

Çevresel Kuznets Eğrisinin Çok Boyutlu Panel Veri Modelleri ile Analizi

Ferda YERDELEN TATOĞLU¹
Hüseyin İÇEN²

Özet

Son dönemde çevre kirliliği ile iktisadi büyüme arasındaki ilişkinin varlığının ve niteliğinin analizi birçok çalışmaya konu olmaktadır. Söz konusu yaklaşım çeşitli ülke ya da ülke grupları için farklı ekonometrik modeller ve yöntemler yardımıyla analiz edilmiş ve sonuçların çeşitlilik gösterdiği görülmüştür. Bu çalışmada, Çevresel Kuznets Eğrisinin çok daha detaylı ve kapsayıcı bir şekilde analiz edilebilmesi için panel veri setine ülke ve zaman boyutunun yanı sıra ülkelerin gelir grupları da bir boyut olarak eklenmiş ve üç boyutlu panel veri modelleri ile çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar, gelir grupları etkisinin varlığını gösterdiğinden ilave olarak gelir gruplarına göre ayrılmış veri seti ile iki boyutlu bir analiz de gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar alt ve üst gelir gruplarında Çevresel Kuznets Eğrisinin geçerli olduğunu fakat farklı çalıştığını; orta gelir grubu ülkelerde ise geçerli olmadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çok Boyutlu Panel Veri Analizi, Çevresel Kuznets Eğrisi

JEL Sınıflandırması: C33, O13, Q53

The Analysis of Environmental Kuznets Curve with Multi-Dimensional Panel Data Models

Abstract

An analysis of the existence and type of the relationship between environmental pollution and economic growth has been the subject of many studies in recent years. This approach has been analyzed for different country or country groups with various econometric models and methods and the results are controversial. In this study, the country and time dimension of the panel data set as well as the income groups of countries are added as a dimension in order to analyze the Environmental Kuznets Curve in a much more detailed and inclusive manner. Three-dimensional panel data models were studied. Moreover, the results of this study showed that the effect of income groups was significant and a two-dimensional analysis was performed with the data set separated by income groups. As a result, Environmental Kuznets Curve is valid but has different structure in lower and upper income groups; it is not valid in middle-income countries.

Keywords: Multi-Dimensional Panel Data Analysis, Environmental Kuznets Curve

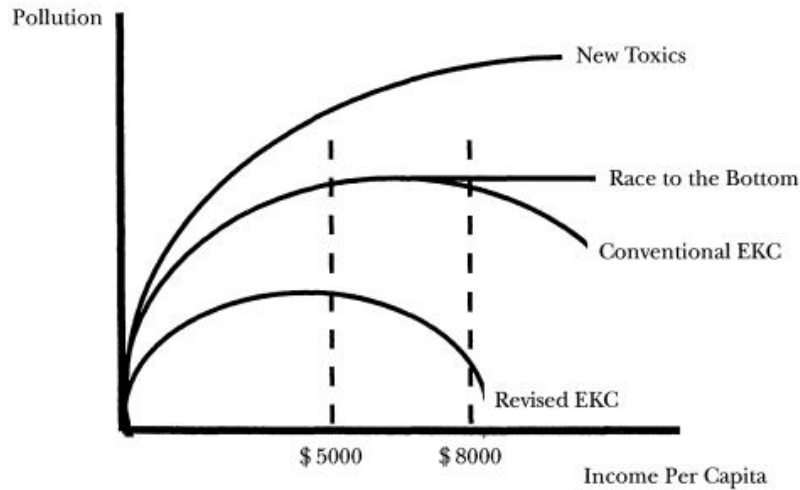
JEL Classification: C33, O13, Q53

¹ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, yerdelen@istanbul.edu.tr, orcid.org/0000-0002-7365-3649

² Araş.Gör., İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, huseyin.icen@istanbul.edu.tr, 0000-0002-8982-8386

1. Giriş

Çevresel Kuznets Eğrisi(ÇKE), iktisadi büyüme ile çevre kalitesi arasındaki sistematik ilişki olarak ifade edilmektedir. Kuznets'in (1955) çalışmasında elde ettiği gelir eşitsizliği ve ekonomik gelişme arasındaki ters U biçimindeki ilişki neticesinde literatüre giren bu yaklaşım daha sonra Çevresel Kuznets Eğrisi olarak ampirik ve teorik çalışmalara konu olmuştur. 1970'lerin başlarında, "büyümenin sınırları (The Limits to Growth)" kapsamında Roma Kulübü tarafından çevresel koruma için ekonomik büyümenin düşürülmesi gerektiği ifade edilmiştir (Bo, 2011: 1322). Dünyadaki doğal kaynakların mevcudiyeti hakkında yapılan tartışmalarda gelecekte dramatik senaryolar yaşamamak adına sıfır büyüme ile istikrarlı bir ekonominin gerekliliğinden bahsedilmiştir. 1970'lerden önce ekonominin gelişmesiyle doğal kaynaklar, enerji ve hammaddelerin tüketiminin aynı oranda (durağan-durum koşullarında) azalacağı düşünülmektedir. Ancak yapılan ampirik çalışmalarla hammadde kaynakları ile gelir arasında ters-U biçiminde bir ilişki olduğuna dair bulgular elde edilmiştir. Daha sonra çevre kirliliği ve ekonomik büyümeyi analiz eden pek çok çalışmada yine ters-U biçiminde bir ilişki elde edildiğinden literatüre bu ilişki Çevresel Kuznets Eğrisi olarak geçmiştir. Takip eden dönemde, ampirik literatüre konu olan pek çok çalışma ile ÇKE analiz edilmiştir ve bu ilişkiyle ilgili farklı senaryolar ortaya atılmıştır.



