ÇKE hipotezinin geçerliliğini test eden sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır ama son yıllarda bu konuya olan ilgi artmaktadır. Daha önce yapılan Türkiye için yapılan bu çalışmalarda hipotezin geçerliliği hakkında tam bir fikir birliği bulunmamaktadır. Akbostancı vd. (2009) çalışmasında 1980-2003 döneminde hem zaman serisi hem de panel veri teknikleri kullanılarak Türkiye'de ÇKE hipotezi test edilmiştir. Çalışma sonucunda ÇKE hipotezi doğrulanmamaktadır. Halıoğlu (2009) çalışmasında ARDL sınır testi aracılığıyla Türkiye için ÇKE hipotezinin geçerliliğini 1975-2005 yılları için test etmiştir. CO₂ emisyonu, GDP, enerji tüketimi ve ticari açıklık verilerinin kullanıldığı test sonucuna göre ÇKE hipotezi Türkiye'de geçerlidir. Öztürk ve Acaravcı (2010) çalışmasında ARDL sınır testiyle 1968-2005 yıllarını kapsayan dönemde Türkiye için ÇKE hipotezi CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve istihdam verileri kullanılarak test edilmiştir. Test sonucuna göre, ÇKE geçersiz bulunmuştur. Öztürk ve Acaravcı (2013) çalışmasında 1960-2007 yıllarını kapsayan dönemde ÇKE hipotezinin geçerliliği Türkiye için test edilmiştir. CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticaret ve finansal kalkınma verileri ARDL sınır testi yaklaşımıyla test edilmiş ve ÇKE'nin geçerliliği teyit edilmiştir. Shahbaz vd. (2013) çalışmasında Türkiye için ÇKE hipotezi 1970-2010 yılları arasında ARDL sınır testiyle CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme, enerji

yoğunluğu ve küreselleşme verileri test edilmiştir ve sonuç olarak hipotezin geçerliliği gösterilmiştir.

ÇKE hipotezinin geçerliliğini yapısal değişimleri dikkate alarak inceleyen araştırma sonucunda hipotezin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Saatçi ve Dumrul (2012) çalışmasında yapısal kırılmalı eşbütünleşme testi kullanılarak Türkiye için ÇKE hipotezinin geçerliliği 1950-2007 yıllarını kapsayan dönem için incelenmiş ve hipotezin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kanjilal ve Ghosh (2013) çalışmasında 1971-2008 yılları arasında Hindistan için ÇKE hipotezinin geçerliliğini yapısal kırılmalı eşbütünleşme testi aracılığıyla test edilmiş ve yapısal kırılmayla birlikte hipotezin geçerliliği gösterilmektedir. Yavuz (2014) çalışmasında bir yapısal kırılmaya izin veren Gregory ve Hansen (1996) eşbütünleşme testi aracılığıyla ÇKE hipotezinin geçerliliğini 1960-2007 yılları arasında Türkiye için test etmiştir. CO₂ emisyonu, GDP ve enerji tüketimi verileri kullanılan test sonucunda hipotez geçerli sonucuna ulaşılmıştır.

Model ve Veri

Literatürdeki çalışmalara dayalı olarak CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari açıklık oranının ve nüfus yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Bu modelin zaman serisi versiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\ln CO_{2t} = \alpha_1 + \alpha_2 \ln GDP_t + \alpha_3 \ln E_t + \alpha_4 \ln TR_t + \alpha_5 \ln P_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Burada CO_{2t} karbon dioksit emisyonunu (kişi başı metrik ton), GDP_t kişi başı reel gayri safi yurt içi hâsılayı, E_t enerji kullanımını (kişi başı petrol eşdeğeri kg), TR_t toplam ticaretin gayrisafi yurtiçi hâsıla içindeki payını ve P_t terimi ise nüfus yoğunluğunu (kilometre kare başı kişi sayısı) temsil etmektedir. Logaritmik formun sonuçları doğrusal formunkinden daha iyi olduğundan modeldeki tüm serilerin doğal logaritmaları alınmıştır. Kullanılan veriler 1966-2011 yılları arasında yıllık gözlemlerden oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan tüm veriler Dünya Bankası (WDI) veritabanından elde edilmiştir.

