

# EKONOMİK BÜYÜME VE ENERJİ TÜKETİMİNİN ÇEVRE KİRLİLİĞİNE ETKİSİ: PANEL VERİ ANALİZİ

## THE EFFECT OF ECONOMIC GROWTH AND ENERGY CONSUMPTION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION: PANEL DATA ANALYSIS

Doç. Dr. Gökçen ÖZKAN<sup>1</sup>

Arş. Gör. Muhyettin ERDEMLİ<sup>2</sup>

### ÖZ

*Bu çalışma ülkelerin ekonomik olarak gerçekleştirmek istediği daha fazla büyüme veya gelişmenin çevre faktörüne etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada gerek stratejik gerek tarihi gerekse de doğal kaynaklar anlamında dünyanın önde gelen coğrafi bölgelerinden biri olan ve Türkiye ile 8 sınır komşusunun yer aldığı ülkeler çalışmanın coğrafi sınırlarını oluşturmuştur. Bölgede özellikle Suriye, İran ve Irak gibi ülkelerin yaşadığı iç savaşlar ve devamında meydana gelen olaylar veri setini 2000-2013 yılları arasında seçme zorunluluğunu doğurmuştur. Bağımlı değişken olarak kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonu, bağımsız değişkenler olarak ise kişi başı GSYH ve kişi başı enerji tüketimi alınmıştır. Çalışmada panel veri yöntemi ile bahse konu ülkelerde ve ilgili yıllarda Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) yaklaşımının geçerli olup olmadığı ve enerji tüketimi ile çevre kirliliği arasında bir ilişkinin olup olmadığı incelenmiştir. Analiz sonucu söz konusu ülkelerde ÇKE yaklaşımının geçerli olduğu ve enerji tüketimi ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında uzun dönemde pozitif bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Ekonomik Büyüme, Çevresel Kuznets Eğrisi, Panel Veri Analizi  
**JEL Sınıflandırması:** G01, O05, C08.

### ABSTARCT

*This study aims to examine the effects of further growth or development on the environmental factor that countries want to realize economically. In the study one of the leading geographical regions of the world in terms of both strategic and historical as well as natural resources, has formed the geographical borders of the countries where Turkey and the 8 border countries are located. In the region, especially in countries such as Syria, Iran and Iraq, the internal wars and events that occurred in the continuation has led to the necessity of the data set between 2000-2013. CO<sub>2</sub> emissions per capita as dependent variable, per capita GDP and per capita energy consumption as independent variables. In the study, panel data were used to examine whether the approach of the Environmental Kuznets Curve (EKC) in the mentioned countries and the related years was valid and whether there was an association between energy consumption and environmental pollution. The analysis concluded that the EKC approach is valid in the countries concerned and that there is a long-term positive correlation between energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions.*

**Keywords:** Economic Growth, Environmental Kuznets Curve, Panel Data Analysis  
**JEL Classification:** G01, O05, C08.

<sup>1</sup> Gaziantep Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, ozkang@gantep.edu.tr

<sup>2</sup> Gaziantep Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, erdemlimuhyettin@gmail.com

## 1.GİRİŞ

Özellikle sanayi devriminden sonra tüm dünyada kaydedilen ilerlemeler ve bu ilerlemelere bağlı olarak ülkeler arasında ortaya çıkan rekabet olgusu ülkelerin daha fazla gelişme kaydetme adına gerek sanayi gerekse teknoloji anlamında ciddi yatırımlar yapması sonucunu doğurmuştur. Bu yatırımlar sonucu daha fazla makineleşme ve daha fazla hammadde tüketimi gerçekleşmiştir. Böylece belki de dünya tarihinde daha önce hiç olmadığı kadar atık madde meydana gelmiş ve bu atıklar dünyada gerek toprakların gerek suların gerekse de havanın kirlenmesi için en büyük neden olmuştur. Bu anlamda ekonomik büyüme veya gelişmişlik ve enerji tüketimi ile çevre kirliliği arasında bir neden sonuç ilişkisi olup olmadığı araştırma konusu olmuş ve uluslararası birçok platformda bu konu gündeme alınmıştır.

Ekonomik büyüme ile birlikte doğal çevrenin korunması ve planlamaların bu yönde yapılması gerektiği konusu resmi olarak ilk kez Roma Kulübü'nün 1972 yılında yayınladığı "Büyümenin Sınırları" adlı raporunda dile getirilmiştir. Söz konusu raporda dünya kaynaklarının sınırlı olduğuna bazılarının ise yenilenemediğine dikkat çekilmiştir. Ayrıca ekonomik büyümenin beraberinde çevre kirliliğini getirdiği vurgulanmıştır. Bunun ardından Birleşmiş Milletler, çevre ve ekonomik büyüme ilişkisini ortaya koymak ve gerekli tedbirler almak amacı ile kapsamlı çalışmalar yapmıştır. Birleşmiş Milletlerin bu konudaki çalışmaları 1972 Stockholm, 1992 Rio ve 2002 yılındaki Johannesburg' da olmak üzere üç büyük dünya zirvesine dayanmaktadır. Bu zirvelerde gerek bölgesel gerekse küresel ölçekte kararlar alınmıştır (Ergün, Polat, 2015).

