



## Current Validity of Environmental Kuznets Curve with Panel Data Methods

Halime Arslan Gürdal<sup>1,a,\*</sup>, Hüseyin Gürbüz<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Department of Business Administration, Numerical Methods USA, FEAS, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Türkiye

\*Corresponding author

### Research Article

#### History

Received: 01/07/2022

Accepted: 31/08/2022

#### Acknowledgement

#This study is a part of PhD thesis.

### ABSTRACT

With environmental problems coming to the fore on a global scale, it has emerged that environmental problems cannot be handled independently from economic development and social factors, and that the dimensions and direction of the relations of these factors with each other should be examined as a whole. In this direction, the Environmental Kuznets Curve (ÇKE) hypothesis has been put forward regarding the existence and form of the relationship between environmental quality and economic growth. This hypothesis basically argues that there is a relationship between environmental degradation and economic growth, and while environmental degradation is observed in the first phase of economic growth, environmental degradation gradually decreases after economic growth reaches a certain point. This study aims to investigate whether the Environmental Kuznets Curve hypothesis is valid for the G7 countries (Germany, United States of America, England, Italy, France, Japan, and Canada) using linear panel data methods. Covering the 1981-2018 period, GDP per capita, CO2 emissions per capita, and population growth rate variables are considered as data set. First, the cross-section dependencies of the series of the variables used in the study were examined and their stationarities were analysed by panel unit root tests. To test whether there is a long-term relationship between the variables in the panel, panel cointegration tests were applied and the validity of the EKC was tested by estimating the long-term coefficients. As a result of the analysis, it was determined that the Environmental Kuznets curve is valid in G7 countries. Accordingly, when the per capita GDP reaches \$34453.59, it is determined that there will be a decreasing trend in environmental degradation.

**Keywords:** Environmental Kuznets Curve, Linear Panel Data Models, G7 Countries

## Çevresel Kuznets Eğrisinin Panel Veri Yöntemleri ile Güncel Geçerliliği

#### Süreç

Geliş: 01/07/2022

Kabul: 31/08/2022

#### Bilgi

#Bu çalışma doktora tezinin bir parçasıdır.

#### Copyright



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

### Öz

Çevresel sorunların küresel ölçekte gündeme gelmesiyle birlikte çevresel sorunların, ekonomik kalkınmadan ve toplumsal faktörlerden bağımsız olarak ele alınamayacağı, bu faktörlerin birbirleriyle ilişkilerinin boyutlarının ve yönünün bir bütün olarak incelenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda çevre kalitesi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin varlığı ve biçimine ilişkin Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi ortaya konulmuştur. Bu hipotez temelde Çevresel bozulma ile ekonomik büyüme arasında bir ilişkinin olduğunu ve ekonomik büyümenin ilk evresinde çevresel bozulmalar gözlemlenirken, ekonomik büyümenin belirli bir noktaya ulaşmasından sonra çevresel bozulmanın giderek azaldığını ileri sürmektedir. G7 ülkeleri (Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, İtalya, Fransa, Japonya ve Kanada) için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerli olup olmadığı doğrusal panel veri yöntemleri ile araştırılması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. 1981-2018 dönemini kapsayan, kişi başı GSYH, kişi başı CO2 emisyonu ve nüfus artış hızı değişkenleri veri seti olarak ele alınmıştır. İlk olarak, çalışmada kullanılan değişkenlere ait serilerin yatay kesit bağımlılıkları incelenmiş ve durağanlıkları panel birim kök testleri ile analiz edilmiştir. Panelde değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olup olmadığını test etmek için panel eş bütünleşme testleri uygulanmış ve uzun dönem katsayıların tahmini yapılarak ÇKE geçerliliği sınanmıştır. Yapılan analizler sonucunda G7 ülkelerinde Çevresel Kuznets eğrisinin geçerli olduğu belirlenmiştir. Buna göre kişi başına GSYH, 34453,59\$ değerine ulaştığında çevresel bozulmada azalış yönünde eğilimin olacağı saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel Kuznets Eğrisi, Doğrusal Panel Veri Modelleri, G7 Ülkeleri

<sup>a</sup> [halime.arslangurdal@ogu.edu.tr](mailto:halime.arslangurdal@ogu.edu.tr) <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0166-643X> | <sup>b</sup> [hgurubuz@ogu.edu.tr](mailto:hgurubuz@ogu.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1085-9164>

**How to Cite:** Arslan Gürdal H, Gürbüz H. (2022). Current Validity of Environmental Kuznets Curve with Panel Data Methods, Journal of Economics and Administrative Sciences, 23(4): 981-991

## Giriş

Her geçen gün ekonomik büyümenin ve nüfus artışının Çevresel kalitede yarattığı sorunlar artmakta ve Çevresel kalitenin bozulması konusu kamuoyunun ilgisini daha fazla çekmektedir. Özellikle 1970’li yılların başından itibaren, çevre kalitesi önemini hissettirmiş ve gündemi oluşturan konulardan biri haline gelmiştir. Çevresel bozulmanın bir belirtisi olan iklim değişikliğinin ve bunun en önemli nedenlerinden biri olan seragazi emisyonlarının kontrol altında tutulması amacıyla küresel ölçekte çeşitli faaliyetler düzenlenmiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) bu amaçla oluşturulmuş ilk küresel faaliyettir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. Sözleşmenin ana amacı; atmosferdeki sera gazı miktarlarını ve bu gazların ekosistem üzerindeki zararlı etkisini durdurmasına, ekosistemin kendini yenileyerek iklim değişikliğine doğal bir şekilde uyum sağlamasına ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir olmasına izin verecek bir hale gelmesine yardımcı olmaktır.

Sözleşmeye göre ülkeler sorumlulukları bağlamında üç gruba ayrılmışlardır. Bunlar:

**Ek-1 Ülkeleri:** Bu grupta yer alan ülkeler sera gazı emisyonlarını sınırlandırarak ve ek olarak sera gazı yutaklarını koruyup arttırarak iklim değişikliğini azaltmak üzere ulusal politikalar belirleyecek ve bunlara ilişkin önlemler alacaktır. Bu kategorideki ülkeler iklim değişikliğini önlemek amacıyla ortaya koydukları önlemleri ve izledikleri politikaları ve bunun yanında sera gazı emisyonlarını her yıl BMİDÇS sekreteryasına bildirmek durumundadır.

**Ek-2 Ülkeleri:** BMİDÇS’nin ikinci grubunda yer alan ülkeler özellikle gelişmekte olan ülkelere sözleşmede yer alan hükümleri uygulayabilmeleri adına çevresel teknolojileri ve bilgi transferlerini sağlayacak ölçüde teşvik ve finansman yardımı sağlayacak olan ülkelerdir.

**Ek-1 Dışı Ülkeler:** Ek-1 ve ek-2 ülkesi olmayıp sözleşmeye taraf olan ülkeler ek-1 dışı ülkeler olarak nitelendirilmektedir. Burada yer alan ülkelerin sera gazı salımına ilişkin belirlenmiş bir yükümlülükleri bulunmamaktadır. Brezilya, Hindistan, Meksika, Çin ve Güney Kore gibi ülkeler bu kategoride yer alan hızlı gelişen ülkeler arasındadır.

Bu sözleşme çerçevesinde katılımcılar belirli aralıklarla konferans düzenleyerek ülkelerin durum raporlarını değerlendirmişlerdir. Daha sonra küresel boyutta Kyoto Protokolü ve Paris anlaşması imzalanmıştır.

Kyoto Protokolü (III. Taraflar Konferansı (COP3)), Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde imzalanan, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik yapılan bir çerçevedir. Bu protokolü imzalayan ülkeler, sera gazı emisyonu olarak adlandırılan beş gazın salınımını azaltmaya ve/veya bunu taahhüt eden ülkelere gerekli yardımı sağlamaya yükümlü hale gelmişlerdir.