Şekil 1: Çevresel Kuznets Eğrisi: Farklı Senaryolar

Kaynak: Dasgupta, Laplante, Wang ve Wheeler (2002, s. 148)

Şekil 1'de görüldüğü üzere kişi başına düşen gelir ile kirlilik arasındaki ilişki ters U biçiminden farklı şekillerde de olabilmektedir. Bazı kirlilik kaynakları azaltılsa bile farklı yeni toksik atıkların ortaya çıkmasından dolayı çevresel risklerin artmaya devam edeceği ifade edilmektedir. Buna karşın revize edilmiş ÇKE'de eğrinin daha aşağıda ve sola kaydığı görülmektedir. Bu durumda ise endüstrileşmenin ilk aşamalarında büyümenin daha az kirlilik yarattığı ve daha düşük gelir seviyelerinde kirliliğin düşmeye başladığı ifade edilmektedir

(Dasgupta vd., 2002: 148). ÇKE hipotezi özünde dinamik bir değişim süreci olarak özetlenmektedir. Zaman içerisinde ekonomi büyüdükçe emisyon seviyesi ilk başlarda artarak zirve yapmakta, belirli bir gelir eşiğinin aşılmasının ardından da azalmaktadır. Gerçekte, ÇKE uzun dönemli bir fenomendir (Dinda, 2004: 434).

Çevresel Kuznets Eğrisinin ortaya koyulmasında üç temel gerekçe sayılabilmektedir. İlki çevre talebinin gelir esnekliğidir. İnsanlar artan gelirle birlikte sağlıklı ürünler tüketme ve daha iyi çevresel koşullar gibi nedenlerle yaşam kalitesine daha çok dikkat etmektedirler. İkinci gerekçe, teknoloji, iktisadi ölçek ve yapının etkisidir. Büyümedeki artışın enerji ve kaynaklarda daha fazla tüketime yol açması daha fazla kirliliğe neden olmaktadır. Yapısal açıdan ekonomik gelişme ile yapısal değişimler çevre üzerinde etkili olmaktadır. Üçüncü olarak ise, uluslararası ticaret ÇKE'yi oluşturan önemli bir faktördür. Serbest ticaretin çevre üzerinde iki yönlü bir etkisi vardır. İlki, teknik etki yoluyla çevresel gelişmelerdir. İkincisi, iktisadi ölçeğin genişlemesiyle birlikte çevresel kirliliğin çoğalmasındır (Bo, 2011: 1323).

Literatürde çevre kirliliği bağlamında kişi başına düşen gelir ile çeşitli kirlilik göstergeleri arasındaki ilişki ÇKE'nin ampirik olarak araştırılmasında kullanılmaktadır. SO_2 , SPM , CO_2 , nitrojen oksit vb. gaz emisyonlarıyla ÇKE hipotezini test eden çalışmaların (Selden ve Song, 1994; Grosman ve Krueger, 1995; Kahn, 1998 vb. gibi) yanı sıra diğer kirlilik göstergeleri³ ile yapılmış çalışmalar da (Orubu ve Omotor, 2011; Thompson, 2012; Wong ve Lewis, 2013 vb. gibi) bulunmaktadır. Halkos (2003), ekonomik büyüme ve sülfür emisyonu arasındaki ilişkiyi 73 OECD ve OECD dışı ülke için 1960-1990 dönemi için Arellano-Bond Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM) ve Tesadüfi Katsayılar Modeli (RCM) ile analiz etmiştir. GMM tahmininde ÇKE hipotezi geçerli iken, RCM'de ÇKE hipotezini destekleyen bulgular elde edilememiştir. Halkos, bu durumun yatay kesit (ülke) boyutunun çok fazla olmasından kaynaklandığını ifade etmiştir. GMM tahmini ile ÇKE hipotezini küresel, OECD ve OECD dışı ülkeler olarak ayrı ayrı test ettiği durumda OECD ülkeleri için dönüm noktasının sabit ve tesadüfi etkiler modelinin aksine küresel ve OECD dışı ülkeler için daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Orubu ve Omotor (2011), Afrika Kıtası ülkeleri için asılı partiküler madde ve organik su kirleticileri ile kişi başına düşen gelir arasındaki ilişkiyi panel veri modeli ile analiz ettikleri çalışmada ÇKE'nin zamanla kaydığı çıkarımını yapmışlardır. Dolayısıyla revize edilmiş ÇKE'nin (revised EKC) geçerli olduğunu diğer bir ifade ile gelirin düşük seviyelerinde bile kirliliğin düşmeye başlayacağını ifade etmişlerdir. Perman ve Stern (2003) 74 ülke için 31 yıllık verilerle ÇKE hipotezinin panel birim kök ve panel eşbütünleşme yoluyla sınımlanmış olduğunu ifade etmişlerdir. Elde ettikleri bulgular, hipotezi desteklemekte olup, sülfür emisyonunun gelirin konkav bir fonksiyonu olduğunu göstermektedir. Ancak bireysel ülke sonuçlarına bakıldığında eşbütünleşme ilişkisi elde edilmesine rağmen ilişki pek çok ülke için konkav çıkmamıştır. Bu sonuçlara göre, ÇKE problematik bir kavramdır. Akbostancı, Türüt-Aşık ve Tunç

³ Diğer kirlilik göstergeleri olarak; NH_4 , NO_2 , organik su kirleticiler, asılı partiküler madde vb. kullanılmıştır.