Ekonomik büyüme ve çevreye ilişkin geniş bir literatür vardır. Bu konudaki çalışmalar incelendiğinde etkin çevre politikalarının kurumların çalışma sistemi ile uyum içinde işleyebileceği görülmektedir. Bu durumda kalkınmayı yavaşlatmadan da ekonomik büyümenin sürdürülebileceği söylenebilir. Özellikle son yıllarda sağlıklı bir çevrenin ve doğal kaynakların, insanoğlunun daha refah ve daha kaliteli bir yaşam sürebilmesindeki rolü üzerine çokça durulmaktadır. Avrupa Parlamentosu hazırlamış olduğu bir raporda, ekonomik büyümenin çevreye dost üretim politikaları uygulanarak da mümkün olabileceğini ileri sürmüştür. Nitekim ekonomik büyümenin beraberinde gelen kişisel gelirdeki artış, çevreye duyarlılığı arttırarak çevreye dost olan ürün talebinin artmasını sağlamaktadır (Karaca, 2012).

Nitelikli bir çevre veya çevre kirliliğine bu denli dikkat çekilmesi nitekim ülkelerin sahip oldukları çevre şartlarını da günümüzde tartışma ve araştırma konusu haline getirmiştir. Herhangi bir sanayi bölgesinde tek bir fabrikanın gerekli önlemleri alması ile çevre kesin olarak korunamayacağı açıktır. Aynı şekilde yaşanan coğrafik bölgeler dikkate alındığında ülkelerin veya devletlerin bu konuda işbirliği içinde olmaları daha önemli ve gereklidir. Nitekim çevrenin özellikle de havanın tüm insanlığın ortak paydası olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Bu anlamda yapılacak bu çalışmanın sınır komşularımız ile birlikte özellikle de Türkiye'nin ekonomik büyümesi ile birlikte çevre kirliliğinde meydana gelen değişimleri ortaya koyması ile literatüre farklı bir katkı yapacağı düşünülmektedir.

Ekonomik refahın arttırılması tüm ekonomilerin temel amacıdır. Ancak gerek yetkililerin gerekse politikacıların ülkelerin ekonomik büyümesi için uygulayacakları politikalarda sağlıklı bir çevre olgusunu göz ardı etmemeleri gerekmektedir. Bu bağlamda yapılan bu çalışmanın birinci bölümünde konu ile ilgili kavramsal çerçeveye yer

verilecektir. İkinci bölümde ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevre kirliliği konusunda yapılan uygulamalı çalışmalara yer verilecektir. Üçüncü bölümde konu ile ilgili panel veri yöntemi ile uygulamalı bir analiz yapılacaktır. Burada öncelikle model ve veri seti tanıtılacak daha sonra uygulama sonuçları yorumlanacaktır. Sonuç bölümünde ise çalışmanın genel sonucuna yer verilerek önermelerde bulunulacaktır.

## **2. EKONOMİK BÜYÜME, ENERJİ TÜKETİMİ VE ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ İLE İLGİLİ KAVRAMSAL ÇERÇEVE**

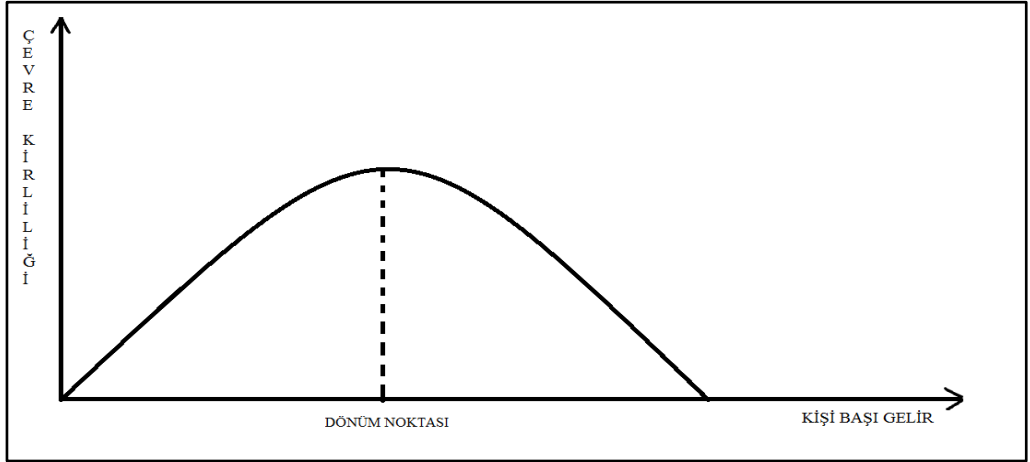
Gayri safi yurt içi hâsıla (GSYİH), bir ülkenin ekonomik büyüklüğünü gösteren önemli göstergelerden biri olarak kabul edilir. GSYİH, bir ülke sınırları içerisinde belirli bir zaman aralığında ki bu genelde bir yıl alınır, ürettiği tüm nihai mal ve hizmetlerin para birimi cinsinden değeridir. Bu değer in ülke nüfusuna bölünmesi sonucu elde edilen değer kişi başı gayri safi yurt içi hâsıla veya kısaca kişi başı gelir olarak adlandırılır. Bir ülkede yaşayan vatandaşların gelirleri, bu kişilerin refah düzeyini gösteren en önemli faktördür. Bu gelirin eşit dağıtılması ayrı bir inceleme konusu olmakla birlikte, kişi başı geliri yüksek olan ülkelerin gelişmiş ülkeler olduğu göz önünde olan bir gerçektir.