1997’de Japonya’nın Kyoto ilinde imzalanan sözleşmenin uluslararası geçerlilik kazanabilmesi için; tüm seragazi emisyonu miktarının %55’ine karşılık gelen ve en

az 55 ülkenin sözleşmeyi kabul etmiş olması şartlarının sağlanması nedeni ile ancak 2005’te yürürlüğe girebilmiştir.

Kyoto Protokolü, katılımcı ülkelerin çevreye saldıkları seragazi emisyonlarının azaltılmasını amaçlamışlardır. Bu amaçla bir dizi kararlar almışlardır. Bu kararlardan en önemlisi, özellikle gelişmiş ülkelerin seragazi emisyonlarını 2008-2012 yılları arasında 1990 seviyesinin ortalama %5 altına indirmesini sağlamaktır. Belirtilen bu hedef, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi bağlamında, iklim değişikliğini önlemeye yönelik, atılan ilk esaslı adım olarak görülmektedir. (Karakaya ve Özçağ,2003).

Paris Anlaşması ise, 21. Taraflar Konferansında (COP-21) 2015 yılında imzalanmış, 2016 yılında yürürlüğe girmiş bir anlaşmadır. 17. Taraflar Konferansında (2011) oluşturulan “Durban Platformu” ile 2020’den sonra tüm tarafların katkılarını sunacağı küresel bir anlaşmanın 2015 yılında yapılacak Paris İklim Zirvesi’nde sonuçlandırılması kararı alınmıştır. Küresel en büyük iki kirletici olan Çin ve ABD’nin, 2014 yılında yapıcı bir tutum çizip ortak hareket etmesi Paris Anlaşması’nın gerçekleşmesinde önemli etken olmuştur. Bunun ötesinde Paris İklim Zirvesi öncesi toplam küresel emisyonların %96 kadarına neden olan 187 ülke azaltım konusunda Ulusal Katkı Beyanlarını (INDC) beyan etmiştir (Karakaya, 2016).

Esas amacının küresel ısınmanın azaltılması, adaptasyonu ve finansman sağlanması olan Paris Anlaşmasında alınan kararlardan en önemlileri: gelişmiş ülkelerin daha fazla azaltım taahhüdü alması ve mutlak azaltım yapması istenirken, gelişmekte olan ülkelerin ise “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluk” ilkesi gereği mevcut kapasitelerine göre bir azaltım yapması beklenerek tüm tarafların emisyon azaltımı konusunda yükümlülük alması, 2050 yılı sonrası için ise öncelikle gelişmiş ülkelerin sıfır emisyon sağlayacak konuma gelmeleri ve yerkürenin ısınmasının 2° seviyelerinde tutulmasını sağlamaktır.

Paris Anlaşmasının yürürlüğe girmesi için aynı Kyoto Protokolünde olduğu gibi toplam seragazi emisyonlarının %55’ini oluşturan ve en az 55 ülkenin onaylaması gerekliliği vardı. 2016 yılı Nisan ayında onaya sunulan anlaşma, özellikle en büyük kirleticiler olan ABD, AB, Çin ve Hindistan gibi ülkelerin desteklemesiyle yürürlüğe girmiştir.

Çevresel sorunların küresel ölçekte gündeme gelmesiyle birlikte yapılan tartışmalar sonucunda çevresel sorunların, ekonomik kalkınmadan ve toplumsal faktörlerden bağımsız olarak ele alınamayacağı, bu faktörlerin birbirleriyle ilişkilerinin boyutlarının ve yönünün bir bütün olarak incelenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu doğrultuda araştırmacılar daha fazla çalışma yapmaya yönelmişlerdir.

Simon Kuznets (1955)’in ekonomik büyüme ile gelir eşitsizliğinin giderek arttığını ancak belli bir noktadan sonra ekonomik büyüme artarken gelir eşitsizliğinin azalacağını söyleyen Kuznets Eğrisi yaklaşımı, 1991 yılında Grossman ve Kruger tarafından ilk olarak kişi başına gelir

ve çevre kirliliği ilişkisine uyarlanmıştır. Ekonomik büyüme ile çevre kirliliğinin başlangıçta artacağını ve belli bir noktadan sonra büyümenin artmaya devam ederken çevre kirliliğinin azalacağını açıklayan bu görüş, Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi olarak adlandırılmıştır (Dinda, 2004)

Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin Ters-U şeklini alması teorik olarak: ölçek, kompozisyon ve teknoloji etkileri ile açıklanmaktadır. Ölçek etkisi, Çevresel Kuznets Eğrisinin artan kısmını, kompozisyon etkisi tepe noktasına ulaştığı bölgeyi ve teknoloji etkisi ise azalan kısmını açıklamaktadır (Dinda, 2004).

Ölçek etkisi, ekonomi büyümesinin getirisiyle üretim ölçeğindeki artışların, doğal kaynak kullanım miktarı ile oluşan atık ve emisyon miktarını ilişkilendirmektedir (Başar ve Temurlenk, 2007). Buna göre, üretim arttıkça üretimin girdisi olarak doğal kaynak kullanımı da daha fazla olacaktır. Üretim sürecinde doğal kaynak kullanımının artması, doğanın tahribatına yol açtığı gibi ortaya çıkan atık miktarında (zararlı maddelerin emisyonlarında) da artışları beraberinde getirmiştir. Netice de gelir artışı ile birlikte çevre kirliliğinde de artışların olduğu saptanmıştır (Grossman ve Krueger (1991), Cole (2004)).

Kompozisyon etkisi, ülkelerin ekonomik faaliyetlerindeki yapısal değişim ve kaymalar için kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerin büyüme-kalkınma deneyimlerinden de görülebileceği gibi, ülkelerin gelirlerinin artması ile birlikte ekonominin yapısı değişmekte ve tarımdan sanayiye, sanayiden de hizmet sektörüne doğru bir geçiş süreci yaşanmaktadır. İktisadi kalkınmanın ilk aşamasında, tarım sektöründen sanayi sektörüne geçiş doğal kaynak kullanımında artışlar meydana getirmiş ve bu durum çevre bozulmalarına yol açmıştır. Doğal kaynakların miktarında meydana gelen azalışlara ilave olarak, özellikle sanayi gelişimiyle yaşanan çevresel sorunlarda artışlar meydana gelmiştir. Ancak, iktisadi büyümenin devam etmesiyle, sanayi sektörüne olan ilgi yerini hizmet sektörüne bırakmıştır. Bu geçiş daha az doğal kaynak kullanımı ile çevre bozulmalarında ve kirliliğinde azalmayı beraberinde getirecektir. İşte bu çevresel kirliliğin azalmaya başladığı gelir seviyesi, literatürde dönüm noktası ya da eşik noktası olarak adlandırılmıştır (Stern, 2004). Bu bağlamda kompozisyon etkisi, Çevresel Kuznets Eğrisinin dönüm noktasına ulaştığı ve azalma eğilimine girdiği bölgeyi göstermektedir (Dinda (2004); Cole (2004); Stern (2004)).

Teknoloji etkisi, ülkelerin refahlarının artması ile araştırma-geliştirme harcamalarına daha fazla kaynak ayrılması sonucunda enerji ve kaynak kullanımında azalmanın olması çevre kalitesinde olumlu etkilere yol açacaktır. Diğer taraftan teknolojik gelişmelerin artması ve daha etkin şekilde teknolojinin kullanılması da çevre kalitesini olumlu yönde etkileyecektir. Dolayısıyla teknoloji etkisi, Çevresel Kuznets Eğrisinin azalan kısmını ifade etmektedir.