(2009) Türkiye için CO_2 emisyonu ve kişi başına düşen gelir arasındaki ilişkiyi Johansen Eşbütünlük testi ile analiz ettikleri çalışmalarında gelirin karesel ve kübik değerlerini kullanmışlardır. Elde edilen bulgulara göre CO_2 emisyonu ile gelir “N” şeklinde bir patika izlemektedir. Çalışmanın ikinci kısmında ise, Türkiye’nin 58 ili ile 1992-2001 dönemi için panel veri analizi yapılmıştır. Panel veri modeli ile yapmış olduğu tahminler sonucunda da gelir ve hava kirliliği arasında “N” şeklinde bir ilişki elde etmişlerdir. Thompson (2012) ÇKE hipotezini su kirliliği göstergesi olarak biyokimyasal oksijen talebi ve kişi başına gelir değişkenleriyle ortalama grup tahmincisini (MGE) kullanarak sınamıştır. Yıllık verilerle 1980-2000 döneminde 38 ülke için yapmış olduğu analizde, su bolluğu yaşayan ve su kıtlığı çeken ülkeler için farklı sonuçlar elde etmiştir. Çalışma bulgularına göre su kıtlığı çeken ülkelerin dönüm noktası su bolluğu yaşayan ülkelere göre daha düşüktür.

Çalışmanın ikinci bölümü ekonometrik metodolojiye ve üçüncü bölümü veri ve ekonometrik analize ayrılmıştır. Son bölüm ise, bulguların tartışıldığı sonuç bölümüdür.

2. Ekonometrik Metodoloji

Bu çalışmada, Çevresel Kuznets Eğrisinin geçerliliğini sınamak için iki birim ve bir zaman boyutunun bulunduğu üç boyutlu panel veri modellerinden yararlanılmaktadır. Ülkeler ve gelir gruplarına göre ayrılmış ülke grupları birim boyutlarını ve yıllar zaman boyutunu oluşturmaktadır. Bu sayede ülkelere ait birimlerin etkilerinin yanı sıra gelir gruplarına göre de oluşturulan birim boyutu hakkında da bilgi sahibi olunabilecektir.

Geleneksel iki boyutlu panel veri modellerinin aksine çok boyutlu panel veri modelleri birden fazla birim ve/veya zaman etkisinin modele dahil edilmesine izin vermesinden dolayı daha kapsayıcı ve daha çok bilgi verici olmaktadır. Yerdelen Tatoğlu (2016) çalışmasında, yuvalanmamış çok boyutlu panel veri modelleri için Egger ve Pfaffermayrb (2003), Baldwin ve Taglioni (2006) ve Balazsi, Matyas ve Wansbeek (2018) vb. gibi araştırmacılar tarafından literatürde önerilen modellerin tüm spesifikasyonlarını yuvalanmış modeller için kullanarak sabit ve tesadüfi etkiler tahmincilerini türetmiştir. Buna göre, iki birim ve bir zaman etkisinin bulunduğu üç boyutlu panel veri modeli için önerilen ve bu çalışmada kullanılan spesifikasyonlardan birisi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$Y_{ijt} = \alpha + \beta X_{ijt} + \mu_i + \gamma_j + \lambda_t + u_{ijt} \quad i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, M, t = 1, \dots, T \quad (1)$$

Denklem (1) için tüm etkilerin bağımsız değişkenlerle korelasyonlu olduğu varsayımı ile grup içi dönüşüm,

$$(Y_{ijt} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j - \bar{Y}_t + 2\bar{Y}) = \beta(X_{ijt} - \bar{X}_i - \bar{X}_j - \bar{X}_t + 2\bar{X}) + (u_{ijt} - \bar{u}_i - \bar{u}_j - \bar{u}_t - 2\bar{u}) \quad (2)$$

biçimindedir. Dönüşüm sonucu tüm etkiler ve sabit parametre modelden düşmüştür. Denklem (2)’de verilen modelin havuzlanmış en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmesiyle üç boyutlu panel veri modelinin sabit etkiler-grup içi tahmini ($\hat{\beta}_{WE} = WE_{XX}^{-1} WE_{XY}$) elde edilmektedir.

