

Türkiye’de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Test Edilmesi: Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Testi ile Hata Düzeltme Modelinden Kanıtlar¹

Validity of Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Turkey: Evidences from Co-Integration Test With a Structural Break and Error Correction Mechanism

Reşat CEYLAN^{2 a}
Güray Enes KARAAĞAÇ³

² Pamukkale Üniversitesi, İ.İ.B.F. İktisat Bölümü rceylan@pau.edu.tr Orcid ID: 0000-0003-3727-6644

³ Bilkent Üniversitesi Ekonomi Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi gekaraagac@gmail.com Orcid ID: 0000-0001-6229-8533

^aYazışılan yazar/Corresponding author

Makale Bilgisi: Araştırma Makalesi
Geliş Tarihi: 24.08.2020
Düzeltilme Tarihi: 04.09.2020
Kabul Tarihi: 07.09.2020

Article Info: Research Article
Date Submitted: 24.08.2020
Date Revised: 04.09.2020
Date Accepted: 07.09.2020

Özet

Bu çalışmanın temel amacı Türkiye için 1960-2014 döneminde Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezini, kişi başı karbondioksit miktarı, kişi başı gelir düzeyi ve kişi başı enerji tüketimi değişkenlerini kullanarak analiz etmektir. Bu amaçla, Gregory-Hansen yapısal kırılmalı eşbütünleşme tekniği kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, Türkiye’de EKC hipotezinin geçerli olmadığını, değişkenler arasında yapısal kırılmalı eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu ve hata düzeltme mekanizmasının çalıştığını göstermektedir. Tahmin edilen Çevresel Kuznets Eğrisinin biçimi N şeklindedir. Ekonomik büyümenin yaşandığı ilk periyotta çevresel kirlilik artmakta ve belirli bir refah seviyesine ulaşınca azalmakta olsa da ilerleyen süreçte çevresel kirlilik artmaktadır. ECM tahminlerine göre ise kişi başı gelir düzeyi ve kişi başı enerji tüketiminden kaynaklanan şokların %81’i bir dönem içinde giderilmekte ve sistem yeniden uzun dönem dengesine gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Kuznet Eğrisi, Yapısal kırılmalı eş bütünleşme testi, Çevre kirliliği, Türkiye

JEL kodları: O13, Q56, Q57

Abstract

The main purpose of this study is to determine the validity of Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis for Turkey by CO₂ per capita, GDP per capita, and Energy consumption per capita variables in 1960-2014 sample period. For this purpose, the Gregory-Hansen co-integration method with a structural break was used. Empirical evidences reveal that the EKC hypothesis is not valid, co-integration relationship with structural break exists among the variables, and the error correction mechanism works. Estimated Environmental Kuznets Curve is N shaped. The first period in which economic growth occurs, environmental pollution increases and after reaching a certain welfare level decreases. However, environmental pollution increases during the following period. According to ECM estimations, 81% of the shocks that arise from GDP per capita and energy consumption per capita are eliminated in one period and the system reaches to long-run equilibrium again.

Keywords: Environmental Kuznets Curve, Co-integration Test with Structural Break, Environmental Pollution, Turkey.

JEL codes: O13, Q56, Q57

¹ Çalışma etik kurul ve yasal izin alınması kapsamında değildir. İntihal raporu alınmıştır.

1. GİRİŞ

Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) Hipotezi, kişi başı gelir ile çeşitli çevre kirliliği değişkenleri arasındaki ilişkiye odaklanır. Bu hipoteze göre; ekonomik büyümenin başlangıç aşamalarında kirlilik artar ve çevresel kalite azalır, ancak kişi başına düşen gelirden bir eşik düzeye ulaşıldıktan sonra diğer ekonomik değişkenlerin de etkisi ile kişi başı gelir düzeyi artarken çevresel kirlilik azalır. EKC hipotezi, kişi başı çevresel kirlilik göstergeleri ile kişi başı gelir düzeyi arasında ters-U biçimli bir fonksiyonel ilişki olduğunu ima eder (Dinda, 2004). Bu hipotez, son otuz yıldır birçok iktisatçının ilgisini çekmektedir. EKC hipotezinin ilk ampirik uygulaması Grossman ve Krueger (1991) tarafından yapılmış ve bu çalışma ile birlikte zengin bir literatür oluşmuştur.

Geleneksel çevreci görüş, 1980’lerde popüler olan sürdürülebilir kalkınma görüşünün aksine, üretim sürecinde çevre dostu teknolojilerin kullanımından bağımsız olarak ekonomik faaliyetlerin çevresel etkilerinin oluşabileceğini öne sürmektedir (Stern, 2017). IPAT (Impact (etki)=pollution(kirlilik)*affluence(refah)*technology(teknoloji)) özdeşliği tarafından tanımlanan geleneksel çevreci görüşüne göre, eğer servet, kişi başı gelir ise teknoloji terimi etki ya da emisyonlardır. Diğer yandan, Geleneksel çevreci görüşün tersine, sürdürülebilir kalkınma kavramına göre, çevresel kirlilik oluşmadan da sürdürülebilir kalkınma sağlanabilir. Ayrıca yoksulluğun azaltılması için çevresel korunma zorunludur. Dünyada ekonomik büyüme-çevre tartışmalarının 1980 öncesinde de dile getirildiği bilinmektedir.