Değişen ve gelişen dünya düzeninde insan hayatının devamı için enerji olmazsa olmaz bir olgu olarak ortaya çıkmıştır. Günlük yaşantıda enerji ya direkt olarak kullanılmakta ya da farklı mekanizmalar aracılığı ile yaşamı etkilemektedir. Bu anlamda başta üretim olmak üzere sağlık, eğitim, ulaşım ve haberleşme de ciddi anlamda enerji tüketimi olmaktadır. Önemi bu denli büyük olan enerji ya da enerji kaynakları, “kıt olmak, dünya ölçeğinde ölçsüz dağılmak ve dönüşümden sonra çevreyi kirletmek” gibi üç karakteristik özelliğe sahiptirler (Aydın, 2010).

Kuznets 1955 te yaptığı bir çalışmada Kuznets Eğrisi yaklaşımı ile ekonomik büyüme ve kalkınmanın beraberinde gelir dağılımının önce bozulacağını, ekonomik büyümenin devam etmesi ile birlikte gelir dağılımındaki bozuklukların azalacağını ileri sürmüştür. Kuznets 'in bu çalışmasından yola çıkarak Grossman ve Kruger (1991) ekonomik büyüme ve çevresel kirlenme arasında bu yönlü bir ilişkinin olduğu ortaya koymuştur. Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) yaklaşımı olarak ifade edilen bu durum, ekonomik büyümenin ilk aşamalarında daha çok sanayi ve doğal kaynak temelli bir ilerleme olduğunu savunur. Bu nedenle ilk aşamalarda çevresel kirliliğin artacağı savunulur. İlerleyen aşamalarda büyümenin kaynağı teknoloji ve türevleri olacaktır. Bu durumda kişi başı gelirden artarak insanların refah düzeyi de artacaktır. Böylece gelirin yanında daha temiz ve sağlıklı bir çevre de talep konusu olacağından çevre kirliliğini önleyici politikalar da uygulanmaya konulacaktır (Ergün, Polat, 2015).

Şekil 1'de ÇKE yaklaşımı kısaca kişi başı gelir arttıkça çevre kirliliğinin artacağını belli bir dönüm noktasından sonra çevre kirliliğinde azalmanın olacağı görüşünü savunmaktadır.

**Şekil 1.** Çevresel Kuznets Eğrisi



**Kaynak:** Yandle vd. (2002:3).

### **3. CO<sub>2</sub> EMİSYONU İLE EKONOMİK BÜYÜME VE ENERJİ TÜKETİMİ İLİŞKİSİNİ İNCELEYEN UYGULAMALI ÇALIŞMALAR**

ÇKE yaklaşımının geçerli olup olmadığı hakkında yapılan çalışmaların sayısında özellikle son 15 yıl içerisinde ciddi bir artış olmuştur. Bu konuda yapılan çalışmaların çoğunluğu uygulamalı olup genelinde ekonometrik modellemelere rastlanmaktadır. Bununla birlikte modellerde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenlerde farklılıklar olabilmektedir. Çalışmalarda bağımlı değişken olarak çevre kirliliğinin, bağımsız değişken olarak ise ekonomik büyüme ile birlikte toplam enerji tüketimi veya ayrı ayrı enerji türlerinin tüketiminin yer aldığı söylenebilir. Gösterge olarak çevre kirliliği için çoğunlukla hava ve su kirliliği göstergeleri kullanılmaktadır. Bunların içerisinde hava kirliliği için CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gibi zararlı gazların emisyonunun değişken olarak kullanıldığı görülmektedir. Su kirliliği için ise sahip olunan tatlı su kaynaklarındaki zararlı maddelerden arsenik, nikel, cıva vb. zararlı maddelerin oranları yine modellere dâhil edilen değişkenler arasındadır. Ekonomik büyüme verisi olarak GSYH'nin yanında daha çok kişi başına düşen GSYH verisi kullanılmaktadır. Ayrıca genel olarak toplam enerji tüketiminin yanında elektrik, petrol vb. enerji türlerinin de veri olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, veri sayısındaki artışın bir avantaj olduğu panel veri analizi ve zaman serisi yöntemlerinin çoğunlukta olduğu görülmektedir (Ergün, Polat, 2015).