Denklem (1) ile ifade edilen modelin etkilerin bağımsız değişkenlerle korelasyonsuz olduğu varsayımıyla tesadüfi etkiler-genelleştirilmiş en küçük kareler tahmincisi, grup içi ve gruplar arası dönüşümden elde edilen matrislerin tartılı ortalamaları yardımıyla elde edilmektedir. Denklem (1) için gruplar arası dönüşümler,

$$\begin{aligned}(\bar{Y}_i - \bar{Y}) &= \beta(\bar{X}_i - \bar{X}) + (\bar{u}_i - \bar{u}) \\(\bar{Y}_j - \bar{Y}) &= \beta(\bar{X}_j - \bar{X}) + (\bar{u}_j - \bar{u}) \\(\bar{Y}_t - \bar{Y}) &= \beta(\bar{X}_t - \bar{X}) + (\bar{u}_t - \bar{u})\end{aligned}\quad (3)$$

olarak türetilmektedir. Buradan elde edilen parametre tahminleri sırasıyla $\hat{\beta}_{BE1} = BE1_{XX}^{-1} BE1_{XY}$, $\hat{\beta}_{BE2} = BE2_{XX}^{-1} BE2_{XY}$ ve $\hat{\beta}_{BE3} = BE3_{XX}^{-1} BE3_{XY}$ olarak tanımlandığında tesadüfi etkiler tahmincisi,

$$\hat{\beta}_{RE} = (WE_{XX} + \phi_2^2 BE1_{XX} + \phi_3^2 BE2_{XX} + \phi_4^2 BE3_{XX})^{-1} (WE_{XY} + \phi_2^2 BE1_{XY} + \phi_3^2 BE2_{XY} + \phi_4^2 BE3_{XY}) \quad (4)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir. Burada, λ_1 grup içi tahminciden (Denklem (2)) ve λ_i 'ler ($i=2, 3, 4$) ise her bir gruplar arası tahminciden (Denklem (3)) elde edilen kalıntı varyanslarını ifade etmek üzere $\phi_i^2 = \lambda_1 / \lambda_i$ olarak elde edilmektedir.

Tesadüfi etkiler-en çok olabilirlik tahmincisi ise, normal dağılım varsayımıyla logaritmik olabilirlik fonksiyonunun üçüncü etkinin ilavesiyle genişletilmesinden sonra,

$$\log L = \text{sabit} - \frac{1}{2} \log |\Omega| - \frac{1}{2} (Y - Z\beta)' \Omega^{-1} (Y - Z\beta) \quad (5)$$

fonksiyonun β , σ_u^2 , σ_λ^2 , σ_μ^2 ve σ_γ^2 'e göre birinci türevlerinin alınıp sıfıra eşitlenmesiyle oluşturulan eşitliklerin eşanlı olarak çözülmesi ile elde edilmektedir.

Üç boyutlu panel veri modelinde üç etkinin de modelde anlamlı olduğu durumda yukarıda anlatılan yaklaşımlarla sabit ve tesadüfi etkiler tahmincileri elde edilebilir. Fakat öncelikle, tüm etkilerin anlamlılıkları sınanmalı ve hangi etkiler anlamlı ise, ona uygun spesifikasyon kullanılarak modeller tahmin edilmelidir.

3. Veri ve Ekonometrik Analiz

Bu çalışmada 66 ülkeye ait 1971-2014 dönemine ait yıllık veriler kullanılmıştır. Ülkeler gelir düzeylerine göre düşük, alt-orta, üst-orta ve yüksek olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır⁴. Kurulan çok boyutlu panel veri modelinde iki birim (ülkeler ve gelir düzeyleri) ve bir zaman boyutu olmak üzere üç boyut bulunmaktadır. Veriler Dünya Bankası istatistiklerinden (World Bank WDI) elde edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenler yıllık kişi başına düşen karbondioksit emisyonu (CO2), yıllık kişi başına düşen Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GDP) ve karesi (GDP²), yıllık

⁴ Sınıflama World Bank'ın gelir sınıflamasına göre yapılmıştır.

Ferda YERDELEN TATOĞLU, Hüseyin İÇEN

kişi başına düşen enerji kullanımı miktarı (ENERGY) şeklindedir. Tüm değişkenler logaritmaları alınmak suretiyle modele dahil edilmiştir.

Kullanılan model, daha önce de bahsedildiği gibi ülkeler, gelir düzeyleri ve zaman olmak üzere iki birim ve bir zaman boyutundan oluşan çok boyutlu panel veri modelidir ve aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

$$CO2_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{ijt} + \beta_2 GDP_{ijt}^2 + \beta_3 ENERGY_{ijt} + \mu_i + \gamma_j + \lambda_t + u_{ijt}$$

$$i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, M, t = 1, \dots, T$$

Burada i ülkelere ait birim boyutunu, j gelir gruplarına göre ayrılmış ülke gruplarını ve t zaman boyutunu ifade etmektedir. μ_i ülke etkisi, γ_j gelir grubu etkisi ve λ_t zaman etkisini ifade etmektedir. Öncelikle, yukarıdaki modelde her bir etkinin birleşik ve ayrı ayrı anlamlılıkları Lagrange Çarpanı (LR) testi ile sınanmış ve test sonuçları Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1: LR Test Sonuçları

Temel Hipotez	LR test istatistiği
$H_0 : \sigma_\mu = \sigma_\gamma = \sigma_\lambda = 0$	3949.98*
$H_0 : \sigma_\mu = 0$	3925.51*
$H_0 : \sigma_\gamma = 0$	303.58*
$H_0 : \sigma_\lambda = 0$	0.12

*, % 1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 1 ile verilen test sonuçlarına göre üç etkinin birlikte anlamlılığını sıyanan temel hipotez reddedilmiştir. Burada alternatif hipotez en az bir etkinin sıfırdan farklı olduğunu göstermektedir. İkinci aşamada, her bir etki ayrı ayrı sınanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, ülke ve gelir düzeyi etkileri anlamlı iken zaman etkisi anlamlı bulunamamıştır. Dolayısıyla ÇKE bağlamında ülkelerin ve gelir düzeylerine göre ayrılmış olan ülke gruplarının heterojen özelliklere sahip olduğu, fakat zamana göre heterojenlik göstermediği söylenebilmektedir.