Ölçek, kompozisyon ve teknoloji etkilerinin birleştirilmesi ile Çevresel Kuznets Eğrisi elde edilmektedir. Bu üç etkinin bir ekonomide ne kadar

süreceği ülke yapısına, büyüme hızına, uygulanan politika ve teşviklere bağlı olarak değişebilir. Teknolojik ilerlemeyi yakalamaya çalışan düşük ve orta gelirli ülkeler ölçek etkisi altındayken, yüksek gelirli ülkelerde teknoloji etkisi ölçek etkisinden daha ağır basmaktadır (Jena ve Grote (2008); Dollar ve Kraay (2004); Antweiler ve ark. (2001)).

1990'lardan itibaren yaşanan küresel ısınma, iklim değişikliği, Çevresel bozulma gibi sorunların yaşanması araştırmacıları bu alanda çalışmaya yöneltmiştir. Çevresel Kuznets Eğrisinin de ortaya atılmasıyla ve bu konunun hem iktisadi hem matematik temelli olmasının ampirik çalışmaya olanak sağlamasıyla bu alandaki çalışmaların sayısı giderek artmaya başlamıştır. Bu nedenle, çevre kalitesini etkilemesi muhtemel olan faktörlerden karbondioksit emisyonu, ekonomik büyüme ve nüfus artış hızı arasındaki ilişkinin ekonometrik analizler yardımıyla incelenmesi çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

Çalışmanın giriş bölümünde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin teorik yapısı ve oluşum nedenleri özetlenmiştir. Bunlara ek olarak küresel boyutta Çevresel sorunlarla ilgili yapılan anlaşmalar ele alınmıştır. Literatür taraması kısmında Çevresel Kuznets Eğrisini konu edinmiş yerli ve yabancı çalışmalardan bazıları ele alınarak literatür incelemesi yapılmıştır.

Materyal ve yöntem bölümünde, çalışmanın uygulamasının yapılması için yararlanılan doğrusal panel veri modeline ilişkin teorik ayrıntılara ve kullanılan testlere kısaca yer verilmiştir. Materyal kısmında uygulamada kullanılan veri setlerine ait detaylı bilgiler yer almaktadır.

Çalışmanın uygulama sonuçlarının verildiği ve bulguların tartışıldığı kısımda doğrusal panel veri modelleri ile yapılmış testlerin ve analizlerin sonuçları detaylarıyla sıralanmıştır.

Sonuç ve genel değerlendirmelere ise çalışmanın son kısmında yer verilmiştir.

## Literatür Taraması

1990'lardan itibaren, Çevresel Kuznets Eğrisi üzerine yapılan ampirik çalışmaların sayısında artış olduğu görülmektedir. ÇKE'nin yapısının matematiksel formda olmasından dolayı çalışmaların çoğu uygulamaya yönelik olmuştur. Daha sonrasında ÇKE ilişkisinin nedenlerini açıklamaya çalışan ve teorik modellerle bağlantısını kurmaya çalışan sınırlı sayıda çalışma yapılmış olup bu çalışmaların bazıları bölümün son kısmında ele alınmıştır. Ampirik uygulamaların ise, uygulama alanları, kullanılan seri çeşitleri, ekonometrik yöntemler ve analiz ölçeği ve biçimleri açısından zengin bir çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. Tek ülke için ÇKE'nin geçerliliğini araştıran çalışmaların yanı sıra son zamanlarda panel veri uygulamalarının gelişmesi ile birden fazla ülke için ÇKE geçerliliğini araştıran ampirik uygulamaların sayısı artmaktadır (Tutulmaz, 2011).

Çalışmanın konusu paralelinde ÇKE'yi konu edinen çalışmalardan bazıları şunlardır:

Grossman ve Krueger (1991) tarafından yapılan çalışma, Kuznets Eğrisine atıf yaparak, ÇKE ilişkisini ortaya koyan ilk çalışmadır. Bu çalışmada SO<sub>2</sub>, duman ve

havadaki parçacık madde (SPM) miktarları için NAFTA ülkelerinin ele alındığı ve 1977, 1982 ve 1988 yılları için oluşturulan panel veri çerçevesinde sinama yapılmış ve SO2 ve duman salınımları için 4107-14000\$ ve 5000-10000\$ dönüm noktaları olan N şeklinde ilişki saptanmıştır.

Shafik ve Bandyopadhyay (1992) çalışmasında, 1960-1990 yılları arasında 149 ülkeye ait verilerle ÇKE çalışması yapmıştır. Çalışmalarında doğrusal, kuadratik ve kübik form ÇKE modellerine yer vermiş ve 149 ülke için ÇKE ilişkisinin olmadığını saptamışlardır.

Panayotou (1993), Grossman ve Krueger tarafından Kuznets'den alıntılanarak ortaya konan ters U ilişkisine tam adını *Çevresel Kuznets Eğrisi* olarak vermiştir. Çalışmasında 1982-1994 yılları arasında 30 ülkeyi kapsayan panel veri seti ile PM10, NO2, SO2 verileriyle kuadratik Çevresel Kuznets Eğrisini sınıamış ve tüm seriler için ters-U şeklindeki ÇKE ilişkisinin varlığını ve dönüm noktasının 5965\$ olduğunu tespit etmiştir.

Grossman (1993) çalışmasında çevre ile kişi başı gelir verilerini kullanarak ÇKE sınıamalarında bulunmuştur. Çalışmada tüm veriler için ters U veya N şeklindeki ÇKE ilişkisi saptanmıştır. Karbonmonoksit salımı için, 22800\$ seviyesinde dönüm noktasına sahip olduğunu göstermiştir. Selden ve Song (1994), çalışmasında 1973-1984 arası (3 ayrı grup halinde) panel veri uygulamasıyla ÇKE sınıamalarında bulunmuştur. Çalışma 4 farklı salım için ters U ilişkisi tespit etmiştir. Söz konusu salımlar, SO2, NO2, SPM (havadaki partikül madde) ve CO şeklinde sıralanmaktadır Sabit etkiler ile tahmin edilen model

19100\$ seviyesinde bir dönüm noktası verirken, rassal etkiler ile tahmin edilen kuadratik form ÇKE Eğrisinin, dönüm noktası 6200\$ olan bir ters U Eğrisini işaret ettiği görülmektedir.

Çeşitli çevre verileri ile kişi başına düşen gelir arasındaki ilişkinin saptanması amacıyla panel veri ile çalışılan ve ÇKE ilişkisinin varlığını saptayan çalışmalar literatürde önemli yer kaplamaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki çizelge.1'de özetlenmiştir:

Yukarıda örnekleri verilen Çevresel Kuznets Eğrisi çalışmalarından da görüleceği üzere ele alınan yıllar ve ülkeler için farklı dönüm noktaları elde edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada 1981-2018 dönemini kapsayan yıllık verilerle G7 ülkeleri için ÇKE'nin geçerliliği doğrusal panel veri modelleri ile araştırılmış ve bulgular özetlenmiştir. Ele alınan dönem için dönüm noktasının değeri hesaplanmıştır.

## Veri Seti ve Yöntem

### Veri Seti

Ekonomik büyüme ve nüfus artış hızının, çevre kirliliği üzerindeki etkilerinin araştırıldığı Çevresel Kuznets Eğrisi modeli panel veri analizi yöntemleri ile analiz edilmiştir. Analizlerin temel amacı, nüfus, gelir ve kirlilik değişkenleri arasındaki ilişkinin varlığını G7 ülkeleri için ampirik bir çalışma ile ortaya koymaktır. Çalışma kapsamında kullanılan veriler 1981-2018 dönemini kapsayan yıllık veriler olup detayları Çizelge.2' de verilmiştir.