Yöntem

Ekonomik krizler, ekonomi politikalarında yaşanan değişim, siyasal istikrarsızlık ve doğal afetler gibi nedenler iktisadi zaman serilerinde yapısal kırılmalara neden olabilmektedir. Bir yapısal kırılma olması halinde genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testinin kullanılması birim kök temel hipotezini reddedememeye yol açmaktadır. Aynı zamanda 2 yapısal kırılma olması halinde bir yapısal kırılmaya izin veren birim kök testinin kullanılması da benzer şekilde birim kök temel hipotezini reddedememeye yol açacaktır (Ben-David vd.,2003). Bu çalışmada serilerin durağanlığını test etmek için iki yapısal kırılmaya izin veren Lee ve Strazicich (2003) birim kök testi kullanılmıştır. Daha sonra, değişkenlerin aralarındaki uzun dönemli ilişkiyi incelemek için iki yapısal kırılmaya izin veren Hatemi-J (2008) eşbütünleşme testi kullanılmıştır.

Lee ve Strazicich (2003) Birim Kök Testi

Bu çalışmada serilerin yapısal kırılmalar altında birim köke sahip olup olmadığını test etmek için, Lee ve Strazicich (2003) tarafından geliştirilen LM birim kök testi kullanılacaktır. Bu testte yapısal kırılmalar içsel olarak belirlenmektedir. LM birim kök testlerinde alternatif hipotezin yapısal kırılmalı durağan olmaması gerektiği ortaya konulmuştur. Diğer bir ifadeyle, LM birim kök testlerinde Zivot ve Andrews (1992), Perron (1997) ile Vogelsang ve Perron (1998) birim kök testlerinin aksine temel hipotezin reddi, birim kökün varlığını reddetmeyi gerektirmemekte, yapısal kırılma olmayan birim kökün reddini ifade etmektedir.

LM birim kök testi için aşağıdaki regresyon ele alınır:

$$y_t = \alpha' Z_t + e_t \quad e_t = \beta e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

2 nolu denklemde Z_t egzogen değişkenleri gösterirken, ε_t parametresi ise klasik özelliklere sahip hata terimini ifade etmektedir. Yalnızca düzeyde iki kırılmaya izin veren birim kök testi için Model A, D_{jt} , $j = 1, 2$ için $t \geq TB_j + 1$ iken 1 diğer durumlar için 0 değerini alan gölge değişkeni göstermek için Z_t yerine $[1, t, D_{1t}, D_{2t}]'$ ifadesi yazılmak suretiyle elde edilir. Serinin hem düzeyde hem de trendde iki yapısal kırılmaya izin veren Model C' yi elde etmek için $j = 1, 2$ olmak üzere DT_{jt} , $t \geq TB_j + 1$ iken $t - TB_j$ diğer durumlarda 0 değerini alan gölge değişkeni göstermek suretiyle Z_t yerine $[1, t, D_{1t}, D_{2t}, DT_{1t}, DT_{2t}]'$ ifadesi konulur.

Veri üretim süreci sıfır hipotez altında kırılmaları içerirken ($\beta = 1$) ve alternatif hipotez ($\beta < 1$) şeklindedir. LM birim kök test istatistiği aşağıdaki regresyondan elde edilir:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \varphi S_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Burada $S_t = Y_t - \Psi_x - Z_t \delta$, $t = 2, \dots, T$ 'dir. δ , Δy_t 'nin ΔZ_t 'ye göre regresyonundan elde edilen katsayılarıdır. Ψ_x , $Y_1 - Z_1 \delta$ ile elde edilir. Δy_t 'nin durağanlığı φ 'nin sıfıra eşit olup olmaması ile sınırlanmaktadır. LM test istatistiği birim kök temel hipotezini sınanan t istatistiği olan $\hat{\varphi}$ ile elde edilir. Kırılma noktalarını belirlemek $\hat{\varphi}$ istatistiğinin minimum olduğu noktalar seçilir:

$$LM_t = \inf_{\lambda} \hat{\varphi}(\lambda) \quad (4)$$

Burada $j = 1, 2$ için TB_j kırılma noktalarını göstermek için $\lambda = T/TB_j$ şeklindedir. İki kırılmalı LM birim kök testi için kritik değerler Lee ve Strazicich (2003)'den elde edilebilir.