Bu çerçevede oluşturulan üç boyutlu panel veri modeli için önerilen (1) numaralı spesifikasyonun bu çalışmaya uyarlanmış biçimi aşağıdaki gibidir:

$$CO2_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{ijt} + \beta_2 GDP_{ijt}^2 + \beta_3 ENERGY_{ijt} + \mu_i + \gamma_j + u_{ijt} \quad (6)$$

$$i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, M, t = 1, \dots, T$$

Bu model için grup içi dönüşümler,

$$\overline{CO2_{ijt}} = CO2_{ijt} - \overline{CO2_i} - \overline{CO2_j} + \overline{CO2}$$

$$\overline{GDP_{ijt}} = GDP_{ijt} - \overline{GDP_i} - \overline{GDP_j} + \overline{GDP}$$

$$\overline{GDP_{ijt}^2} = GDP_{ijt}^2 - \overline{GDP_i^2} - \overline{GDP_j^2} + \overline{GDP^2}$$

$$\overline{ENERGY_{ijt}} = ENERGY_{ijt} - \overline{ENERGY_i} - \overline{ENERGY_j} + \overline{ENERGY}$$

şeklinde. Bu dönüşümlerle elde edilen değişkenler ile oluşturulan modele havuzlanmış EKK uygulanmasıyla sabit etkiler modelinin grup içi tahmincisi edilmektedir. Tesadüfi etkiler genelleştirilmiş en küçük kareler tahmincisinin elde edilmesinde kullanılacak gruplar arası tahminciler Denklem (3)'te yer alan ilk iki dönüşüm yardımıyla elde edilmektedir. En çok olabilirlik tahmincisi ise, Denklem (5)'te verilen log-olabilirlik fonksiyonunun zaman etkisinin dışlanıp oluşturulması ile tahmin edilmektedir.

Her iki birime ait etkinin açıklayıcı değişkenlerle ilişki olup olmamasına ilişkin yapılan varsayımlar uygun tahmin yöntemiyle model seçiminde etkili olmaktadır. $E(X_{it}\mu_i) \neq 0$ ve $E(X_{it}\gamma_j) \neq 0$ varsayımları altında grup içi tahminci (Sabit Etkiler (FE) tahmincisi) tutarlı iken, birimlerin açıklayıcı değişkenlerle ilişkisiz olması durumunda ise Tesadüfi Etkiler (RE) tahmincisi etkindir. Denklem 3'de verilen model, her üç tahminci ile de yukarıda verilen dönüşümler yardımıyla tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2: Üç Boyutlu Panel-Sabit ve Tesadüfi Etkiler Tahmin Sonuçları

$CO2_{ijt}$	FE ⁵	RE-GEKK	RE-MLE
GDP_{ijt}	3.044*	3.074*	2.291*
GDP_{ijt}^2	-0.154*	-0.166*	-0.120*
$ENERGY_{ijt}$	0.781*	1.047*	0.639*
<i>Sabit</i>	-19.220*	-20.469*	-14.524*
<i>Dönüm noktası</i>	19610.18	10678.94	14322.99
<i>Wooldridge test</i>	90.058*		
<i>Breusch Pagan/ Cook Weisberg test</i>	802.41*		
<i>Hausman test</i>		207.58*	

*, % 1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 2 incelendiğinde GDP ve GDP^2 'nin işaretleri ÇKE hipotezini destekler nitelikte bulunmuştur. Tüm parametreler her bir modelde de istatistiksel olarak anlamlıdır. Her üç tahminciden elde edilen sonuçlara göre maksimum nokta vardır ve ters-U biçimindeki fonksiyonel denklemin dönüm noktası elde edilen parametre tahminleri yardımıyla hesaplanmıştır. Bunun dışında yine tüm modellerde kişi başına düşen enerji kullanımının kişi başına düşen karbondioksit emisyonunu pozitif yönde etkilediği görülmüştür.

⁵ Parametre anlamlılıkları robust standart hatalar kullanılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan Hausman test sonucuna göre, hem sabit hem de tesadüfi etkiler tahmincilerinin tutarlı, tesadüfi etkiler tahmincisinin etkin olduğunu ifade eden H_0 hipotezi reddedilmiştir. Alternatif hipotez altında sabit etkiler tahmincisi tutarlı, tesadüfi etkiler tahmincisi ise tutarsızdır. Sabit etkiler modeli için otokorelasyon Wooldridge'in (2002) testi, heteroskedasite ise Breusch Pagan/Cook Weisberg (1980-1983) testi kullanılarak test edilmiş, her iki varsayımdan sapma da görüldüğünden robust standart hatalar hesaplanmıştır, parametre anlamlılıkları buradan elde edilen t istatistiklerine göre değerlendirilmiştir. Sabit etkiler tahmincisinin sonuçlarına göre, söz konusu 66 ülke grubu için ve 1971-2014 yılları arasında dönüm noktası 19610\$'dır, kirliliğin göstergesi olan CO₂ emisyonu kişi başına gelir 19610\$ olana kadar artmakta bu noktada maksimuma ulaştıktan sonra azalmaktadır. Ayrıca, diğer değişkenler sabitken kişi başına enerji tüketimindeki her %1'lik artış, CO₂ emisyonunu %0,78 arttırmaktadır.