1972 yılında Roma Kulübü tarafından hazırlanan “Büyümenin Sınırları” raporuna göre; ekonomik büyüme sürecinin çevresel etkileri vardır. Ayrıca, yakın gelecekte dünya yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımında fiziksel limite ulaşacağı için ekonomik büyüme süreci de duracaktır. Yine aynı raporda, yenilenemez enerji kaynaklarının yoğun kullanımının, tarımsal üretimde bozulma ve aşırı çevresel kirlenmeye de yol açacağı belirtilmiştir. Diğer yandan, Dünya Bankası’nın 1992 yılında yayınlanan ve EKC hipotezini popüler hale getiren “Dünya Kalkınma Raporu”na göre; artan ekonomik aktivitelerin çevreye geri döndürülemez bir şekilde zarar verdiği görüşü, teknolojik tercihler ve çevresel yatırımlar üzerine yapılan statik varsayımlara dayanır. Ayrıca, gelir arttıkça yatırımlar için ulaşılabilir kaynaklar artar, bu nedenle çevresel kalitenin iyileştirilmesi yönünde talep de artar (Kaika ve Zervas, 2013).

Stern (2017)’ye göre EKC hipotezi aşağıdaki ‘yaklaşık faktörler’ ile açıklanabilir:

Üretim ölçeği artarken sektörel çeşitlilik ile birlikte çevre faktörü ön plana çıkar.

Farklı sektörler, farklı kirlilik yoğunluğuna sahiptir. Tipik olarak, ekonomik gelişme süreci boyunca üretim içeriği değişir. Bu durum, çeşitlilik etkisi olarak isimlendirilir.

Girdi içeriği, çevreye daha az zararlı girdilerden, çevreye daha çok zarar veren girdi içeriklerine dönüşmektedir ve tersi.

Teknolojideki gelişmeler aşağıdaki iki faktörü de içermektedir

Diğer faktörler sabit iken çıktı başına kirlilik yaratan girdilerin daha az kullanımı yoluyla üretim etkinliği sağlanır.

Emisyon spesifik değişim süreci, potansiyel kirlilik yaratan girdi başına daha az kirlilik salınımıyla sonuçlanır.

Üçüncü ve dördüncü faktörler birlikte sıklıkla teknik etki olarak bilinir (Copeland ve Taylor, 2004). Bu yaklaşık faktörler, daha farklı temellere dayanan çevresel düzenleme veya inovasyon politikaları gibi değişkenlerdeki dönüşümlerden etkilenir. Dolayısıyla, bu noktada ekonomik büyüme çevresel problemlerin nedeni mi? Yoksa, ekonomik büyüme çevresel problemleri çözme sürecinin önemli bir parçası mı? Soruları akla gelmektedir (Dinda, 2004). Bu sorular, 1990’lı yıllardan itibaren ekonomistlerin ilgi odağı haline gelmiş ve EKC hipotezini test eden birçok çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye’de EKC hipotezini 1960-2014 dönemi için test etmektir. Çalışmanın geri kalanı aşağıdaki gibi organize edilmektedir: Takip eden bölümde ilgili literatür sunulmakta, üçüncü bölümde EKC hipotezinin teorik arka planı verilmekte ve metodoloji açıklanmakta, dördüncü bölümde veri seti tanıtılmakta, son bölümde ise çalışmanın bulguları ve politika çıkarımlarına yer verilmektedir.

2. LİTERATÜR

Simon Kuznets’in 1955 yılındaki çalışmasından uyarlanan Çevresel Kuznets Eğrisi’nin ilk uygulamalı çalışmaları 1990’lı yılların başlarına dayanır. Bu çalışmalara Selden ve Song (1994), Grossman ve Krueger (1991, 1995) örnek olarak gösterilebilir. Sonraki yıllarda bu hipotezi test eden çalışmaların sayısı hızla artmıştır. Sürdürülebilir kalkınma kavramının literatürde yer edinmesi, 1997 yılında imzalanan Kyoto protokolü ve çevresel faktörlerin daha popüler hale gelmesi bu alanda yapılan çalışmaların artmasına neden olmuştur.

EKC hipotezini ele alan çalışmalara bakıldığında, kullanılan ekonometrik teknikler, ele alınan ülkeler ve incelenen zaman dilimine bağlı olarak farklı sonuçlara ulaşıldığı anlaşılmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Luzatti ve Orsini (2009), 113 ülke için 1971-2004 dönemini ele aldıkları çalışmalarında panel veri tekniğini kullanarak EKC hipotezinin geçerliliğini araştırmışlar ve hipotezin geçersiz olduğu yönünde bulgulara ulaşmışlardır. Jalil ve Mahmud (2009) ise, Çin için 1975-2005 dönemini dikkate aldıkları çalışmalarında ARDL ve Granger nedensellik analizlerini kullanarak EKC hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymuşlardır. Akbostancı ve diğ. (2009), Türkiye’de EKC hipotezini sınamak için 1968-2003 ve 1992-2001 dönemlerini ele aldıkları çalışmalarında Johansen eş-bütünleşme ve panel veri analizlerini kullanmışlar ve EKC hipotezinin geçersizliği yönünde bir sonuca ulaşmışlardır. Diğer yandan Iwata ve diğ. (2009), Fransa için EKC hipotezini araştırdıkları çalışmalarında 1960-2003 dönemini incelemişler, ARDL ve Granger nedensellik analizlerini kullanarak hipotezin geçerli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Fodha ve Zaghdoud (2010), Tunus için EKC hipotezini test etmişler ve 1961-2004 döneminde Johansen eşbütünleşme ve VECM modellerini kullanarak hipotezin geçerli olduğunu ortaya koymuşlardır. Nasir ve Rehman (2011), Pakistan için 1972-2008 dönemine ait verileri kullanarak Johansen eş-bütünleşme tekniğini uyguladıkları çalışmalarında EKC hipotezinin lehinde kanıtlar sunmuşlardır. Saboori ve diğ. (2012), Malezya’da EKC hipotezinin geçerliliğini araştırdıkları çalışmalarında 1980-2009 dönemini ele almışlar ve ARDL, Granger nedensellik ve ECM tekniklerini kullanarak hipotezin geçerli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Fosten ve diğ. (2012), 1830-2003 ve 1850-2002 dönemleri için