Grossman ve Krueger (1991), tarafından yapılan çalışma literatürde ÇKE alanında yapılmış ilk çalışma olarak kabul görmektedir. Daha sonraki yıllarda literatüre katkı sağlayan çalışmaların bazıları; Shafik ve Badyopadhyay (1992), Selden ve Song (1994), Agras (1995), Holtz-Eakin ve Selden (1995), Chapman ve Suri (1998) şeklinde sıralanmaktadır. Bu çalışmalarda kirlilik göstergeleri için daha çok CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> değişkenleri kullanılmış ve bu değişkenler ile kişi başına gelir arasındaki ilişki test edilmiştir. Yapılan bu çalışmalarda ek değişkenler olarak enerji tüketimi, elektrik tüketimi, dış ticaret gibi değişkenler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar çevre kirliliğinin en çok kişi başı gelirden etkilendiğini göstermiştir (Ergün, Polat, 2015).

Hettige, Mani ve Wheeler (2000), Andreonive Levinson (2001) ve Cole (2003) vb. çalışmalar 21. yüzyılın başından itibaren konunun daha yoğun bir şekilde ele alındığını göstermektedir. Dinda (2004), Ang(2007), Halıcıoğlu (2009) ile Jalil ve Mahmud (2009) tarafından yapılan ve ÇKE yaklaşımının ele alındığı son dönem çalışmaların genellikle ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevresel kirlilik üzerine yoğunlaştığı görülmektedir.

2011 yılında, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi konu alan Tivari (2011), Wang vd. (2011) ile Niu vd. (2011) tarafından yapılan çalışmalarda uzun dönemde ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arttıkça CO<sub>2</sub> emiliminin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Aynı yılda ÇKE yaklaşımının test edilmesi amacı ile Arı ve Zeren (2011) tarafından 2000-2005 yılları arası için Akdeniz Bölgesi Ülkelerini kapsayan panel veri analizi sonucunda ekonomik büyüme ile CO<sub>2</sub> emilimi arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır. Saatçi ve Dumrul (2011), 1950-2007 dönemi için Türkiye’de çevre kirliliği ve ekonomik büyüme ilişkisi yapısal kırılmalı eşbütünleşme yöntemi ile analiz edilmiş ve uzun dönemde ekonomik büyüme ile çevre kirliliği arasında ters-U şeklinde bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Güriş ve Tuna (2011), seçilmiş 88 ülke ve 1971-2008 dönemi ÇKE yaklaşımının geçerliliğini test etmiş ve sonuç olarak anlamlı bir ilişki tespit edememişlerdir.

Karaca (2012), 37 ülke ve 1980-2007 yıllarını kapsayan çalışmasında ekonomik kalkınma ve çevre kirliliği ilişkisini geliştirmekte olan ülkeler için test etmiştir. Çalışmada panel (EGSL) yöntemi ile tahminlemeye gidilmiş ve yapılan analiz sonucu kişi başı gelir ile çevre kirliliği arasında N şeklinde bir ilişki saptanmıştır. Hangar-Hamit (2012), sera gazı emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini Kanada sanayi sektörleri için 1990-2007 yıllarını kapsayan panel eşbütünleşme analizi ile test etmiştir. Enerji tüketimi ve sera gazı emisyonu arasında uzun dönemli pozitif yönlü bir ilişkinin yanında ekonomik büyüme ile sera gazı emisyonu arasında ÇKE yaklaşımını destekler bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

Dam vd., (2013), Türkiye’de enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve sera gazı emisyonları arasındaki ilişki 1960-2010 dönemi verileri ile analiz edilmiştir. Çalışmada Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi kullanılmış ve kişi başı enerji tüketimi ile kişi başı karbon emisyonu arasında uzun dönemli pozitif bir ilişkinin yanında kişi başı reel gelir ile kişi başı karbon emisyonu arasında N şeklinde bir ilişki saptanmıştır. Omri (2013), 14 Orta Doğu ve Kuzey Afrika(MENA) ülkesi için 1990-2011 dönemini kapsayan çalışmasında CO<sub>2</sub> emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini nedensellik analizi ile test etmiştir. Sonuç olarak enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ve CO<sub>2</sub> emisyonu ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedenselliğin yanında enerji tüketiminden CO<sub>2</sub> emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir.