Çizelge 1. ÇKE çalışılmış yazından bazıları

Table 1. Some of the studies on ÇKE

Yazar ve yılı	Kirletici Türü	Çalışılan ülkeler	Çalışılan yıllar	Dönüm noktası
Kaufmann ve ark. (1998)	SO2	23 ülke	1974-1989	12175\$
Torras ve Boyce (1998)	SO2 ve parçacık madde emisyonları	42 ülke	1977-1991	15423\$
Zaim ve Taşkın (2000)	CO2	OECD ülkeleri	1980-1990	16000\$
Stern ve Common (2001)	SO2	73 ülke	1960-1990	14265\$
Dijkgraaf ve Vollebergh (2001)	CO2	24 OECD ülkesi	1960-1997	ÇKE bazı ülkelerde geçerli
Dinda (2004)	SO2	33 ülke	1979-1990	12500\$
Cole (2004)	SO2	18 OECD ülkesi	1980-1997	3472\$
Solakoğlu (2007)	Sektörel kirlilik yoğunluğu (14 farklı kirletici)	AB geçiş ülkeleri	1987-2000	5477, 5432 ve 2397\$
Gürlük (2009)	Biyolojik oksijen gereksinimi (BOD)	15 ülke	1970-2006	22161\$
Luzzati ve Orsini (2010a, b)	CO2	142 ülke	1971-2007	26500 \$
Zanin ve Marra (2012)	CO2	9 ülke	1960-2008	ÇKE bazı ülkelerde geçerli

Çizelge 2. Çalışmada Kullanılan Değişkenler

Table 2. Variables Used in the Study

Değişken Adı	Kısaltma	Birimi	Veri Kaynağı
Karbondioksit Emisyonu	CO2	Kişi başına düşen metrik ton (metric tons per capita)	Dünya Bankası
Gayrisafi Yurt İçi Hasıla	GDP	2010 yılı sabit fiyatlarıyla kişi başına düşen GDYİH (GDP per capita constant 2010)	
Nüfus artış hızı	POP	Yüzde (annual %)	

Çizelge 3. Değişkenlere Ait Özet İstatistikler

Table 3. Summary Statistics of Variables

Değişken adı	Ortalama	Standart sapma	Minimum değer	Maximum değer	Gözlem sayısı
lnCO2	2,2911	0,4038	1,5243	3,0190	n=7
lnGDP	10,5217	4,018904	99,63327	119,1207	T=38
lnGDP2	110,744	3,062416	106,4395	120,5032	N=266
POP	0,5379461	0,3875355	0,0015886	1,794194	

Çizelge 4. Breusch Pagan LM Testi Sonuçları

Table 4. Breusch Pagan LM Test Results

Test adı	Ki-Kare değeri	Prob. Değeri
Breusch-Pagan LM	183,371	0,0001

Çizelge 5. Pesaran (2004) CD testi sonuçları

Table 5. Pesaran (2004) CD test results

Değişken adı	CD test	Prob. değeri
lnCO2	9,66	0,0001
lnGDP	26,40	0,0001
lnGDP2	26,38	0,0001
POP	-1,93	0,053

Çizelge 6. Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Table 6. Panel Unit Root Test Results

Değişken	Test	Düzyer p-değeri	1.Fark p-değeri
lnCO2	IPS	0,9954	0,0001
(sabitli ve trendli)	CADF	0,317	0,0001
lnGDP	IPS	0,492	0,0001
(sabitli ve trendli)	CADF	0,507	0,007
lnGDP2	IPS	0,4987	0,0001
(sabitli ve trendli)	CADF	0,526	0,008
POP	IPS	0,0632	0,0001
(sabitli)	CADF	0,501	0,0001

Çizelge 7. Swamy Testi Sonuçları

Table 7. Swamy Test Results

Test adı	Ki-Kare değeri	Prob. değeri
Swamy Testi	9309,93	0,0001

Çizelge.8. Westerlund Testi Sonuçları

Table.8. Westerlund Test Results

İstatistik	z-değeri	p- değeri	Robust p-değeri
Gt	-5,039	0,0001	0,0001
Ga	-3,349	0,0001	0,0001
Pt	-4,471	0,0001	0,005
Pa	-5,680	0,0001	0,0001

### Yöntem

Bu çalışmada kişi başına düşen milli gelir arttıkça Çevresel kirliliğin arttığını ancak Çevresel kirlilikteki bu artışın belirli bir seviyeye ulaştıktan sonra azalmaya başladığı görüşünü ifade eden Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezinin G7 ülkelerinde geçerliliği araştırılmıştır. ÇKE geçerliliğini araştırmak için üç temel model kullanılmaktadır (Shafik ve Bandyopadhyay, 1992):

$$E_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Y + \beta_2 X_i + e_{i,t} \quad (1)$$

$$E_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Y + \beta_2 Y^2 + \beta_3 X_i + e_{i,t} \quad (2)$$

$$E_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Y + \beta_2 Y^2 + \beta_3 Y^3 + \beta_4 X_i + e_{i,t} \quad (3)$$

Modellerde E değişkeni Çevresel kirliliği, Y değişkeni kişi başına düşen milli geliri ve  $X_i$  değişkeni Çevresel kaliteyi etkilediği düşünülen gelir dışındaki faktörleri ifade etmektedir. Bu eşitliklerden model (1), çevre ile gelir arasındaki doğrusal (log linear) ilişkiyi, model (2) kuadratik ilişkiyi ve model(3) ise, kübik ilişkiyi tahmin etmektedir. Literatürde ÇKE yaklaşımının geçerliliğinin sınamak için birçok ampirik çalışma kuadratik (Orubu ve Omotor, 2011; Sahbaz ve ark., 2012) veya kübik (Akboşancı ve ark., 2009; Fodha ve Zaghdoud, 2010) modelleri kullanılmaktadır. Ayrıca iktisadi değişkenlerle yapılan çalışmalarda

değişkenlerin birim uzaklığının fazla olmasından dolayı logaritmik formlarının kullanılması hem uygulama hem yorumlama açısından kolaylık sağlamaktadır. Ancak nüfus artış hızı değişkeni oran olmasından dolayı logaritması alınmadan modele dahil edilmiştir.

Bu çalışmada kuadratik formdaki model şu şekilde kullanılmıştır:

$$\ln \text{CO}_2 = \alpha_{it} + \beta_1 \ln \text{GDP} + \beta_2 \ln \text{GDP}^2 + \text{POP} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Burada;  $i = 1, \dots, N$  ele alınan ülkeleri,  $t = 1, \dots, T$  zamanı,  $\ln \text{CO}_2$ ; kişi başına karbondioksit emisyonunun logaritmasını,  $\ln \text{GDP}$ ; kişi başı GSYH'nin logaritmasını,  $\text{pop}$ ; nüfus artış hızını göstermektedir.

Yukarıdaki modelin muhtemel katsayı sonuçlarına göre durumları şöyledir:

- $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$  ise  $x$  ile  $y$  arasında U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır.
- $\beta_1 > 0$  ve  $\beta_2 < 0$  ise  $x$  ile  $y$  arasında ters U şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Diğer bir söylemle ÇKE hipotezi geçerlidir ve eğrinin dönüm noktası  $-\frac{\beta_1}{2\beta_2}$  ile hesaplanır.

Bu çalışmada CO2 emisyonu, GSYH ve nüfus artış hızı arasındaki uzun dönem ilişkisi doğrusal panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu amaçla ilk olarak, çalışmada kullanılan değişkenlere ait serilerin durağanlıkları panel birim kök testleri ile analiz edilmiştir. Panelde değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olup olmadığını test etmek için panel eş bütünleşme testleri uygulanmış ve uzun dönem katsayıların tahmini yapılarak ÇKE geçerliliği sınanmıştır. Bu testlerin detaylı teorik anlatımlarına buraya yer verilmeyip, bulgular ve tartışma kısmında sonuçlarla birlikte değinilecektir.