Birleşik Krallık’ta EKC hipotezinin geçerliliğini sınadıkları çalışmalarında Eş-bütünleşme, TAR ve M-TAR tekniklerini uygulayarak, anlamlı bulgular elde etmişlerdir. Esteve ve Tamarit (2012), 1857-2007 dönemi için İspanya’da EKC hipotezini test etmişler ve eşik eş-bütünleşme ve VECM tekniklerini kullanarak hipotezi destekleyen sonuçlara ulaşmışlardır. Tiwari ve diğ. (2013), Hindistan için 1966-2009 periyotunda ARDL ve Johansen eş-bütünleşme tekniklerini kullandıklarını çalışmalarında, EKC hipotezi için anlamlı sonuçlar bulmuşlardır. Lau ve diğ. (2014), 1970-2008 döneminde Malezya’da EKC hipotezini ARDL ve Granger nedensellik teknikleri ile ele almışlar ve geçerlilik lehinde sonuçlara ulaşmışlardır. Farhani ve diğ. (2014), 1990-2010 döneminde 10 orta doğu ve kuzey Afrika ülkesini inceledikleri çalışmalarında panel eş-bütünleşme tekniğini uygulayarak EKC hipotezi lehinde kanıtlar sunmuşlardır. Öztürk ve Al-Mulalı (2015), Kamboçya ekonomisinde 1966-2012 döneminde EKC hipotezini GMM ve TLS teknikleri ile incelemişler ve geçersizlik lehinde bulgulara ulaşmışlardır. Al-Mulalı ve diğ. (2015), gelire göre sıralanmış 93 ülke’de EKC hipotezini araştırdıkları çalışmalarında 1980-2008 periyotunu ele almışlar ve GMM ve panel veri analizini kullanarak ileri orta ve yüksek gelir gurubunda bulunan ülkelerde EKC hipotezinin geçerli, düşük orta ve düşük gelirli ülkelerde ise geçersiz olduğu bulgusunu elde etmişlerdir. Apergis ve Öztürk (2015), 14 Asya ülkesini inceledikleri çalışmalarında 1990-2011 periyotunda EKC hipotezinin geçerliliğini GMM ve panel eş-bütünleşme teknikleri ile araştırmışlar ve hipotezin geçerli olduğunu not etmişlerdir. Baek (2015), Arktik ülkelerini 1960-2010 periyotu için ARDL ve eş-bütünleşme yöntemlerini kullanarak incelemiş ve EKC hipotezi lehinde zayıf kanıt elde etmiştir. Bölük ve Mert (2015), Türkiye için EKC hipotezinin geçerliliğini 1961-2010 dönemi için ARDL ve ECM teknikleri ile araştırmışlar ve hipotezin geçerli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Son olarak Alam ve diğ. (2016), 1970-2012 dönemi için EKC hipotezini, Brezilya, Çin, Endonezya ve Hindistan ekonomileri için ele almışlar, ARDL ve VECM tekniklerini uygulayarak Hindistan haricindeki ülkelerde hipotezin geçerli olduğu sonucuna varmışlardır.

Sonuç olarak EKC hipotezinin son 30 yılda ekonomistlerin ilgi odağında olduğu ve bu konuda oldukça zengin bir literatürün oluştuğunu söylemek mümkündür. Ekonomik büyüme sürecinin sürdürülebilirliği tartışmalarında çevre kirliliğinin merkezi bir role sahip olduğu açıktır. Ayrıca dünya ekonomisinde kayda değer ölçüde, çevre kirliliğinin enerji kaynaklarının etkin kullanımını gerektirdiği ve bu konuda uluslararası platformların giderek daha önemli hale geldiği de tartışma götürmez bir gerçektir.

3. TEORİK ARKA PLAN VE METODOLOJİ

Kuznets (1955) çalışmasını temel alan EKC hipotezi, ekonomik büyüme sırasında ortaya çıkan çevresel kirliliğin ekonomik büyüme sürecinde kendiliğinden elimine olacağını öne sürmektedir.

EKC hipotezine göre gelişmekte olan bir ülkede kişi başı gelir artışı yaşanırken çevresel kirlilik ilk etapta artar. Bu duruma neden olarak devletlerin ekonomik büyümeyi sürdürebilmek için çevresel faktörleri göz ardı etmesi ya da insanların işlerini çevresel faktörlere tercih etmesi gösterilebilir. Daha sonraki aşamada belirli bir kişi başı gelir seviyesine ulaşıldıktan sonra toplumsal bilincin oluşması ve/veya korumacı politikalar ile kişi başı çevresel kirlilik azalır.