Sebri ve Ben-Selha (2014), yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ticari açıklık ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkiyi 1971-2010 yılları arası dönemde BRICS ülkeleri için incelemişlerdir. Çalışmada Panel ARDL ve Vektör Hata Düzeltme(VECM) yöntemleri ile uzun dönemli ilişki test edilmiştir. Panel ARDL sonucunda tüm değişkenler ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında uzun dönemli ilişkinin yanında VECM analizi sonucu yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişkinin varlığı kanıtlanmıştır. Gündüz (2014), çalışmasında 18 OECD ülkesinin 1960-2008 yıllarını kapsayan verileri için ÇKE yaklaşımının geçerliliğini sınamıştır. Panel veri analizinin

sonucunda çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişki saptanmış ve bu ilişki VECM modeli yardımı ile tahmin edilmiştir.

Ergün ve Polat (2015), yaptıkları çalışmada örneklem olarak 30 OECD ülkesini ve bu ülkelere ait 1980-2010 dönemi verilerini almışlardır. OECD ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonu, elektrik tüketimi ve büyüme ilişkisinin analiz edildiği bu çalışmada Gayri Safi Yurtiçi Hasıla(GSYH) ve elektrik tüketimi ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında uzun dönemli ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca bu ülkeler için GSYH ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında tek yönlü nedensellik ilişkisinin yanında GSYH ile elektrik tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin varlığı ortaya konulmuştur. Jebli, Youssef (2015), 1980-2009 yılları için Tunus'a ait veriler yardımı ile ÇKE yaklaşımını, ekonomik büyüme, yenilenebilir ve yenilenemez enerji ile ticaret arasındaki ilişkiyi zaman serisi analizi ile test etmişlerdir. Kısa dönemde ticaret ve GSYH ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Uzun dönemde ise ticaret ve yenilenemez enerjinin CO<sub>2</sub> emisyonunu pozitif yönde yenilenebilir enerjinin ise negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Tunus için ÇKE yaklaşımının geçerli olmadığını ve bunun nedeninin Tunus'un henüz yeterli büyümeyi sağlayamaması olduğunu belirtmiştir.

Herranz, Lorente (2016), 17 OECD ülkesi için 1990-2012 dönemine ait veriler ile ekonomik büyüme ve enerji düzenlemesi ile ÇKE arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Modele ayrıca açıklayıcı değişkenler olarak yenilenebilir enerji, enerji yenilik süreçleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimine katkısı değişkenleri de eklenmiştir. Çalışmanın sonucunda kişi başı gelir ile çevre kirliliği arasında N şeklinde bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca enerji düzenlemesinin çevre kirliliği üzerinde negatif bir etkisi olduğu sonucundan yola çıkarak ülkelerin özellikle yenilenebilir enerji alanında daha fazla ilerleme kaydetmeleri gerektiği vurgulanmıştır.

Özokçu, Özdemir (2017), 26 OECD ülkesi için 1980-2010 yılları arası döneme ait kişi başı gelir, kişi başı enerji tüketimi ve kişi başı CO<sub>2</sub> emisyonu değişkenlerine ait veriler yardımı ile ÇKE yaklaşımını test etmişlerdir. Çalışmada panel veri analizi yöntemleri kullanılmış ve sonuç olarak N şeklinde uzun dönemli bir ilişki tespit edilmiştir.

ÇKE yaklaşımı 1990'lı yılların başında gündeme gelmesine rağmen, ekonomik büyümenin yanında daha iyi bir yaşamında arandığı 21. yy. 'ın başından itibaren oldukça ilgi görmüş ve üzerinde çalışılmış bir konu olmuştur. Bu konuda yapılmış belli başlı çalışmalar yukarıda ele alınmıştır. İfade edilen çalışmalar özet olarak Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketiminin Çevre Kirliliğine Etkisini Araştıran Uygulamalı Çalışmalar