Hatemi-J (2008) Eşbütünleşme Testi

Hatemi-J (2008) tarafından geliştirilmiş olan eşbütünleşme testi, Gregory ve Hansen (1996) tarafından geliştirilen bir içsel kırılmaya izin veren eşbütünleşme testinin, iki içsel kırılma için geliştirilmiş şeklidir. Hatemi-J (2008) çalışmasında, hem sabitte hem de eğimde iki yapısal kırılmanın etkisini aşağıdaki modeli dikkate alarak ifade etmiştir:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_{1t} + \alpha_2 D_{2t} + \beta_0 X_t + \beta_1 D_{1t} X_t + \beta_2 D_{2t} X_t + u_t \quad (5)$$

5 nolu formülde α_0 yapısal kırılmaması durumunda sabit terimi gösterirken, α_1 birinci yapısal kırılmadan dolayı, α_2 ise ikinci yapısal kırılmadan dolayı sabit terimde meydana gelen değişmeyi göstermektedir. β_0 yapısal kırılmadan önceki eğim katsayısını gösterirken, β_1 birinci yapısal kırılmanın eğimde yaptığı etkiyi, β_2 ikinci yapısal kırılmanın eğimde yaptığı etkiyi göstermektedir.

Yapısal kırılmaların etkilerini modele dahil eden kukla değişkenler aşağıdaki tanımlanmaktadır. Burada $\tau_1 \in (0, 1)$ ve $\tau_2 \in (0, 1)$ ilgili rejim değişim noktasının zamanlamasını gösteren bilinmeyen parametreleri ifade etmektedir.

$$D_{1t} = \begin{cases} 0, & \text{eğer } t \leq [n\tau_1] \\ 1, & \text{eğer } t > [n\tau_1] \end{cases} \quad \text{ve} \quad D_{2t} = \begin{cases} 0, & \text{eğer } t \leq [n\tau_2] \\ 1, & \text{eğer } t > [n\tau_2] \end{cases}$$

Hatemi-J (2008) testinde temel hipotezi test etmek için ADF*, Z_α ve Z_t test istatistiklerinden faydalanılmaktadır. ADF* test istatistiği Model X'ten elde edilen kalıntılara ADF birim kök test istatistiği uygulanarak elde edilmektedir. Z_α test istatistiği, $Z_\alpha = n(\hat{\rho}^* - 1)$ formülüyle hesaplanmaktadır. Bu formüldeki $\hat{\rho}^*$ terimi, yanlışlığı düzeltilmiş birinci dereceden otokorelasyon katsayısının tahmincisini ifade etmektedir. $\hat{\rho}^*$ terimi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Hatemi-J, 2008:499).

$$\hat{\rho}^* = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} (\hat{u}_t \hat{u}_{t+1} - \sum_{j=1}^p w_j \left(\frac{\Delta}{n}\right) \hat{u}_t \hat{u}_{t+j})}{\sum_{t=1}^{n-1} \hat{u}_t^2} \quad (6)$$

Z_t istatistiği yukarıda hesaplanan $\hat{\rho}^*$ teriminden faydalanarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplamak mümkündür.

$$Z_t = \frac{(\hat{\rho}^* - 1)}{[\hat{\rho}(\omega) + \sum_{j=1}^p w_j \left(\frac{\Delta}{n}\right) \hat{\rho}(\omega)] / \sum_{t=1}^{n-1} \hat{u}_t^2} \quad (7)$$

7 nolu formülün paydasındaki köşeli parantezin içindeki ifade, \hat{u}_t 'nin \hat{u}_{t-1} üzerine kurulan regresyonundan elde edilen kalıntıların uzun dönemli varyans tahmincilerini göstermektedir. Bu testte kullanılan üç test istatistiği de standart olmayan dağılıma sahiptir. Bu test için kritik değerler Hatemi-J (2008)'te tablolaştırılmıştır.

Ampirik Bulgular

Çalışmada ÇKE bağlamında Türkiye için CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari açıklık oranı ve nüfus yoğunluğu arasındaki ilişkiyi test etmek için birim kök testi ve eşbütünleşme testinden faydalanılmıştır. Ampirik analiz üç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, serilerin durağanlığı birim kök testi ile incelenmiştir. Daha sonra uzun dönemli ilişkiyi test etmek için eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Son olarak, uzun dönem katsayı tahmincisi ile değişkenlerin elastikiyetleri hesaplanmıştır.

Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisini inceleyecek testlere karar vermek için serilerin durağanlık seviyelerini belirlemek gereklidir. Bu yüzden çalışmada iki kırılmalı LM birim kök testi kullanılmıştır. Tablo 1'e bakıldığında iki yapısal kırılmaya izin veren LM birim kök testinin sonuçları görülmektedir.