Literatürde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi analiz edilirken yaygın olarak kullanılan iki model mevcuttur.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2^2 + \varepsilon \quad (1)$$

ve

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2^2 + \beta_3 X_3^3 + \beta_4 Z + \varepsilon \quad (2)$$

Her iki modelde de Y, kişi başı çevresel kirlenmeyi; X, kişi başı geliri; Z, kontrol değişkenleri vektörünü temsil etmektedir. Kurulan modeldeki değişkenlerin katsayılarının işaretlerine göre ilişki biçimlenmektedir. EKC'nin şekillenebileceği yedi durum Dinda (2004), Kijima ve diğ. (2010) ve Kaika ve Zervas (2013) çalışmalarında aşağıdaki gibi listelenmiştir.

- i. $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$. Düz bir ilişki ya da X ve Y arasında ilişki yok.
- ii. $\beta_1 > 0$ ve $\beta_2 = \beta_3 = 0$. X ve Y arasında monoton artan veya lineer bir ilişki.
- iii. $\beta_1 < 0$ ve $\beta_2 = \beta_3 = 0$. X ve Y arasında monoton azalan bir ilişki.
- iv. $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ve $\beta_3 = 0$. X ve Y arasında ters U biçimli ilişki yani Çevresel Kuznets Eğrisi.
- v. $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ ve $\beta_3 = 0$. X ve Y arasında U biçimli ilişki.
- vi. $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ve $\beta_3 > 0$. X ve Y arasında kübik polinom ya da N biçimli ilişki.
- vii. $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$, $\beta_3 < 0$. X ve Y arasında ters N biçimli ilişki.

3.1 Zivot-Andrews Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Makroekonomik zaman serilerinin çeşitli nedenlerle maruz kaldıkları şokların etkisi ile yapısal kırılmaya uğrayabileceği gerçeğinden hareketle Zivot ve Andrews (1992), ele alınan serilerde tek yapısal kırılmaya izin veren birim kök süreci için aşağıdaki üç modeli tanımlamaktadır.

$$\text{Model A: } Y_t = a + bt + dY_{t-1} + c_1 DU(\lambda) + \sum_{i=1}^k d_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\text{Model B: } Y_t = a + bt + dY_{t-1} + c_2 DT(\lambda) + \sum_{i=1}^k d_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\text{Model C: } Y_t = a + bt + dY_{t-1} + c_1 DU(\lambda) + c_2 DT(\lambda) + \sum_{i=1}^k d_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Her üç model için de boş hipotez yapısal kırılma durumunda birim kökün varlığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, DU ve DT terimleri sırası ile düzeydeki ve eğimdeki yapısal kırılmayı temsil eden kukla değişkenler olarak modelde yer almaktadır.

$$DU(\lambda) = \begin{cases} 1, & t > T_B \\ 0, & t \leq T_B \end{cases} \text{ ve } DT(\lambda) = \begin{cases} t - T\lambda, & t > T\lambda \\ 0, & t \leq T\lambda \end{cases}$$

$t=1,2,3,\dots,T$ olmak üzere zamanı göstermekte iken T_B yapısal kırılma tarihini, $\lambda=T_B/T$, ise kırılma zamanını göstermektedir.

3.2 Hansen İstikrarsızlık Testi Ve Gregory-Hansen Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Testleri

Hansen (1992) tarafından geliştirilen istikrarsızlık testi, ele alınan değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin sahte olma olasılığını ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Bu nedenle Hansen (1992) istikrarsızlık testi, çok değişkenli bir standart eşbütünleşme denkleminde hareket edilerek türetilmiştir.

$$y_t = A_t x_t + u_t, \quad t = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

(6) Denkleminde yer alan y_t ve x_t zaman içinde değişim gösteren ve ilişkili olabileceği düşünülen iki seridir. Burada, boş hipotez A_t katsayısının zaman içerisinde sabit olduğudur. Bu amaçla analizde, L_c , $SubF$ ve $MeanF$ testleri kullanılarak ele alınan değişkenler arasındaki

uzun dönem ilişkinin istikrarsız olup olmadığı incelenir. Boş hipotezin kabul edilmesi durumunda değişkenler arasındaki ilişkinin istikrarlı olduğuna karar verilir. Diğer yandan yapısal kırılmalı eşbütünleşme analizlerinde değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin istikrarsız olması gerekli olmaktadır. Analizin alternatif hipotezi, bilinmeyen bir zamanda yapısal kırılmanın varlığı altında, uzun dönem eşbütünleşme ilişkisinin istikrarlı olmadığıdır.

Kırılma zamanının bilinmediği Chow testine dayanan MeanF ve SubF testleri uygulanırken veri [0.15, 0.85] oranında kırılmaktadır. Üç testin de boş hipotezleri aynı olsa da hangi testin kullanılacağı, testin amacına göre seçilmelidir. Eğer amaç eşbütünleşme vektöründe ani bir kırılmayı, hem sabit terimde hem de eğim katsayısında araştırmaksa SubF testinin kullanılması uygundur. Eğer, testin amacı kurulan modelin istikrarlı bir ilişkiyi yakalayıp yakalayamadığını incelemekse MeanF testi kullanılmalıdır. Lc testi ise örneklem boyunca parametre olabirliğinin sabit olup olmadığını göstermektedir (Hansen, 1992).

Uzun dönem eşbütünleşme ilişkisinin istikrarlı olmadığı, yani yapısal kırılmanın bulunduğu durumda eşbütünleşme ilişkisinin ortaya konması için Gregory-Hansen(1996a, 1996b) yapısal kırılmalı eşbütünleşme testleri uygulanır. Gregory-Hansen (1996a, 1996b), aşağıdaki modellerden hareketle değişkenler arasındaki olası eşbütünleşme ilişkilerinin ortaya konabileceğini ileri sürmüştür.