Çalışmanın Yapıldığı Yıl	Yazar /lar	Çalışmanın Kapsamı	Çalışmanın Kapsadığı Dönem	Çalışmada Kullanılan Değişkenler	Yöntem	İlişki
2011	Tivari	Hindistan	1970-2007	Kişi Başı $CO_2$ Emisyonu, Kişi Başı Gelir(GSYH), Kişi Başı Birincil Enerji Tüketimi (En. T)	VAR Analizi	$CO_2 \rightarrow$ En. T $CO_2 \rightarrow$ GSYH GSYH $\rightarrow$ En.T
2011	Wang vd.	Çin' deki 21 İl	1995-2007	Kişi Başı $CO_2$ Emisyonu, Kişi Başı Gelir(GSYH), Kişi Başı Enerji Tüketimi (En. T)	Panel Veri Analizi	GSYH $\rightarrow$ $CO_2$ GSYH $\leftrightarrow$ En.T En.T $\leftrightarrow$ $CO_2$
2011	Niu vd.	8 Asya Pasifik Ülkesi	1971-2005	$CO_2$ Emisyonu, GSYH, Enerji Tüketimi (En. T)	Panel Veri Analizi	GSYH $\uparrow \rightarrow$ $CO_2 \uparrow$ En.T $\uparrow \rightarrow$ $CO_2 \uparrow$
2011	Arı, Zeren	17 Akdeniz Ülkesi	2000-2005	Kişi Başı $CO_2$ Emisyonu, Kişi Başı Milli Gelir(GSMH), Kişi Başı Enerji Tüketimi (En. T) Nüfus Yoğunluğu (N.Y)	Panel Veri Analizi	En.T $\uparrow \rightarrow$ $CO_2 \uparrow$ N.Y $\uparrow \rightarrow$ $CO_2 \uparrow$ GSMH ile $CO_2$ Arasında N Şeklinde
2011	Saatçi, Dumrul	Türkiye	1950-2007	$CO_2$ Emisyonu, GSMH	Panel Eşbütünleşme Analizi	Ters-U
2011	Güriş, Tuna	88 Ülke	1971-2008	Kişi Başı $CO_2$ Emisyonu, Kişi Başı Gelir(GSYH)	Parametrik Panel Veri Modelleri	Ters-U
2012	Karaca	37 Gelişmekte Olan Ülke	1980-2007	Kişi Başı $CO_2$ Emisyonu, Kişi Başı Gelir(GSYH)	Panel (EGSL) Analizi	N Şeklinde

2012	Haggar-Hamit	Kanada'daki 21 Sanayi Sektörü	1990-2007	$CO_2$ Emisyonu, Reel Gelir (GSYH), Enerji Tüketimi (En. T)	Panel Veri Analizi	En.T $\rightarrow CO_2$ GSYH ile $CO_2$ arasında Ters-U
2013	Dam vd.	Türkiye	1960-2010	Kişi Başı $CO_2$ Emisyonu, Kişi Başı Reel Gelir (GSYH), Kişi Başı Enerji Tüketimi (En. T)	Dinamik En Küçük Kareler	En.T $\uparrow \rightarrow CO_2 \uparrow$ GSYH ile $CO_2$ Arasında N Şeklinde
2013	Omri	14 MENA Ülkesi	1990-2011	Kişi Başı $CO_2$ Emisyonu, Kişi Başı Reel Gelir (GSYH), Enerji Tüketimi (En. T)	Panel Veri Analizi	GSYH $\leftrightarrow CO_2$ GSYH $\leftrightarrow$ En.T En.T $\rightarrow CO_2$
2014	Sebri Ben-Selha	BRICS Ülkeleri	1971-2010	$CO_2$ Emisyonu, GSYH, Yenilebilir Enerji ( $Y^+E$ ), Ticari Açıklık (T.A)	Panel ARDL VECM	GSYH $\uparrow \rightarrow CO_2 \uparrow$ T.A $\uparrow \rightarrow CO_2 \uparrow$ $Y^+E \uparrow \rightarrow CO_2 \downarrow$ $Y^+E \uparrow \rightarrow GSYH \uparrow$
2014	Gündüz	18 OECD Ülkesi	1960-2008	Kişi Başı $CO_2$ Emisyonu, Kişi Başı Milli Gelir (GSMH)	Panel Veri Analizi	N Şeklinde
2015	Ergün, Polat	30 OECD Ülkesi	1980-2010	$CO_2$ Emisyonu, GSYH, Elektrik Tüketimi (El. T)	Panel Veri Analizi	GSYH $\rightarrow CO_2$ GSYH $\leftrightarrow$ El.T
2015	Jebli, Youssef	Tunus	1980-2009	$CO_2$ Emisyonu, GSYH, Ticaret Yenilebilir Enerji ( $Y^+E$ ) Yenilenemez Enerji ( $Y^-E$ )	Zaman Serisi Analizi	GSYH $\uparrow \rightarrow CO_2 \uparrow$ Ticaret $\uparrow \rightarrow CO_2 \uparrow$ $Y^+E \uparrow \rightarrow CO_2 \downarrow$ $Y^-E \uparrow \rightarrow CO_2 \uparrow$
2016	Herranz, Lorente	17 OECD Ülkesi	1990-2012	$CO_2$ Emisyonu, GSYH, Enerji Düzenlemesi	Panel Veri Analizi	N Şeklinde
2017	Özokçu, Özdemir	26 OECD Ülkesi	1980-2010	Kişi Başı $CO_2$ Emisyonu Kişi Başı Gelir, Kişi Başı Enerji Tüketimi,	Panel Veri Analizi	N Şeklinde

Not:  $\rightarrow$ ,  $\leftrightarrow$  sırası ile tek yönlü ve çift yönlü nedensellik ilişkisini belirtmektedir.