### Bulgular ve Tartışma

Çalışmada kullanılan veri setlerine ilişkin önsel bilgi edinmek amacıyla oluşturulan özet istatistikler Çizelge.3'de verilmiştir.

CO2 emisyon verilerine bakıldığında emisyon değerlerinin logaritması 1,52 ile 3,01 arasında değişmektedir. En düşük değer 2014 yılında Fransa'da (4,59 metrik ton) ölçülürken en yüksek değer 2000 yılında ABD'de (20,47 metrik ton) görülmüştür. G7 ülkelerinin ele alınan dönemde ortalama CO2 emisyon değeri ise yaklaşık 7,94'dür.

GDP değerlerine bakıldığında en düşük değer olan 21625,90 değeri 1981 yılında İngiltere'ye aitken en yüksek değer 54953,62 ile 2018 yılında ABD'de görülmüştür. Ülkelerin ortalama GDP değeri ise 37112,16 olarak bulunmuştur.

Nüfus artış hızı değişkeninde ise değerlerin yüzde cinsinden kullanılmasından dolayı veriler birbirine oldukça yakındır. Nitekim standart sapma 0.004038 gibi oldukça küçük bir değer olarak saptanmıştır. 1981-2018 yılları

arasında nüfus artış hızı en yüksek Kanada'da 1988 yılında görülürken en düşük 1994 yılında İtalya'da görülmüştür.

Diğer taraftan çalışma kapsamında yapılacak olan birim kök testlerinde değişkenlerin belli bir trend içerisinde olup olmaması sonuçlarda farklılık göstereceğinden değişkenlerin trend eğilimleri grafiklerle incelenmiştir. Ancak her değişken için ele alınan ülkelerin grafiklerini buraya koymak çalışmanın boyutunu olumsuz etkileyeceğinden özet halinde aşağıda verilmiştir:

- $\ln \text{CO}_2$  değişkeninin yükseliş yönünde bir trend eğiliminin olduğu söylenebilir.
- $\ln \text{GDP}$  değişkeni için yükseliş yönünde bir trend eğiliminin olduğu söylenebilir.
- $\ln \text{GDP}^2$  değişkeni için yükseliş yönünde bir trend eğiliminin olduğu söylenebilir.
- $\text{POP}$  değişkeni bariz bir trend eğiliminin olmadığı söylenebilir.

Panel birim kök testleri serilerde yatay kesit bağımlılığının varlığına göre değiştiği için analizlere başlamadan önce serilerdeki yatay kesit bağımlılığının varlığı araştırılmalıdır. Yatay kesit bağımlılığı söz konusu olmadığı durumlarda 1. Kuşak birim kök testleri uygulanırken aksi halde 2. kuşak birim kök testlerinin kullanılması daha doğru sonuçların alınmasına olanak sağlayacaktır.

Çalışmada zaman boyutu birim boyutundan büyük olduğu için Breusch Pagan (1980) testine öncelik verilmesine rağmen Pesaran (2004) testi ile de serilerin yatay kesit bağımlılığı incelenmiştir. Her iki test içinde hipotezler şu şekilde kurulur:

$$H_0: \text{cov}(u_{it}, u_{jt}) = 0; i \neq j \quad (5)$$

(yatay kesit bağımlılığı yoktur, tüm  $i$  ve  $t$ 'ler için)

$$H_1: \text{cov}(u_{it}, u_{jt}) \neq 0; i \neq j \quad (6)$$

(yatay kesit bağımlılığı vardır, en az bir kalıntı için)

Breusch Pagan ve Pesaran testleri ile yapılan yatay kesit bağımlılığı sonuçları Çizelge.4 ve Çizelge.5 de verilmiştir.

Breusch Pagan testi sonucunda yatay kesit bağımlılığı olmadığını söyleyen sıfır hipotezi %1 anlam düzeyinde reddedilmiştir. O halde serilerin yatay kesit bağımlılığı durumunu barındırdığı görülmektedir.

Yukarıdaki Pesaran (2004) testi sonuçlarını gösteren Çizelge.6 incelendiğinde yatay kesit bağımlılığı olmadığını söyleyen sıfır hipotezi,  $\ln \text{CO}_2$ ,  $\ln \text{GDP}$  ve  $\ln \text{GDP}^2$  değişkenleri için %1 anlam düzeyinde ve  $\text{POP}$  değişkeni için ise %10 anlam düzeyinde reddedilmiştir. Dolayısıyla ele alınan değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı sorununu barındırmalarından dolayı çalışmada 2.kuşak birim kök testlerinin kullanılması daha etkin sonuçların alınmasını sağlayacaktır.

Çalışma kapsamında ele alınan serilerde yatay kesit bağımlılığı olmasından dolayı 2. Kuşak birim kök testlerinin uygulanması daha etkin sonuçlar vereceğinden burada Pesaran CADF birim kök testi uygulanmıştır. Ancak hem CADF testinde kullanılacak gecikme uzunluğunun

belirlenmesi hem de çalışmaya derinlik katması açısından 1. Kuşak birim kök testlerinden birisi olan Im-Pesaran-Shin (IPS) panel birim kök testi sonuçlarına da yer verilmiştir. IPS testi için kullanılacak uygun gecikme sayısına ise Akaike bilgi kriterine göre karar verilmiştir.

Panel birim kök testi için sınanması gereken hipotezler şu şekildedir:

$$H_0: \rho_i=0, \quad \text{tüm } i \text{ ler için} \\ (\text{seri birim kök içerir, durağan değildir}) \quad (8)$$

$$H_1: \text{En az bir } \rho_i \neq 0 \text{ (seri durağandır)} \quad (9)$$

Yukarıdaki Çizelge 6 incelendiğinde birinci kuşak birim kök testi olan IPS testi sonuçlarına ve ikinci kuşak birim kök testi olan CADF testi sonuçlarına göre ele alınan değişkenlerin hepsi düzey seviyesinde durağan değillerdir ( $p$ -değerleri  $> 0,05$ ). Diğer bir deyişle tüm değişkenler düzey seviyesinde birim köke sahiptirler. Ancak serilerin birinci farkları incelendiğinde tüm değişkenlerin hem IPS hem CADF testi sonuçlarına göre %1 anlam düzeyinde birim köke sahip olmadıkları görülmektedir ( $p$ -değerleri  $< 0,01$ ). Yani seriler 1. dereceden durağan hale gelmektedirler.

Panel birim kök testlerinde olduğu gibi eşbütünlük testlerinde de yatay kesit bağımlılığını göz ardı eden 1. kuşak eşbütünlük testleri olduğu gibi yatay kesit bağımlılığını dikkate alan 2. kuşak eşbütünlük testleri bulunmaktadır. Bunların yanı sıra parametrelerin (sabit ve eğim) birimlere göre değişip değişmemesi yani homojen ya da heterojen olması durumuna göre eşbütünlük testlerinde ayırım yapılabilmektedir. Bu nedenle analizlere geçmeden önce parametrelerin homojenliği araştırılmıştır.

Tesadüfi katsayılar modelini (heterojen tahminci) test etmek için verinin panel yapısını göz ardı eden birimlere özgü OLS tahmincileri ile grup içi tahmincisinin (homojen tahminci) ağırlıklı ortalama matrisleri arasındaki farka bakıldığında, aralarında istatistiki olarak anlamlı bir fark yok ise parametrelerin homojen olduğu söylenebilir.

Swamy (1971) tarafından geliştirilen testte sınanacak olan sıfır hipotezi:

$$H_0: \beta_i = \beta \text{ (tüm parametreler homojendir)} \quad (10)$$

Şeklinde ve tüm parametrelerin homojen olduğunu ifade etmektedir. Eğim ve sabit parametrelerinin homojenliğini test etmek için yapılan Swamy testi sonuçları Çizelge.7'de verilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde parametrelerin homojen olduğunu söyleyen sıfır hipotezi %1 anlam düzeyinde kabul edilememiştir ( $P < 0,01$ ). Dolayısıyla modeldeki eğim ve sabit katsayılarının birimler arasında farklılık gösterdiği saptanmıştır.