Model 1: Standart eşbütünleşmeyi ortaya koyan modeldir.

$$y_t = \mu + \alpha^T X_t + e_t, \quad t = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

Bu modelde y_t , μ , α , X_t , sırasıyla bağımlı değişkeni, sabit terimi, eğim katsayısını ve bağımsız değişkeni göstermektedir. y_t ve X_t fark durağan ve e_t , düzey durağandır. Sabit terimde ve/veya eğim katsayısında meydana gelen yapısal kırılmayı temsil etmesi için φ kukla değişkeni modele dahil edilmiştir.

$$\varphi_{1\tau} = \begin{cases} 0, & t \leq [n\tau], \\ 1, & t > [n\tau], \end{cases}$$

$\tau \in (0,1)$ değişim noktasının göreceli zamanını gösterirken $[n\tau]$ tam sayı kısmını temsil etmektedir.

Model 2 (C): Sadece sabit terimdeki kırılmayı dikkate alan modeldir.

$$y_{1t} = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{1\tau} + \alpha^T X_t + e_t, \quad t = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

Model 3 (C/T): Sabit terimdeki kırılmayı dikkate alan trendli modeldir.

$$y_t = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{1\tau} + \beta t + \alpha^T X_t + e_t, \quad t = 1, 2, \dots, n. \quad (9)$$

Model 4 (C/S): Sabit terimdeki ve eğim katsayısındaki kırılmayı dikkate alan, trendsiz modeldir. Kısaca trendsiz rejim değişimi modelidir.

$$y_t = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{1\tau} + \alpha_1^T X_t + \alpha_2^T X_t \varphi_{1\tau} + e_t, \quad t = 1, 2, \dots, n. \quad (10)$$

Model 5: Sabit terimdeki ve eğim katsayısındaki kırılmayı dikkate alan, trendli modeldir. Kısaca trendli rejim değişimi modelidir.

$$y_t = \mu_1 + \mu_2 \varphi_{1\tau} + \beta_1 t + \beta_2 t \varphi_{1\tau} + \alpha_1^T X_t + \alpha_2^T X_t \varphi_{1\tau} + e_t, \quad t = 1, 2, \dots, n. \quad (11)$$

Bu modellerde μ_1, α_1 ve β_1 sırasıyla yapısal kırılmadan önceki sabit terim, eğim katsayısı ve trend katsayısıdır. μ_2, α_2 ve β_2 ise sırasıyla yapısal kırılmadan sonraki sabit terim, eğim katsayısı ve trend katsayısıdır.

3.3 Hata Düzeltme Modeli (ECM)

Eşbütünleşmenin olduğu durumlarda en az bir tane tek taraflı nedensellik ilişkisi vardır. Hata düzeltme modeli, kısa ve uzun dönemli nedenselliğin belirlenmesinde kullanılan modellerden biridir.

$$\Delta Y_t = \alpha_1 + \alpha_y \mu_{t-1} + \sum_{i=1} \alpha_{11}(i) \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1} \alpha_{21}(i) \Delta X_{t-i} + \varepsilon_{yt}, \quad (12)$$

$$\Delta X_t = \alpha_1 + \alpha_x \mu_{t-1} + \sum_{i=1} \alpha_{11}(i) \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1} \alpha_{12}(i) \Delta X_{t-i} + \varepsilon_{xt} \quad (13)$$

Bu modelde Y_t ve X_t fark durağan iki zaman serisi iken ε_{yt} ve ε_{xt} aralarında korelasyon ilişkisi bulunmayan hata terimlerini temsil etmektedir. μ_{t-1} , bir diğer adıyla Hata Düzeltme Terimi (ECT), eşbütünleşme denkleminde elde edilmiş, düzeyde durağan hata terimi seridir. Buna göre; hata düzeltme teriminin katsayısı (α_y, α_x) istatistiksel olarak anlamlı ve (0, -1) aralığında değer alıyor ise hata düzeltme mekanizması çalışmaktadır ve uzun dönem nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Seriyeye etki eden bir şok, bir dönemde (α_y, α_x)*100 oranında etkisini kaybeder ve seri uzun dönem dengesine ulaşır. Eğer, açıklayıcı değişken ile hata düzeltme terimine uygulanan birleşik F testi (WALD testi) sonucu elde edilen F istatistiği anlamlı ise açıklayıcı değişken, açıklanan değişkenin güçlü Granger nedenidir.

4. VERİ SETİ

Bu çalışmada Türkiye için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi 1960-2014 örneklem döneminde CO₂ (metrik ton), enerji tüketimi (kg eş değeri petrol tüketimi), reel GSYİH (2010 baz yılı, dolar cinsinden sabit fiyatlar) değişkenleri ile test edilmiştir. Tüm değişkenler kişi başı cinsindedir. Aşağıdaki tabloda değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri listelenmiştir.