$\uparrow \rightarrow$ : Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi belirtmektedir.



#### 4. EKONOMETRİK ANALİZ

Analizin amacı, 2000-2013 arası dönemi kapsayan 14 yıllık panel veri seti ile Türkiye ve Türkiye ile kara sınırı olan 8 ülkede (Azerbaycan (Nahçıvan Özerk Cumhuriyeti), Bulgaristan, Ermenistan, Gürcistan, Irak, İran, Suriye ve Yunanistan) ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin çevre kirliliğine etkisini ortaya koymaktır. Yukarıda da ifade edildiği üzere bu ülke grubunun ele alınması ile sınır komşuları ile birlikte özellikle de Türkiye'nin ekonomik büyümesi ile birlikte çevresel kirliliğindeki değişimin ortaya konması hedeflenmektedir. Bu ülke grubu kısaca T9<sup>3</sup> ülkeleri olarak adlandırılacak ve çalışmanın devamında bu şekilde anılacaktır. Ayrıca kişi başına gelirin artması ile birlikte çevresel kirliliğin artacağını ve gelir için belli bir eşik noktasından sonra kirliliğin azalmaya başlayacağını ifade eden ÇKE yaklaşımının T9 ülkelerinde geçerli olup olmadığı gelir, enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonu değişkenleri ile test edilecektir. Bu anlamda öncelikle oluşturulan model ve kullanılacak olan veri seti tanıtılacaktır. Daha sonra çalışmada izlenecek yöntem hakkında bilgi verilerek analizin bulguları değerlendirilecektir.

##### 4.1. MODEL VE VERİ SETİ

Çalışmada yukarıda da ifade edilen T9 ülkelerine ait 2000-2013 dönemini kapsayan 14 yıllık veri seti kullanılmıştır. Bu veriler logaritmaları alındıktan sonra modele dâhil edilmişlerdir. ÇKE yaklaşımına dair kirlilik verisi CO<sub>2</sub> emisyonu verilerinden oluşmaktadır. Burada literatürün genelinde kirlilik göstergesi olarak bu değişkenin kullanılmasının yanında enerji tüketimi sonrası önemli ölçüde CO<sub>2</sub>'nin doğaya salınması bu değişkenin alınma nedenidir. Bununla birlikte ülkelerin kişi başı enerji tüketimleri ve kişi başı gelir verileri modele dâhil edilmiştir.

Böylece ÇKE yaklaşımının geçerliliğini test etmek amacı ile yapılan çalışmaların genelinde kabul görmüş bir veri seti ve yöntem ortaya konulmuştur. Bu çalışmada T9 ülkeleri için kullanılacak olan model Denklem 1'deki gibi oluşturulmuştur:

$$\ln CO_{2it} = \alpha_{it} + \beta_{1i} \ln GSYH_{it} + \beta_{2i} (\ln GSYH)^2 + \beta_{2i} \ln ET_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Denklem 1'de;  $i=1, \dots, N$  çalışmaya dahil edilen ülkeleri,  $t=1, \dots, T$  çalışmanın kapsadığı dönemi,  $\ln CO_2$ : Kişi başı karbondioksit emisyonunun logaritmasını,  $\ln GSYH$ : kişi başına düşen GSYH'nın logaritmasını,  $(\ln GSYH)^2$  ise kişi başına düşen GSYH'nın logaritmasının karesini ifade etmektedir. Ayrıca  $\ln ET$ : değişkeni kişi başına düşen enerji tüketimini ifade etmektedir.

Bu modelin muhtemel 7 sonucu şu şekilde açıklanmaktadır:

$1-\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$  olması halinde bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasında herhangi bir ilişki yoktur.

$2-\beta_1 > 0$  ve  $\beta_2 = \beta_3 = 0$  olması halinde GSYH ile CO<sub>2</sub> arasında doğrusal bir ilişki vardır. Başka bir ifade ile GSYH arttıkça CO<sub>2</sub> de artacaktır. Enerji tüketiminin CO<sub>2</sub>'ye bir etkisi söz konusu değildir

---

<sup>3</sup>Türkiye ile birlikte 8 sınır komşusu.

3- $\beta_1 < 0$  ve  $\beta_2 = \beta_3 = 0$  olması halinde GSYH ile  $CO_2$  arasında ters bir ilişki vardır. Yani GSYH arttıkça  $CO_2$  de azalacaktır. Enerji tüketiminin  $CO_2$ 'ye bir etkisi söz konusu değildir

4- $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  ve  $\beta_3 = 0$  olması halinde GSYH ile  $CO_2$  arasında Ters-U şeklinde bir ilişki vardır. Yani ÇKE yaklaşımı geçerlidir fakat enerji tüketiminin  $CO_2$ 'ye bir etkisi söz konusu değildir.