Değişkenlerin aynı seviyede durağan oldukları tespit edildikten sonra değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı eşbütünlük testleri ile araştırılmaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan serilerde yatay kesit bağımlılığının olmasından dolayı uzun dönemli ilişkinin varlığı 2. Kuşak eşbütünlük testlerinden biri olan Westerlund (2007) testi ve Gengenbach, Urbain ve Westerlund (2016) testleri ile incelenmiştir. Bu testler Error Correction temelli testler olduğu için birinci kuşak testlerden daha güçlüdür ve eğim ve sabit parametrelerinde heterojenliğe izin vermesiyle diğer testlere üstünlük sağlamaktadır. Bu testlerde sınanacak olan hipotezler:

$$H_0: \gamma_i = 0 \text{ (tüm } i \text{ ler için eşbütünlük ilişkisi yoktur)} \quad (11)$$

$$H_1: \gamma_i < 0 \text{ (en az bir } i \text{ için eşbütünlük ilişkisi vardır)} \quad (12)$$

Şeklinde kurulmaktadır. Westerlund (2007) testi sonuçları Çizelge.8'de verilmiştir.

Yukarıdaki Çizelge.8 sonuçları incelendiğinde değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olmadığını söyleyen sıfır hipotezinin %1 anlam düzeyinde reddedildiği görülmektedir. Yani anlamlı olan bu istatistiklere göre değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını gösteren en az bir eşbütünlük vektörü bulunmaktadır.

Çizelge.9. Panel FMOLS Tahmin Sonuçları

Table.9. Panel FMOLS Estimation Results

Ülkeler		InGDP	InGDP2	POP	Eğrinin şekli
Kanada	$\beta$ Katsayısı	2,24	-0,11	0,01	Ters U şeklinde
	t istatistiği	0,68	-0,7	0,72	
Fransa	$\beta$ Katsayısı	2,66	-0,16	0,4	Ters U şeklinde
	t istatistiği	0,5	-0,64	13,41	
Almanya	$\beta$ Katsayısı	21,86	-1,06	0,1	Ters U şeklinde
	t istatistiği	5,61	-5,71	0,16	
İtalya	$\beta$ Katsayısı	-80,5	3,92	-0,27	U şeklinde
	t istatistiği	-1,91	1,92	-2,06	
Japonya	$\beta$ Katsayısı	3,76	-0,17	-0,19	Ters U şeklinde
	t istatistiği	0,54	-0,51	-2,01	
İngiltere	$\beta$ Katsayısı	51,63	-2,55	0,54	Ters U şeklinde
	t istatistiği	9,61	-9,78	6,10	
ABD	$\beta$ Katsayısı	26,13	-1,24	0,15	Ters U şeklinde
	t istatistiği	1,70	-1,71	1,27	
Panel	$\beta$ Katsayısı	3,97	-0,19	0,09	Ters U şeklinde
	t istatistiği	6,32	-6,47	6,65	

Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edilmişse bu uzun dönemli ilişkinin tahmini için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Panel DOLS tahmincilerinin ve panel FMOLS tahmincilerinin uygulamalı çalışmalarda yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Kao ve Chiang (2001) tarafından geliştirilen panel DOLS yöntemi parametrelerin homojen olduğu durumda kullanılırken, Pedroni (1996, 2000) tarafından geliştirilen panel FMOLS tahmincisi ise parametrelerin heterojen olduğu durumlarda kullanılmaktadır (Nazlıoğlu, 2010: 97-98).

Çalışmada parametrelerin heterojen olduğu sonucu swamy testi ile elde edilmiştir. Ayrıca ele alınan serilerde otokorelasyon, değişen varyans ve yatay kesit bağımlılığı gibi sorunların varlığında FMOLS diğer tahmin yöntemlerinden daha güçlüdür. Bunun yanı sıra küçük örneklerde daha etkilidir. Bu nedenle değişkenler arasındaki uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi panel FMOLS ile tahminlenmiş ve sonuçları Çizelge.9'da verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre Çevresel Kuznets Eğrisi modeli şu şekilde kurulur:

$$\ln CO_2 = 3.97 \ln GDP - 0.19 \ln GDP^2 + 0.09 POP + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin test edilmesi amacıyla kurulan doğrusal model tahmin sonuçları yukarıda özetlenmiştir.  $\ln GDP$ 'nin işaretinin pozitif çıkarken  $\ln GDP^2$ 'nin işaretinin negatif çıkması modelde ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu söyleyebilmektedir. Çizelge.9'daki sonuçlar incelendiğinde sadece İtalya'nın ÇKE hipotezini desteklenmediği sonucu elde edilmiştir. Fakat panel modeline bakıldığında ise ÇKE hipotezinin geçerli olduğu görülmektedir.

Kurulan genel modelin sonuçlarına göre Çevresel Kuznets Eğrisinin dönüm noktası 34453,59\$ olarak bulunmuştur. Bu değer 2010 yılı sabit değerlerine göre elde edilmiş değerdir. Yani kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla arttıkça çevreye salınan karbondioksit miktarı artarken alım gücü 34453,59\$'ı aştığında CO2 emisyonunda azalma meydana gelmeye başlamaktadır. Bunun yanı sıra kişi başı CO2 emisyonunu etkilediği düşünülen modele dahil edilen nüfus artış hızı değişkeni ile CO2 arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu saptanmıştır. Yani nüfus miktarında meydana gelecek artış Çevresel kirlilikte de artışa yol açacaktır. Nüfus artış hızında meydana gelecek bir birimlik artış diğer değişkenlerin sabit kalması varsayımıyla CO2 emisyon miktarında 0.09 birimlik artışa yol açmaktadır. Oluşturulan model kapsamında hem GDP değişkeninin hem de POP değişkeninin CO2 emisyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucu saptanmıştır ( $t$  değerleri > 2).

## Sonuç ve Değerlendirme

Çevresel Kuznets Eğrisi, ülkelerin ekonomik gelişmesinin ilk aşamasında çevreyi olumsuz etkilerken, ülkelerin gelirleri arttıkça belirli bir dönüm noktasından sonra gelir artarken Çevresel kirliliğin azaldığını

söylemektedir. Özellikle iklim değişikliğinin çok önemli olduğu günümüzde, ülkeler bunun önüne geçebilmek için toplantılar düzenlemiş, protokoller hazırlamış ve önlemler almak adına bir yol haritası çizmeye çalışmışlardır.

Bu çalışmada en gelişmiş yedi ülke için (ABD, Kanada, Japonya, İtalya, İngiltere, Fransa, Almanya) Çevresel Kuznets Eğrisinin geçerliliği, panel veri modelleri ile araştırılmıştır. Doğrusal panel veri analizinde kullanılacak birim kök testine karar verilebilmesi için öncelikle yatay kesit bağımlılık sorununun varlığı araştırılmış ve elde edilen bulgular değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının varlığını göstermiştir. Yatay kesit bağımlılığı olması durumunda kullanılan ikinci nesil birim kök testleri ile serilerin durağanlığı araştırıldıktan sonra hepsinin düzeyde birim kök içerdiği fakat birinci seviyeden durağan oldukları saptanmıştır. Bu durumda değişkenler arasında uzun dönemli ilişkiyi incelemek için eşbütünleşme analizlerinden faydalanılmıştır. Yatay kesit bağımlılığı varlığında daha etkili sonuçlar veren FMOLS eşbütünleşme tahmin yöntemi sonuçlarına göre G7 ülkelerinde ÇKE'nin geçerli olduğu ve dönüm noktasının 34453,59\$ olduğu saptanmıştır.

Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi üzerine yapılan ve hipotezin geçerli olduğu bulunan bazı çalışmalar: Panayotou (1997) çalışmasında, 1982-1994 yılları arasında 30 ülkeyi kapsayan bir panel verileri ile kükürt dioksit ve kişi başı gelir için ÇKE sınavını gerçekleştirmiş ve ters U ilişkisini tespit etmiştir. Eğrinin dönüm noktasının 5965 \$ olduğunu bulmuştur. Kaufmann ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada, 23 ülke için 1974-1989 yılları arasındaki panel veri verisi ile kükürt dioksit için kullandığı üç modelle ÇKE hipotezinin varlığını tespit etmiş ve dönüm noktalarını sırasıyla 11577, 12500 ve 12175\$ olarak bulmuştur. Yaduma ve ark. (2013) Çevresel kuznets Eğrisinin dönüm noktasını OECD üyesi ülkeler için 24573\$, OECD üyesi olmayan ülkeler için 35939\$ olarak tahmin etmiştir. Arouri ve ark., tarafından 2012 yılında Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkelerinin ele alındığı bir diğer çalışmada eğrinin dönüm noktası 37263\$ olarak tahmin edilmiştir. Dijkgraaf ve Volleberg (2015) çalışmasında bağımlı değişken olarak CO2 emisyonunu alarak, panel veri yöntemleri ile zaman serisi yöntemleri sonuçlarına göre ülkeler için milli gelirin dönüm noktalarını karşılaştırmışlardır. Örnek olarak Avustralya için panel veri yönteminde ile dönüm noktası 84000\$ olarak tahmin edilirken zaman serisi yönteminde 108000\$ olarak tahmin edilmiştir. Diğer taraftan Belçika için panel veri yönteminde 45000\$ olarak tahmin edilirken zaman serisi yönteminde ÇKE hipotezinin geçerliliği saptanamamıştır. Bu çalışmaların yanı sıra ÇKE'nin geçerli olmadığını saptayan çalışmalar da bulunmaktadır. Bunlardan bazıları: Roca, 2003; Wang ve ark., 2011; Du ve ark., 2012; Chandran ve Tang, 2013; Saboori ve Sulaima, 2013; Özcan, 2013; Govindaraju ve Tang, 2013 çalışmalarıdır. Daha fazla örnek çalışma için bölüm 1.6. ya bakılabilir.

Sonuç olarak doğrusal modellerle yapılan çalışmalar mevcut literatürde farklılaşırken bu çalışmada da ÇKE hipotezi reddedilmemiştir. Eğrinin dönüm noktası kişi başına düşen GSHY değeri 34453,59\$ olarak bulunmuştur.



Bulunan bu dönüm noktasının, literatürdeki örnekleri yukarıda verilen çalışmalar ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi temelde iki değişken üzerine inşa edilmiştir. Bu değişkenlerden ilki Çevresel bozulma iken diğeri ekonomik büyümedir. Çevresel bozulma göstergesi olarak CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, diğer kirletici gazlar veya su kirliliği, toprak kirliliği gibi değişkenler alınabilir. Bunun yanı sıra ekonomik büyüme değişkeni olarak kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla, gayri safi milli hasıla, insani gelişmişlik indeksi gibi değişkenler alınabilir. Diğer taraftan çevre bozulmayı etkileyebileceği ihtimali ile modele bir veya daha fazla bağımsız değişken de eklenebilir. Bunlar nüfus, enerji kullanımı, tüketilen yakıt miktarı, kullanılan araç sayısı vb. değişkenler olabilir. Bu çalışmada Çevresel bozulma göstergesi olarak iklim değişikliğinin en önemli nedenlerinden biri olan CO<sub>2</sub> emisyon miktarı kişi başı metrik ton olarak kullanılmıştır. Ekonomik büyüme olarak da kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla alınmıştır. İlk etapta CO<sub>2</sub> emisyonu üzerinde etkili olabileceği düşüncesi ile modele enerji kullanımı ile nüfus artış hızı değişken olarak dahil edilmiştir. Ancak enerji kullanımı verileri ele alınan yıllar bazında anlamlı sonuçlar vermediği için çalışmanın başında çıkartılmış ve burada o sonuçlara yer verilmemiştir. Sonuçta sadece nüfus artış hızı değişkeni kukla değişken olarak modelde kalmıştır. Bunun yanı sıra başka bağımsız değişkenler de modele dahil edilebilir. Ancak ÇKE hipotezinin temelini çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırma olduğu diğer değişkenlerin kukla değişken olarak modelde yer alacağı düşüncesi ile daha fazla değişkene çalışmada yer verilmemiştir.

## Extended Summary

### Introduction

The problems caused by economic growth and population increase in environmental quality are increasing day by day, and the issue of deterioration of environmental quality attracts more attention from the public. Especially since the beginning of the 1970s, environmental quality has made its importance felt and has become one of the issues that constitute the agenda. Various activities have been organized on a global scale to control climate change, which is a symptom of environmental degradation, and greenhouse gas emissions, which is one of the most important causes of it. The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) is the first global activity created for this purpose. According to the convention, countries are divided into groups in terms of their responsibilities and they have committed to reducing their greenhouse gas emissions in line with the decisions taken. Within the framework of this contract, the participants held conferences at regular intervals and evaluated the status reports of each country. Later, the Kyoto Protocol and the Paris Agreement were signed on a global scale.

The Kuznets Curve approach, which states that income inequality gradually increases with economic growth, but

that income inequality will decrease as economic growth increases after a certain point, was first adapted to the relationship between income per capita and environmental pollution by Grossman and Kruger in 1991. This view, which explains that economic growth and environmental pollution will initially increase and that after a certain point, environmental pollution will decrease while growth continues to increase, this view is called the Environmental Kuznets Curve (ÇKE) hypothesis (Dinda, 2004:433).

The Inverted-U shape of the Environmental Kuznets Curve hypothesis is theoretically explained by the effects of scale, composition, and technology. The scale effect explains the increasing part of the Environmental Kuznets Curve, the composition effect reaches its peak, and the technology effect explains the decreasing part (Dinda, 2004:435).

The problems such as global warming, climate change, and environmental degradation since the 1990s have led researchers to work in this field. With the introduction of the Environmental Kuznets Curve and the fact that this subject is both economic and mathematics-based, allowing empirical work, the number of studies in this field has started to increase gradually. For this reason, examining the relationship between carbon dioxide emissions, economic growth, and population growth rate, which are likely to affect environmental quality, with the help of econometric analysis is the subject of the study.

### Method of the Research

In the study, a five-step process was followed to test the validity of the environmental Kuznets curve in the 7 countries. In the first step, cross-section dependence was investigated using the cross-section dependence tests developed by Breusch Pagan (1980) and Pesaran (2004). In the second stage, the homogeneity of the variables was examined with the Swamy (1971) test. In the third step, the stationary states of the series were analyzed using the Im-Pesaran-Shin (IPS) and Pesaran CADF (2007) tests. In the fourth stage, the existence of a long-term relationship between the series was investigated with the Westerlund (2007) test. Finally, the presence of EKC was determined by estimating this long-term relationship with the FMOLS test.

### Findings of the Research

In this study, the validity of the Environmental Kuznets Curve for the seven most developed countries (USA, Canada, Japan, Italy, England, France, and Germany) was investigated with panel data models. In order to decide on the unit root test to be used in linear panel data analysis, first of all, the existence of the cross-section dependency problem was investigated and the findings showed the existence of the cross-section dependence in the variables. After investigating the stationarity of the series with the second-generation unit root tests used in the case of cross-sectional dependence, it was determined that all of them contain unit root at the level but are stationary at the first level. In this case, cointegration

analyses were used to examine the long-term relationship between the variables. According to the results of the FMOLS cointegration estimation method, which gives more effective results in the presence of cross-sectional dependence, it was determined that the EKC was valid in G7 countries and the turning point was \$34453.59.