Tablo 1: Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	CO ₂	GDP	E
Ortalama	2.42301	6704.866	909.515
Medyan	2.42653	6308.635	908.411
Maksimum	4.49148	13312.02	1585.4
Minimum	0.61227	3134.677	385.471
Standart sapma	1.12801	2648.732	351.934
Çarpıklık	0.14561	0.729085	0.29331
Basıklık	1.93538	2.706452	2.04206
Jarque-Bera	2.79178	5.070159	2.89155
Olasılık	0.24761	0.079255	0.23556
Toplam	133.265	368767.6	50023.3
Karesel sapmaların toplamı	68.7094	3.79E+08	6688311
Gözlem sayısı	55	55	55

Kurulan model aşağıda yer almaktadır.

$$\ln CO_2 = \alpha + \beta_1 \ln Y + \beta_2 \ln Y^2 + \beta_3 \ln Y^3 + \beta_4 \ln E + \varepsilon \quad (14)$$

$\ln CO_2$, kişi başı CO_2 miktarının doğal logaritmasını temsil etmekte iken $\ln Y$ ve $\ln E$ sırasıyla doğal logaritması alınmış kişi başı reel GSYİH ve doğal logaritması alınmış kişi başı enerji tüketimini temsil etmektedir. Bütün değişkenler World Development Indicators’ten alınmıştır. Ölçeği küçültmek ve tahmin edilen katsayıları esneklik olarak yorumlamak için değişkenlerin doğal logaritmaları alınmıştır.

Yukarıdaki modelde (denklem 14) Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli olabilmesi için $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ve $\beta_3 = 0$ olmalıdır.

5. BULGULAR

Nelson ve Plosser (1982), birçok makroekonomik değişkenin birim kök içerdiğini ve birim kök içeren serilerin doğrudan ekonometrik analizlerde kullanılmasının doğru olmadığını belirtmişlerdir. Birim kökün varlığını belirleyebilmek için ADF birim kök testi ve Zivot-Andrews yapısal kırılmalı birim kök testi yapılmıştır.

Tablo 2: ADF Testi

Değişken	Düzye	Fark	Model	Karar
$\ln CO_2$	-2.5933	-8.117*	τ_τ	I(1)
$\ln Y$	0.2109	-7.207*	τ_μ	I(1)
$\ln Y^2$	0.4755	-7.1444*	τ_μ	I(1)
$\ln Y^3$	0.7336	-7.0626*	τ_μ	I(1)
$\ln E$	-1.2091	-7.1557*	τ_μ	I(1)

*, %1 düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir.

τ_μ : Sabit terimli modeli temsil etmektedir.

τ_τ : Sabit terimli ve trendli modeli temsil etmektedir.

ADF testine göre düzey değerinde olan serilerin durağan olmadığını belirten sıfır hipotez reddedilememiştir. Serilerin birinci farkları alınarak oluşturulan seriler ise durağandır.

Tablo 3: Zivot-Andrews Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Değişken	Düzye	Fark	Model	Karar
$\ln CO_2$	-3.8816	-9.0775*	C	I(1)
	1971 (0)	1982 (0)		
$\ln Y$	-3.6702	-7.5411*	C	I(1)
	1979 (0)	2003 (0)		
$\ln Y^2$	-3.7110	-7.5227*	C	I(1)
	1999 (0)	2003 (0)		
$\ln Y^3$	-3.8347	-5.6656*	C	I(1)
	2001 (0)	2004 (3)		
$\ln E$	-4.4678	-7.7105*	C	I(1)
	1979 (0)	1978 (0)		

*, %1 düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir.

Tablo 3’te Zivot-Andrews yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçları yer almaktadır. Tabloda test istatistikleri ve yapısal kırılma yılları belirtilmiştir. Parantez içindeki değerler, gecikme uzunluğunu temsil etmektedir. Model C, sabit terimde ve eğim katsayısında meydana gelen yapısal kırılmanın dikkate alındığı modeldir. Tablo 3 incelendiğinde GSYİH değişkenlerinde meydana gelen yapısal kırılmalar 2003-2004 döneminde iken CO_2 ve Enerji tüketimi

değişkenlerinde meydana gelen yapısal kırılmalar 1978-1982 seneleridir. 1970’li yıllarda ithal ikamesine yönelik sanayi politikaları, 1973 yılında meydana gelen birinci petrol şoku ve OPEC krizi, 1974 Kıbrıs barış harekâtında ülkeye uygulanan ambargo, 1978 yılındaki ikinci petrol şoku bu kırılmalara neden olmuş olabilir. $\ln [CO]_{-2}$, $\ln Y$, $\ln Y^2$, $\ln Y^3$ ve $\ln E$ değişkenlerinin düzey değerleri için sıfır hipotezi, serilerin yapısal kırılma var iken durağan olmadığını belirten hipotez, reddedilememiştir. Serilerin farkları alınarak oluşturulan serilerde ise sıfır hipotezi %99 güven ile reddedilmiştir. Bulgular, ADF birim kök testi ile tutarlıdır. Seriler $I(1)$ ’dir, yani fark durağandır.

Bu çalışmada, ele alınan serilerin birlikte hareket edip etmediklerini inceleyen bir analiz yöntemi olan eşbütünleşme tekniği kullanılacaktır. Yapısal kırılmanın varlığı altında değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin incelenmesi için, $I(1)$ olan serilerin doğrudan kullanılabilmesi, Johansen eşbütünleşme tekniğine dayanan, Gregory-Hansen yapısal kırılmalı eşbütünleşme tekniğine başvurulacaktır. Bu yöntemin kullanılabilmesi için uzun dönem katsayıların istikrarlılığının test edilmesi gerekmektedir.

Tablo 4: Hansen İstikrarsızlık Testi

Lc	Mean F	Sub F
0.4519	7.3804**	37.1925*

* ve ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir.