Tablo 1: İki Kırılmalı LM Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	LM test istatistiği	Kırılma tarihleri
lnCO2	-4.192	1976, 1986
lnGDP	-5.146	1978, 1998
lnE	-4.433	1973, 1999
lnTR	-5.168	1987, 1998
lnP	-5.030	1978, 1994
Δ lnCO2	-6.863*	
Δ lnGDP	-7.182*	
Δ lnE	-7.063*	
Δ lnTR	-6.975*	
Δ lnP	-5.839**	

Not: Tablodaki LM test istatistiği sabit ve eğimde iki kırılmaya izin veren Model C için hesaplanmıştır. * ve ** sırasıyla %1 ve %5 güven düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir. Uygun gecikme uzunluğu genelden özele t istatistiği ile belirlenmiştir. Δ , serilerin birinci farklarını göstermektedir. Model C için %10 güven düzeyinde kritik değerler -5.27 ile -5.33 arasında değişmektedir (Lee ve Strazicich, 2003).

Tablo 1'e göre, değişkenlerin düzeyde hesaplanan test istatistikleri kritik değerleri ile karşılaştırıldığında, iki kırılmalı birim kök sıfır hipotezini kabul edilmiştir. Değişkenlerin farkı alındığında hesaplanan birim kök test istatistiklerine göre sıfır hipotezi reddedilmiştir ve I(1) olduğu sonucuna varılmıştır. Bazı kırılma noktalarına bakıldığında, enerji tüketimi için 1973 kırılma noktası Petrol Krizinin, GDP ve ticaret verilerindeki 1998 kırılma noktası Asya Krizinden kaynaklı ulusal krizin etkilerini göstermektedir.

Tablo 2: Hatemi-J Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Test İstatistiği	Yapısal Kırılmalar
-9.72*	1973, 1985

Not: * % 1 güven düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir. Kritik değer % 1'de -8.353 olarak Hatemi-J (2008)'nin "Tests for Cointegration with Two Unknown Regime Shifts with an Application to Financial Market Integration" isimli makalesinden alınmıştır.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi test etmek için Hatemi-J (2008) tarafından geliştirilen iki kırılmaya izin veren eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Sonuçlara göre, değişkenler arasında eşbütünleşme

ilişkisi yok olan sıfır hipotezi reddedilmiştir. Türkiye için bu değişkenler arasında iki yapısal kırılmayla birlikte eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3: FMOLS Tahmincisi Sonuçları (Bağımlı değişken= $\ln CO_2$)

Değişkenler	Katsayılar	t istatistiği
Sabit	-12.894*	-37.922
$\ln GDP$	0.117*	3.813
$\ln E$	1.174*	44.534
$\ln TR$	0.011*	2.768
$\ln P$	1.270*	19.087
D1	-0.038*	-7.785
D2	0.000	0.253

Not: * % 1 güven düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir. D1:1973 ve D2:1985

Eşbütünleşme ilişkisi bulunduktan sonra bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni ne yönde ve ne kadar etkilediğini belirlemek için uzun dönem katsayı tahmincisi olan FMOLS yöntemi kullanılmıştır. CO₂ emisyonunun bağımlı değişken diğer değişkenlerle kukla değişkenlerin bağımsız değişken olarak dâhil edildiği analiz sonuçları Tablo 3’te verilmiştir. Bu sonuçlara göre, 1985 yılını temsilen modele dahil edilen D2 değişkeni hariç tüm değişkenler istatistiksel olarak anlamlıdır. Tablo 3’e bakıldığında, GDP, enerji tüketimi, ticari açıklık oranı ve nüfus yoğunluğu ile bağımlı değişken olan CO₂ emisyonu arasında pozitif bir etkileşim bulunmaktadır. Yani bu değişkenlerdeki bir artış CO₂ emisyonunu artırmaktadır. Ahmed vd. (2015) çalışmasında enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve nüfus artışının çevresel bozulmayı artırdığını rapor etmişlerdir. Bu çalışma bulduğumuz sonuçları desteklemektedir. Ekonomik büyümedeki % 1’lik bir artış CO₂ emisyonunu % 0.11 artırmaktadır. Benzer bir şekilde, enerji tüketimi, nüfus yoğunluğu ve ticari açıklık oranındaki % 1’lik artış CO₂ emisyonunu sırasıyla % 1.17, % 1.27 ve % 0.01 artırmaktadır. 1973 yılını temsilen kullanılan kukla değişken ile CO₂ emisyonu arasında negatif bir ilişki vardır. Bu negatif etkileşimde 1973 ilk Petrol Krizinin etkili olduğu söylenebilir. Bu krizle birlikte petrol fiyatlarının yaklaşık dört kat artması tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de etkili olmuştur. Alternatif enerji kaynaklarına yönelme ve tasarruf politikaları CO₂ emisyonunu azaltmakta etkili olmuştur.