### Conclusion

As a result, while studies with linear models differ in the existing literature, the EKC hypothesis was not rejected in this study either. The turning point of the curve was found to be \$34453.59 per capita GDP. It is seen that this turning point is similar to the studies in the literature.

The Environmental Kuznets Curve hypothesis is basically built on two variables. The first of these variables are environmental degradation, while the other is economic growth. Variables such as CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, other polluting gases or water pollution, and soil pollution can be taken as indicators of environmental degradation. In addition, variables such as gross domestic product per capita, gross national product, and human development index can be taken as economic growth variables. On the other hand, one or more independent variables can be added to the model with the possibility of affecting environmental degradation. These are population, energy use, amount of fuel consumed, number of vehicles used, etc. There may be variables. In this study, the amount of CO<sub>2</sub> emission, which is one of the most important causes of climate change, is used as an indicator of environmental degradation, as metric tons per capita. Gross domestic product per capita is taken as economic growth. In the first place, energy use and population growth rate were included in the model as variables, with the thought that it might have an effect on CO<sub>2</sub> emissions. However, since the energy use data did not give meaningful results based on the years covered, they were removed at the beginning of the study, and these results were not included here. As a result, only the population growth rate variable remained in the model as a dummy variable. In addition, other independent variables can be included in the model. However, since the basis of the EKC hypothesis is to investigate the relationship between environmental pollution and economic growth, more variables were not included in the study, with the thought that other variables would be included in the model as dummy variables.

### Bilgi

Bu çalışma, Doç. Dr. Hüseyin Gürbüz danışmanlığında Arş. Gör. Dr. Halime ARSLAN GÜRDAL tarafından yazılan 707938 numaralı doktora tezinden üretilmiştir.

### Acknowledgement

This study is derived from the PhD thesis with the number of 707938 by Res. Assist. Dr. Halime ARSLAN GÜRDAL under the supervision of Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Gürbüz.

### Kaynaklar

1. Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S., Tunç, G.İ. (2009). The Relationship Between Income and Environment in Türkiye: Is There an Environmental Kuznets Curve? *Energy Policy*, 37(3): 861-867.
2. Antweiler, W., Copeland, B.R., Taylor M.S. (2001). Is Free Trade Good for the Environment? *American Economic Review*, 91(4): 877-908.
3. Başar, S., Temurlenk, M.S. (2007). Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1):1-12
4. 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.
5. Cole, M.A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological Economics*, 48(1):71-81.
6. Dijkgraaf, E., Vollebergh, H.R.J. (2001). A Note on Testing for Environmental Kuznets Curves, OCFEB Research Memorandum 0103. Environmental Policy, Economic Reform and Endogenous Technology Working Paper Series.
7. Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49(4): 431-455.
8. Dollar, D., Kraay, A. (2004). Trade, Growth, and Poverty. *Econ papers*, 114(493):22-49.
9. Fodha, M., Zaghoud, O. (2010). Economic Growth and Pollutant Emissions in Tunisia: An Empirical Analysis of The Environmental Kuznets Curve. *Energy Policy*, 38(2):1150-1156.
10. Gengenbach, C., Urbain, J.P., Westerlund, J. (2016). Error correction testing in panels with common stochastic trends. *Journal of Applied Econometrics*, 31(6): 982-1004.
11. Grossman, G. (1993). Pollution and growth: what do we know? Centre for Economic Policy Research CEPR DP-848. London.
12. Grossman, G., Kreuger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. NBER Working Paper, No. 3914, Erişim Tarihi: 24.05.2013.
13. Grossman, G., Kreuger, A. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly of Journal Economics*, 110(2):353-377.
14. Gürlük, S. (2009). Economic growth, industrial pollution and the human development in the Mediterranean Region. *Ecological Economics*, 68: 2327-2335.
15. <http://www.nber.org/papers/w3914.pdf>.
16. Jena, P.R., Grote, U. (2008) "Growth-trade-environment nexus in India", *Economics Bulletin*, Access Econ, 17(11):1-11.
17. Kaufmann, K.R., Davidsdottir, B., Garnham, S., Pauly, P. (1998). The determinants of atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations: Reconsidering the environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25: 209-220.
18. Karakaya, E., Özçağ, M. (2003). Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi ile Co<sub>2</sub> Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi. VII. ODTÜ Ekonomi Kongresi: Ankara.
19. Karakaya, E. (2016). Paris iklim anlaşması: içeriği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1):1-12.
20. Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *The American Economic Review*, 45(1):2-28.

21. Luzzati, T., Orsini, M. (2010b). The Robustness of the Environmental Kuznets. *Advances in Energy Studies* 2010. Barcelona.
22. Luzzati, T., Orsini, M. (2010a.). A robustness exercise on the EKC for CO2 emissions. *Advances in Energy Studies* 2010. Erişim: 26, 2, 2011, [http://www.societalmetabolism.org/aes2010/Proceeds/digitalproceedings\\_files/presentations/LuzzatiOrsiniAES2010.pdf](http://www.societalmetabolism.org/aes2010/Proceeds/digitalproceedings_files/presentations/LuzzatiOrsiniAES2010.pdf).
23. 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.
24. Panayotou, T. (1993). Empirical test and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. Working Paper, P238. Technology and Employment Programme, International Labour Office. Geneva.
25. Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: Turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics*, 2: 465-484.
26. Pesaran, M.H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels, <http://ftp.iza.org/dp1240.pdf> (21.10.2017)
27. Pesaran, M.H. (2006). Estimation and Inference in Large Heterogeneous Panels with A Multifactor Error Structure. *Econometrica*, 74(4):967-1012.
28. Pesaran, M.H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in The Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2): 265-312.
29. 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.
30. Shafik, N., Bandyopadhyay, S. (1992). Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence. Background Paper for the World Development Report. Washington, DC: World Bank.
31. Solakoğlu, E. (2007). The effect of the property rights on the relationship between economic growth and pollution for the transition economies. *Eastern European Economics*, 45(1): 77-94.
32. Stern, David I. (2004). Environmental Kuznets Curve. *Encyclopedia of Energy*, 2: 517-525.
33. Stern, David I. ve Common, M.S. (2001). Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur? *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 41: 162-178.
34. Swamy, P.A.V.B. (2012). Statistical inference in random coefficient regression models (Vol. 55). Springer Science & Business Media.
35. Şahbaz, A., Tanyeri, M. (2018). Küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde inovasyona yönelik tutumlar ve inovasyon engelleri: Çanakkale ilinde KOBİ'ler üzerine bir araştırma. *ÇOMÜ Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2):233-263. <https://dergipark.org.tr/download/articlefile/564694>
36. Torras, M., Boyce, J.K. (1998). Income inequality and pollution: a reassessment of the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25: 47-60.
37. Tutulmaz, O. (2011). Ekonomi- Çevre İlişkisi ve Sürdürülebilir Kalkınma: Ampirik Bir Değerlendirme. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Ankara.
38. Westerlund, J., Edgerton, D.L. (2007). A panel bootstrap cointegration test. *Economics letters*, 97(3):185-190.
39. Yandle, B., Vijayaraghavan, M., Bhattarai, M. (2002). Environmental Kuznets Curves: A Review of Findings, Methods, and Policy Implications. PERC Research Study, 2(1):1-24.
40. Zaim, O., Taskin, F. (2000). A Kuznets Curve in Environmental Efficiency: An Application on OECD Countries. *Environmental and Resource Economics*, 17: 21– 36.
41. Zanin, L., Marra, G. (2012). Assessing The Functional Relationship Between CO2 Emissions and Economic Development Using an Additive Mixed Model Approach. *Economic Modelling*, 29: 1328-1337.