Hansen istikrarsızlık testinin bulgularına göre, MeanF ve SubF testleri ile eşbütünleşme ilişkisinin uzun dönemde istikrarlı olduğunu belirten boş hipotez reddedilmiştir. Bilinmeyen bir zamanda yapısal kırılma olduğunu ve uzun dönem eşbütünleşme ilişkisinin istikrarlı olmadığını belirten alternatif hipotez kabul edilmiştir. Bu nedenle Gregory-Hansen yapısal kırılmalı eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Bulgular aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 5: Gregory-Hansen Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Testi

Test	Değer	Model
ADF*	-6.9178**	2
Gecikme	0	
Kırılma T.	1983	
Zt	-6.9892**	
Kırılma T.	1984	

** , %5 düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir.

Analizde sabit terimdeki kırılmayı dikkate alan model 2 kullanılmıştır. ADF* ve Zt testleri ile boş hipotez reddedilmiştir. Yapısal kırılmalı eşbütünleşme ilişkisi söz konusudur. ADF* testine göre yapısal kırılma 1983, Zt testine göre ise 1984 yılında gerçekleşmiştir. 1970’li yıllarda yaşanan siyasi istikrarsızlıklar, 1978-1979 yıllarında yaşanan borç krizi ve ikinci petrol şoku, 24 Ocak 1980 kararları ve 12 Eylül 1980 askeri darbesi yapısal kırılmanın gerçekleşmesine neden olmuş olabilir. Eşbütünleşme denkleminde hesaplanan uzun dönem katsayılar aşağıdaki tabloda listelenmiştir.

Tablo 6: Gregory-Hansen Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Testi Katsayıları

Değişken	Katsayı
μ_1	-308.1309*
$\mu_2 \phi_{1\tau}$	0.0509*

$\ln Y$	99.1246*
$\ln Y^2$	-10.8182*
$\ln Y^3$	0.3938*
$\ln E$	0.8975*

*, %1 düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir.

Buna göre; EKC hipotezi için kurulan modelimizde $\beta_1 > 0$, $[\beta]_2 < 0$ ve $\beta_3 > 0$ 'dır. Bu sonuç, Çevresel Kuznets Eğrisinin N biçimli olduğunu göstermektedir. Kişi başı gelir artarken önce çevresel kirlilik artmakta, belirli bir refah seviyesine ulaşıncaya kadar çevresel kirlilik azalmaktadır. Daha sonrasında kişi başı gelirin artışıyla sürdürmesiyle kişi başı çevresel kirlilik tekrar artmaktadır. Bu durum, belirli bir refah seviyesinden sonra çevresel kirliliğin azalacağını belirten Çevresel Kuznets Eğrisi hipoteziyle çelişmektedir. Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi geçersizdir.

Eşbütünleşme denkleminde elde edilen artık serisiyle oluşturulan Hata Düzeltme Modeli aşağıda yer almaktadır.

Tablo 8: Hata düzeltme modeli

Test	Katsayı					Birleşik F testi			
	$\Delta \ln Y$	$\Delta \ln Y^2$	$\Delta \ln Y^3$	$\Delta \ln E$	ECT	$\Delta \ln Y_{\mu-1}$	$\Delta \ln Y^2_{\mu-1}$	$\Delta \ln Y^3_{\mu-1}$	$\Delta \ln E_{\mu-1}$
Test istatistiği	106.4534 *	- 11.6429 *	0.4238* *	1.2118 *	- 0.8184 *	20.5776 *	20.4105 *	20.2517 *	67.6786 *

*, ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir.

Kurulan hata düzeltme modelinde, eşbütünleşme denkleminde elde edilen artık serisinin (ECT) katsayısı (0, -1) aralığında ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu nedenle GSYİH, GSYİH2, GSYİH3 ve enerji tüketimi, CO2 emisyonunun Granger nedenidir. CO2 serisine etki eden bir şokun etkisi, bir dönemde %81.84 oranında giderilmekte ve seri uzun dönem dengesine ulaşmaktadır. Birleşik F testi sonuçlarına göre serinin uzun dönem dengesine ulaşmasında tüm değişkenlerin etkisi vardır. GSYİH, GSYİH2, GSYİH3 ve enerji tüketimi, CO2'in güçlü Granger nedenidir.

6. SONUÇ

Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi, gelişmekte olan bir ülkede yaşanan ekonomik büyüme ile ilk etapta çevresel kirliliğin artacağını, sonrasında belirli bir refah seviyesine ulaşılmasıyla, çevresel kirliliğin azalacağını öne sürmektedir. Literatürde farklı çevresel kirlilik değişkenleri ve farklı ekonometrik yöntemler kullanarak bu hipotezin geçerliliğini test eden birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmanın amacı, görece daha geniş bir örneklem dönemini kullanarak Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğini yapısal kırılmalı eşbütünleşme tekniği ile test etmektir. Bu amaçla, ele alınan serilerde yapısal kırılmaya izin veren Zivot-Andrews birim kök testi ile birim kök analizi yapılmış, serilerin birinci dereceden entegre (I(1)) olduğu tespit edilmiştir. Hansen İstikrarsızlık testi ile uzun dönem eşbütünleşme ilişkisinin istikrarlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle, yapısal kırılmalı eşbütünleşme tekniği olan Gregory-Hansen eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Eşbütünleşme denkleminde elde edilen artık serisi ile Hata Düzeltme Modeli kurulmuş, nedensellik ilişkisi araştırılmıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre Türkiye için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi geçerli değildir. Çevresel kirlilik ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, N biçimlidir. Hipotezde belirtildiği üzere ekonomik büyümenin yaşandığı ilk periyotta çevresel kirlilik artmakta ve belirli bir refah seviyesine ulaşıncaya azalmakta olsa da ilerleyen süreçte çevresel kirlilik tekrar artmaktadır. Bu çalışmanın benzerlerinden farkı, yapısal kırılmalı eşbütünleşme tekniği kullanarak görece daha uzun örneklem dönemini ele almasıdır. Sonuç olarak; Türkiye’de EKC hipotezinin geçersiz olması, çevresel kirliliği azaltıcı ekonomik büyüme performansının kendiliğinden oluşamayacağını, bu nedenle üretim sürecinin vazgeçilemez girdisi olan enerji tüketiminin Türkiye’nin de önemli bir potansiyele sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılanması gerektiği önem arz etmektedir. Elde edilen bulgular, Türkiye için iktisat politikaları oluşturulurken dikkate alınmalıdır.