Tablo 1'de yapılan LR test sonuçlarında ülke etkisinin yanı sıra gelir grubu etkisinin de olduğu anlaşılmıştır. Gelir gruplarına göre parametre heterojenliği olup olmadığı χ^2 dağılımına sahip Swamy'nin (1970) S testi ile sınanmış ve test sonuçlarına göre, parametrelerin ülke gruplarına göre homojen olduğunu ifade eden temel hipotez reddedildiğinden ülke gruplarına göre heterojenlik saptanmıştır⁶. Bu heterojenliği dikkate alarak aşağıda gelir gruplarına ayrılmış iki boyutlu panel veri modelinin sabit ve tesadüfi etkiler varsayımları ile tahminleri ve test sonuçları verilmiştir. Kurulan tüm modellerde sadece ülke etkisi geçerli iken zaman etkisi geçersizdir, dolayısıyla Tablo 3'te tek yönlü birim etkiler modeli tahmin sonuçları yer almaktadır.

⁶ S test istatistiği S: 941.01 iken, $\alpha=0.05$ için 12 serbestlik dereceli χ^2 tablo değeri: 21.026'dir.

Tablo 3: Gelir Gruplarına Göre Sınıflanmış İki Boyutlu Panel-Sabit ve Tesadüfi Etkiler Tahmin Sonuçları

	Değişkenler	FE	RE	Hausman	Dönüm Noktası⁷	F Testi⁸
Yüksek Gelir	<i>GDP</i>	2.160*	2.085*	33.21*	8326.244	138.01*
	<i>GDP</i> ²	-0.120*	-0.116*			
	<i>ENERGY</i>	0.734*	0.754*			
	<i>Sabit</i>	-13.432*	-13.223*			
Üst – Orta	<i>GDP</i>	-0.660*	-0.661*	7.94**	-	256.80*
	<i>GDP</i> ²	0.0765*	0.0762*			
	<i>ENERGY</i>	0.517*	0.524*			
	<i>Sabit</i>	-2.693*	-2.701*			
Alt - Orta	<i>GDP</i>	-0.527	-0.528	0.00	-	198.65*
	<i>GDP</i> ²	0.081*	0.081*			
	<i>ENERGY</i>	0.583*	0.583*			
	<i>Sabit</i>	-4.446*	-4.439*			
Düşük Gelir	<i>GDP</i>	7.803*	8.021*	1.78	2782.295	63.53*
	<i>GDP</i> ²	-0.489*	-0.506*			
	<i>ENERGY</i>	0.971*	0.959*			
	<i>Sabit</i>	-37.329*	-37.958*			

Not: Hausman test istatistiğine göre kullanılması gereken modeller koyu renk ile ifade edilmiştir.

⁷ Üst – Orta ve Alt – Orta gelir grupları için tahmin edilen denklem aşağı yönlü konkav olmadığından dönüm noktası hesaplanmamıştır.

⁸ Birim etkinin varlığı, $H_0: \mu_i=0$ (tüm i'ler için) temel hipotezine sahip F testi ile sınanmıştır.

Gelir düzeylerine göre oluşturulan gruplara ait sabit ve tesadüfi etkiler modeli tahmin sonuçları Tablo 3'te özetlenmiştir. Sabit ve tesadüfi etkiler modelleri arasında seçim için yapılan Hausman test istatistiği sonuçlarına göre yüksek ve üst-orta gelir grubundaki ülkeler için *RE* modeli etkin, alt-orta ve düşük gelir grubundaki ülkeler için *FE* modeli tutarlıdır. Alt-orta gelirli ülkeler için tahmin edilen her iki modelde de kişi başına düşen gelir değişkeni (çoklu doğrusal bağlantının etkisiyle) anlamsız bulunmuştur. Bunun dışında tüm parametreler istatistiksel olarak anlamlıdır. Üst-orta gelir grubu için kurulan modellerde ise, tüm parametreler anlamlı olmasına rağmen ÇKE geçerli çıkmamıştır. Dolayısıyla orta gelir grubu ülkelerde ÇKE'nin geçerli olmadığı söylenebilmektedir. Yüksek ve düşük gelir grupları için dönüm noktaları tahmin edilen parametrelerden hesaplanmıştır. Buna göre düşük gelir düzeyindeki ülkelerde kişi başına düşen karbondioksit salınımı kişi başına gelirin yaklaşık olarak 2782\$ olduğu seviyeye kadar artmakta ve bu noktadan itibaren düşmeye başlamaktadır. Benzer şekilde yüksek gelir grubundaki ülkeler için bu seviye yaklaşık 8326\$ civarındadır. Dolayısıyla düşük gelir düzeyindeki ülkelerde dönüm noktası yüksek gelir düzeyindeki ülkelerekinden daha düşük seviyededir. Bu durum revize edilmiş ÇKE hipotezini doğrulamaktadır.