Sonuç

Bu çalışmada Türkiye için ÇKE hipotezinin geçerliliği yapısal kırılmalar dikkate alınarak incelenmiştir. Çalışmada CO₂ emisyonu, ekonomik büyüme, enerji tüketimi, ticari açıklık oranı ve nüfus yoğunluğu arasındaki uzun dönemli ilişki, iki yapısal kırılmaya izin veren Hatemi-J (2008) eşbütünleşme testi kullanılarak incelenmiştir. Yapılan analizlere göre, iki yapısal kırılmayla birlikte değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunmuş ve ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 1973 ve 1985 yılları yapısal kırılma noktaları olarak tahmin

edilmiştir. FMOLS eşbütünleşme tahmincisi sonuçlarına göre ekonomik büyüme, enerji tüketimi, nüfus yoğunluğu ve ticari açıklık oranı CO₂ emisyonunu pozitif olarak etkilemektedir.

Çalışma, ekonomik büyümenin çevresel bozulmayı artırdığını göstermektedir. Aynı zamanda, enerji tüketimi, nüfus artışı ve ticari açıklık oranları da CO₂ emisyonunu artırarak çevresel bozulmayı artırmaktadır. Bu yüzden enerji, büyüme, ticaret ve nüfus ile ilgili ulusal ve uluslararası politikaların yeniden gözden geçirilmesi çok önemlidir. Politika yapıcıların çevresel bozulmayı durdurmak için sürdürülebilir kalkınma amaçlarına uygun adımlar atması gerekmektedir. Özellikle artan nüfus ve ekonomik faaliyetlerden dolayı hızla artan enerji ihtiyacını geleneksel yöntemlerden karşılama yerine temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılama yoluna gidilmelidir. Ayrıca CO₂ emisyonunu azaltmak için sanayi sektöründe yeni stratejiler geliştirilmelidir. Türkiye, etkin enerji tüketimi sayesinde mevcut kalkınma seviyesini daha az enerji kullanarak ve daha az emisyon salınımı yaparak gerçekleştirebilir. Türkiye, iklim değişikliği ile mücadele çerçevesinde etkin bir sera gazları emisyon hedefini belirlemelidir. Küresel ısınmayı azaltmak ve çevresel yıkımı önlemek için politika aracı olarak çevre vergisi kullanılabilir.

Kaynakça

Acaravcı, A. ve Öztürk, İ. (2010). On the relationship between energy consumption, CO₂ emissions and economic growth in Europe. *Energy*, 35(12): 5412-5420.

Ahmed, K., Shahbaz, M., Qasim, A., ve Long, W. (2015). The linkages between deforestation, energy and growth for environmental degradation in Pakistan. *Ecological Indicators*, 49, 95-103.

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.

Al-Mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., ve Mohammed, A. H. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*, 48, 315-323.

Apergis, N. ve Payne, J.E. (2009). Energy consumption and economic growth in Central America: evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy Econ.* 31: 211-216.

Apergis, N. ve Payne, J.E. (2010). The emissions, energy consumption, and growth nexus: Evidence from the common wealth of independent states. *Energy Policy*, 38: 650–655.

Apergis, N. ve Öztürk, İ. (2015). Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16-22.

Ben-David, D., Lumsdaine, R. ve Papell, D.H. (2003). Unit Root, Post war Slow downs and Long-Run Growth: Evidence From Two Structural Breaks. *Empirical Economics*, vol. 28, no.2, pp.303-319.

Chandran, V. G. R. ve Tang, C. F. (2013). The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO₂ emissions in ASEAN-5 economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 445-453.

Coondoo, D. ve Dinda, S. (2002). Causality between income and emissions: a country group-specific econometric analysis. *Ecological Economics*, 40: 351-67.

Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological Economics*, 49: 431-55.

Gregory, A. W. ve Hansen, B. E. (1996). Residual-based tests for cointegration in models with regime shifts. *J. Econometrics*, 70: 99-126.