KAYNAKÇA

- Akbostanci, E., Türüt-Aşık, S., ve Tunç, G. I. (2009). The relationship between income and environment in Turkey: Is there an environmental Kuznets curve? *Energy Policy*, 37(3), 861–867.
- Alam, M. M., Murad, M. W., Noman, A. H. M. ve Ozturk, I. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing Environmental Kuznets Curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, 70, 466–479.
- 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 Ozturk, I. (2015). Testing environmental Kuznets curve hypothesis in Asian countries. *Ecological Indicators*, 52, 16–22.
- Baek, J. (2015). Environmental Kuznets curve for CO2 emissions: The case of Arctic countries. *Energy Economics*, 50, 13–17.
- 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.
- Copeland, B. R. ve Taylor, M. S. (2004). Trade, Growth, and the Environment. *Journal of Economic Literature*, 42(1), 7–71.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve hypothesis: A survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431–455.
- Esteve, V. ve Tamarit, C. (2012). Threshold cointegration and nonlinear adjustment between CO2 and income: The Environmental Kuznets Curve in Spain, 1857-2007. *Energy Economics*, 34(6), 2148–2156.
- Farhani, S., Mrizak, S., Chaibi, A. ve Rault, C. (2014). The environmental Kuznets curve and sustainability: A panel data analysis. *Energy Policy*, 71, 189–198.

- Fodha, M. ve Zaghoud, O. (2010). Economic growth and pollutant emissions in Tunisia: An empirical analysis of the environmental Kuznets curve. *Energy Policy*, 38(2), 1150–1156.
- Fosten, J., Morley, B. ve Taylor, T. (2012). Dynamic misspecification in the environmental Kuznets curve: Evidence from CO₂ and SO₂ emissions in the United Kingdom. *Ecological Economics*, 76, 25–33.
- Gregory, A. W. ve Hansen, B. E. (1996). Residual-based tests for cointegration with regime shifts in models. *Journal of Econometrics*, 70, 99–126.
- Grossman, G. M. ve Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement NBER WORKING PAPERS SERIES (3914).
- Grossman G.M. ve Krueger A.B. (1995). Economic Growth and the Environment *The Quarterly Journal of Economics* 110(2), 353–377.
- Hansen B.E. (1992). Test for Parameter Instability in Regressions with I(1) processes. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 321–335.
- Hansen B.E. ve Gregory A.W. (1996). Tests for Cointegration in Models with Regime and Trend Shifts. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 58(3), 555–560
- Iwata, H., Okada, K. ve 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.
- Jalil, A. ve Mahmud, S. F. (2009). Environment Kuznets curve for CO₂ emissions: A cointegration analysis for China. *Energy Policy*, 37(12), 5167–5172.
- Kaika, D. ve Zervas, E. (2013). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory-Part A: Concept, causes and the CO₂ emissions case. *Energy Policy*, 62, 1392–1402.
- Kijima, M., Nishide, K. ve Ohyama, A. (2010). Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(7), 1187–1201.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1), 1–28
- 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.
- Luzzati, T. ve Orsini, M. (2009). Investigating the energy-environmental Kuznets curve. *Energy*, 34(3), 291–300.
- Nasir, M. ve Ur Rehman, F. (2011). Environmental Kuznets Curve for carbon emissions in Pakistan: An empirical investigation. *Energy Policy*, 39(3), 1857–1864.
- Nelson, C. R. ve Plosser, C. I. (1982). Trends And Random Walks In Macroeconomic Time Series. Some evidence and implications. *Journal of Monetary Economics* 10, 10(I 982), 139–162.

- Ozturk, I. ve Al-Mulali, U. (2015). Investigating the validity of the environmental Kuznets curve hypothesis in Cambodia. *Ecological Indicators*, 57, 324–330.
- Saboori, B., Sulaiman, J. ve Mohd, S. (2012). Economic growth and CO2emissions in Malaysia: A cointegration analysis of the Environmental Kuznets Curve. *Energy Policy*, 51, 184–191.
- Selden, T. M. ve Song, D. (1994). Environmental quality and development: Is there a kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 147-162.
- Stern, D. I. (2017). The environmental Kuznets curve after 25 years. *Journal of Bioeconomics*, 19(1), 7–28
- Tiwari, A. K., Shahbaz, M. ve Adnan Hye, Q. M. (2013). The environmental Kuznets curve and the role of coal consumption in India: Cointegration and causality analysis in an open economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 519–527.
- Zivot E. ve Andrews D.W.K. (1992) Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(1), 25-44.