4. Sonuç

Çevre kirliliği küreselleşen ekonomik sistemde ister gelişmiş ister gelişmekte olan ülkeler olsun dünyadaki bütün ülkeleri ilgilendiren bir kavramdır. Çevre talebinin gelir esnekliğine bağlı olarak tüm ülkelerde çevre kirliliğine olan duyarlılık da her geçen gün artmaktadır. Gelişen teknolojik koşullar bir taraftan çevre dostu üretim imkanlarını arttırmaktadır. Ayrıca teknolojik dönüşümle yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmakta ve çevreye verilen zarar en aza indirilerek temiz enerji üretilmektedir. Diğer taraftan teknolojik gelişmelerle yeni toksik atıklar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca küreselleşmenin etkisi ile ekonomik ölçeğin artmasıyla birlikte daha fazla doğal kaynak, ham madde ve enerji kullanımına olan talep de yükselmektedir. Daha büyük ölçek ekonomilerinin etkisi ile daha düşük maliyetli üretim yapılmakta ve piyasaya sunulmaktadır. Olağanüstü boyutlara ulaşan arza talep yaratılabilmesi için ise, insanları sürekli daha fazla tüketime yönlendirilmektedir. Çevresel dönüşümün olumlu yönde evrilmesi elbette ekonomik büyüme ve gelişmeye bağlıdır. Ancak büyümek için büyümek yalnızca kanser hücrelerine özgü bir olgudur.⁹

Bu çalışmada çevre kirliliğinin önemli bir göstergesi olan karbondioksit emisyonu ile ekonomik büyüme ve enerji kullanımı arasındaki ilişki ÇKE bağlamında analiz edilmiştir. Analizde literatürde oldukça yeni olan çok boyutlu panel veri modelleri kullanılmıştır. Gelir seviyelerine göre ülke grupları ve ülke etkilerinin birim, yılların zaman etkisi olduğu üç boyutlu panel veri modeli ile oluşturulan model için *FE* ve *RE* tahminleri yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre yüksek ve düşük gelir grubuna sahip ülkelerde ÇKE hipotezi geçerlidir. Ancak yüksek gelir grubuna sahip ülkelerin dönüm noktası düşük olanlara göre daha yüksektir. Sonuç

⁹Abbey, Edward Paul: "Growth for the Sake of Growth is the Ideology of the Cancer Cell".

olarak ele alınan veri döneminde 66 ülke ile yapılan analizler sonucunda revize edilmiş ÇKE'nin geçerli olduğu söylenebilmektedir.

Elde edilen bulgulara dayanarak çevre kirliliğinin önlenmesi için ülkelerin yüksek gelir düzeylerine ulaşmasını beklemeye gerek duyulmadığı söylenebilmektedir. Çalışmada revize edilmiş ÇKE'nin geçerli olduğu sonucuna dayanarak düşük gelir seviyesindeki ülkelerin çevre talebinin gelir esnekliğinin daha yüksek olduğu çıkarımı yapılabilmektedir. Bununla birlikte küreselleşen dünya koşulları göz önüne alındığında çevre kirliliği tüm ülkeleri etkileyen ortak bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla gelişen teknolojik koşullarla birlikte daha çevreci üretim olanaklarının yüksek gelirli ülkelere düşük gelirli ülkelere transferi daha kolay bir biçimde gerçekleşmesi mümkün görünmektedir. Ayrıca yüksek gelirli ülkelerin daha ağır sanayi ve kirlilik yaratan üretim faktörlerini üçüncü dünya ülkeleri olarak tanımlanan düşük gelirli ülkelere kaydırması her ne kadar kolay olsa da yukarıda da bahsedildiği üzere çevresel kirliliğin tüm ülkeleri etkileyen bir sorun olmasından dolayı bu tutumdan vazgeçilmesi gerekmektedir. Nitekim Çin'deki artan hava kirliliği Pasifik Okyanusu üzerinden ABD'nin batı yakasını tehdit edebilmektedir.¹⁰

Kaynakça

- Abbey, E. P. (1977), *The Second Rape of the West, The Journey Home*: 183.
- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S., Tunç, G. İ. (2009), "The Relationship Between Income and Environment in Turkey: Is There an Environmental Kuznets Curve?", *Energy Policy*, 37(3): 861-867.
- Balazsi, L., Matyas, L., Wansbeek, T. (2018), "The Estimation of Multi-dimensional Fixed Effects Panel Data Models", *Econometric Reviews*, 37(3): 212-227.
- Baldwin, R., Taglioni, D. (2006), Gravity for Dummies and Dummies for Gravity Equations (WP. 12516). *National Bureau of Economic Research*.
- Bo, S. (2011), "A Literature Survey on Environmental Kuznets Curve", *Energy Procedia*, 5: 1322-1325.
- Breusch, T. S., Pagan, A. R. (1980), "The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics", *The Review of Economic Studies*, 47(1): 239-253.
- Cook, R. D., Weisberg, S. (1983), "Diagnostics for Heteroscedasticity in Regression", *Biometrika*, 70(1): 1-10.