Grossmann, G. M. ve Krueger, A. B. (1993). Environmental impact of a North American free trade agreement. In: *The Mexico-US Free Trade Agreement*, Garber, P. (Ed.). Cambridge, MA: MIT Press, 13-56.

Grossmann, G. M. ve Krueger, A. B. (1991). Environmental impact of a North American free trade agreement. NBER Working Paper 3914.

Grossmann, G. M. ve Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *Q. J. Econ.* 110: 353-377.

Halicioğlu, F. (2009). An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37: 1156-64.

Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO₂ emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164.

Hatemi-J, A. (2008). Tests for Cointegration with Two Unknown Regime Shifts with an Application to Financial Market Integration. *Empirical Economics*, 35 (3), s. 497-505.

Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review*, 49: 1-28.

Jalil, A. ve Mahmud, S.F. (2009). Environment Kuznets curve for CO₂ emissions: A cointegration analysis for China. *Energy Policy*, 37, 5167-5172.

Kanjilal, K., ve Ghosh, S. (2013). Environmental Kuznet’s curve for India: Evidence from tests for cointegration with unknown structuralbreaks. *Energy Policy*, 56, 509-515.

Lau, L. S., Choong, C. K.,ve Eng, Y. K. (2014). Investigation of the environmental Kuznets curve for carbon emissions in Malaysia: Do foreign direct investment and trade matter?. *Energy Policy*, 68, 490-497.

Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2003). Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Test With Two Structural Breaks. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 85, no.4, pp.1082-1089.

Luzzati, T. Ve Orsini, M. (2009). Investigating the energy-environmental Kuznets curve. *Energy*, 34(3): 291-300.

Meadows, Donella H., Meadows, Dennis L., Randers, J., Behrens III, William, W. (1972). *Ekonomik Büyümenin Sınırları*, Tosun, K. (Çev.) İstanbul Üniversitesi Yayını, İstanbul, s. 102.

Öztürk, I. ve Acaravci, A. (2013). The long-run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey. *Energy Econ.* 36,262–267.

Öztürk, I. ve Acaravci, A. (2010). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9): 3220-3225.

Öztürk, İ. ve Al-Mulali, U. (2015). Investigating the validity of the environmental Kuznets curve hypothesis in Cambodia. *Ecological Indicators*, 57, 324-330.

Öztürk, İ. ve Salah Uddin, G. (2012). Causality among carbon emissions, energy consumption and growth in India. *Ekonomika istraživanja*, 25(3), 752-775.

Pao, H.T. ve Tsai, C.H. (2010). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth. *Energy Policy*, 38(12): 7850-7860.

Perron, P. (1997). Further Evidence on Breaking Trend Functions in Macroeconomic Variables, *Journal of Econometrics*, vol. 80, no. 2, pp.355-385.

Richmond, A. K. ve Kaufmann, R. K. (2006). Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions. *Ecol. Econ.* 56: 176-189.

Saatçi, M. ve Dumrul, Y. (2011). Çevre Kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk ekonomisi için yapısal kırılmalı eşbütünleşme yardımıyla tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (37), 65-86.

Shahbaz, M., Dube, S., Öztürk, İ., ve Jalil, A. (2015). Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Portugal. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(2), 475-481.

Shahbaz, M., Khraief, N., Uddin, G. S., ve Öztürk, İ. (2014). Environmental Kuznets curve in an open economy: A bounds testing and causality analysis for Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 325-336.

Shahbaz, M., Ozturk, I., Afza, T. ve Ali, A. (2013). Revisiting the environmental Kuznets curve in a global economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 494-502.

Soytaş, U., Sarı, U. ve Ewing, B.T. (2007). Energy consumption, income and carbon emissions in the United States. *Ecological Economics*, 62, 482-489.

Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi, Ticari Serbestleşme ve Nüfus Yoğunluğunun CO₂ Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Analizi

Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32: 1419-39.

Vogelsang, T. J., ve Perron, P. (1998). Additional tests for a unit root allowing for a break in the trend function at an unknown time. *International Economic Review*, 1073-1100.

Wang, S. S., Zhou, D. Q., Zhou, P. ve Wang, Q. W. (2011). CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in China: a panel data analysis. *Energy Policy*, 39, 4870-4875.

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, X.P. ve Cheng, X.M. (2009). Energy consumption, carbon emissions and economic growth in China. *Ecological Economics*, 68, 2706-2712.

Zivot, E. ve Andrews, D. (1992). Further Evidence On The Great Crash, The Oil-Price Shock, and The Unit Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, vol. 10, no. 3, pp.251-270.