¹⁰"UC Irvine Yer Sistemi" bölümünde görev yapan bilim adamı Steve Davis ile Pekin Üniversitesi'nden Jintai Lin tarafından ortak hazırlanan raporda, Çin'de elektrik ve elektronik aletler üreten fabrikaların yaydığı karbon monoksit ve nitrojen oksit gazlarının, ABD'nin batı yakasındaki en büyük kentlerinden Los Angeles ve civarındaki havanın yılda en az bir gün fazladan ulusal ozon limitlerini aşmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Dasgupta, S., Laplante, B., Wang, H., Wheeler, D. (2002), "Confronting the Environmental Kuznets Curve", *Journal of Economic Perspectives*, 16(1): 147-168.

Dinda, S. (2004), "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, 49(4): 431-455.

Egger, P., Pfaffermayr, M. (2003), "The Proper Panel Econometric Specification of the Gravity Equation: A Three-Way Model with Bilateral Interaction Effects", *Empirical Economics*, 28(3): 571-580.

Grossman, G. M., Krueger, A. B. (1995), "Economic Growth and the Environment", *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2): 353-377.

Halkos, G. E. (2003), "Environmental Kuznets Curve for Sulfur: Evidence Using GMM Estimation and Random Coefficient Panel Data Models", *Environment and Development Economics*, 8(4): 581-601.

Kahn, M. E. (1998), "A Household Level Environmental Kuznet Curve", *Economics Letters*, 59(2): 269-273.

Kuznets, S. (1955), "Economic Growth and Income Inequality", *The American Economic Review*, 45(1): 1-28.

Meadows, D.H., Meadows D.L., Randers, J., Behrens, W.W. (1972), *The Limits to Growth*, Universe Books, New York.

Orubu, C. O., Omotor, D. G. (2011), "Environmental Quality and Economic Growth: Searching for Environmental Kuznets Curves for Air and Water Pollutants in Africa", *Energy Policy*, 39(7): 4178-4188.

Perman, R., Stern, D. I. (2003), "Evidence from Panel Unit Root and Cointegration Tests that the Environmental Kuznets Curve Does not Exist", *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 47(3): 325-347.

Selden, T. M., Song, D. (1994), "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2): 147-162.

Swamy, P. A. (1970), "Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 38(2): 311-323.

Tatoğlu Yerdelen, F. (2016), "Various Approaches for the Estimation of the Three-Dimensional Fixed and Random Effect Models", *Eurasian Academy of Sciences Eurasian Econometrics, Statistics&Empirical Economics Journal*, 5: 60-70.

Thompson, A. (2012), Three Essays on the Environmental Kuznets Curve for Water Pollution (*Doctoral dissertation, Kansas State University*).

Wooldridge, J. (2002), *Econometrics of Cross Section and Panel Data*, Cambridge, MA: MIT Press.

Wong, Y. L. A., Lewis, L. (2013), "The Disappearing Environmental Kuznets Curve: A Study of Water Quality in the Lower Mekong Basin (LMB), *Journal Of Environmental Management*, 131: 415-425.

World Bank Database, <https://data.worldbank.org/>,(04.01.2018).

Ek

Ülkelerin Gelir Grubu Sınıflaması

Yüksek Gelir Grubu Ülkeler	Üst-Orta Gelir Grubu Ülkeler	Alt-Orta Gelir Grubu Ülkeler	Düşük Gelir Grubu Ülkeler
Arjantin (ARG)	Cezayir (DZA)	Bolivya (BOL)	Benin (BEN)
Avustralya (AUS)	Brezilya (BRA)	Kamerun (CMR)	Demokratik Kongo Cumhuriyeti (COD)
Avusturya (AUT)	Çin (CHN)	Fildişi Sahili (CIV)	Kongo Cumhuriyeti (COG)
Belçika (BEL)	Kolombiya (COL)	Mısır (EGY)	Gana (GHA)
Kanada (CAN)	Kosta Rika (CRI)	Honduras (HND)	Nepal (NPL)
Şili (CHL)	Dominik Cumhuriyeti (DOM)	Endonezya (IDN)	Senegal (SEN)
Danimarka (DNK)	Ekvador (ECU)	Hindistan (IND)	Togo (TGO)
Finlandiya (FIN)	Gabon (GAB)	Kenya (KEN)	
Fransa (FRA)	Guatemala (GTM)	Myanmar (MMR)	
Yunanistan (GRC)	İran (IRN)	Nikaragua (NIC)	
İsrail (ISR)	Malezya (MYS)	Nijerya (NGA)	
İtalya (ITA)	Meksika (MEX)	Pakistan (PAK)	
Japonya (JPN)	Paraguay (PRY)	Filipinler (PHL)	
Kore (KOR)	Peru (PER)		
Lüksemburg (LUX)	Tayland (THA)		
Hollanda (NLD)	Türkiye (TUR)		
Norveç (NOR)			
Panama (PAN)			
Portekiz (PRT)			
Singapur (SGP)			
İspanya (ESP)			
İsveç (SWE)			
Trinidad ve Tobago (TTO)			
Birleşik Krallık (GBR)			
Amerika Birleşik Devletleri (USA)			
Uruguay (URG)			

Not: Worldbank ülke-gelir grubu sınıflaması ve ISO 3166, A3 sınıflandırılmasına göre ülke kodları kullanılmıştır.