5- $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 > 0$  ve  $\beta_3 = 0$  olması halinde GSYH ile  $CO_2$  arasında U şeklinde bir ilişki vardır. Fakat enerji tüketiminin  $CO_2$ 'ye bir etkisi söz konusu değildir.

6- $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$  ve  $\beta_3 > 0$  olması halinde GSYH ile  $CO_2$  arasında Ters-U şeklinde bir ilişki vardır. Yani ÇKE yaklaşımı geçerlidir ve enerji tüketiminin  $CO_2$ 'ye pozitif yönlü bir etkisi söz konusudur. Kısaca değişkenler arasında N şeklinde bir ilişki söz konusudur.

7- $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 > 0$  ve  $\beta_3 < 0$  olması halinde GSYH ile  $CO_2$  arasında U şeklinde bir ilişki vardır ve enerji tüketiminin  $CO_2$ 'ye negatif yönlü bir etkisi söz konusudur. Kısaca değişkenler arasında Ters-N şeklinde bir ilişki söz konusudur (Dinda, 2004).

Çalışmada ele alınan ve Denklem 1'de de kullanılan değişkenler kısaca şu şekilde açıklanabilir.

**Kişi Başı Karbondioksit Emisyonu( $CO_2$ )**; kişi başına düşen  $CO_2$  emisyonunu temsil eden bu veri, Dünya Bankası veri tabanından sağlanmıştır. Değer olarak metrik ton ile ifade edilmektedir. Çalışmaya konu olan ülkeler için 2000-2013 dönemine ait yıllık verilerden oluşmaktadır.

**Kişi Başı Gayri Safi Yurtiçi Hasıla(GSYH)**; çalışmaya konu olan ülkeler için 2000-2013 dönemine ait yıllık verilerden oluşmaktadır. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'nın yıl ortasındaki ülke nüfusuna bölünmesi ile elde edilmiştir. Veriler mevcut Amerikan doları cinsinden olup Dünya Bankası veri tabanından sağlanmıştır.

**Kişi Başına Düşen Enerji Tüketimi(ET)**; kişi başına düşen enerji tüketimini temsil eden bu veri, Dünya Bankası veri tabanından sağlanmıştır. Kullanılan enerjinin petrol olarak kilogram karşılığı şeklinde edilen bu veri aynı şekilde 2000-2013 dönemine ait yıllık verilerden oluşmaktadır.

## 4.2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Çalışmada ele alınan değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olup olmadığı, varsa bu ilişkinin yönü ve derecesi ve değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi panel veri analizi yöntemi ile test edilecektir. Bu amaçla öncelikle değişkenlere ait serilerin durağanlıkları panel birim kök (LLC, Breitung, IPS, Maddala-Wu ve PP) testleri ile sınanacaktır. Daha sonra değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı panel eşbütünleşme (Pedroni ve Kao) testleri yardımı ile sorgulanacaktır. Devamında ortaya çıkan uzun dönemli ilişkinin yönü ve derecesi eşbütünleşme kat sayı tahminci (FMOL ve DOLS) testleri ile belirlenecektir. Son olarak değişkenler arasında tek veya çift yönlü bir nedenselliğin olup olmadığı Granger nedensellik analizi ile ortaya konacaktır. Bu bağlamda Eviews 9 paket programı kullanılarak yapılan testlere dair kısa açıklamalar ve test sonuçları sırası ile verilecektir.

#### 4.2.1. Panel Birim Kök Testleri

Gerek zaman serisi gerekse panel veri analizlerinde istatistiksel analizlerden önce, kurulan modelde kullanılan serilerin zaman içerisinde durağanlıklarının araştırılması gerekmektedir. Birim kök testleri durağanlığın sınanmasındaki en yaygın yoldur. Çalışmada kullanılan birim kök testlerine dair kısa teorik bilgiler aşağıda verilmiştir.

**Levin-Lin-Chu (LLC, 2002)** tarafından geliştirilen birim kök testi, her bir yatay kesite birim kök testi uygulamak yerine yatay kesitlerin toplanmış veri setine birim kök testi uygulamaktadır. Böylece daha güçlü bir panel birim kök testi ortaya konulmaktadır. Bu testin boş (0) hipotezi ( $H_0: \rho = 0$ ), alternatif hipotezi ise ( $H_1: \rho < 0$ ) şeklinde kurulmaktadır. Burada  $H_0$  panel veri setinin birim kök içerdiğini,  $H_1$  ise panel veri setinin birim kök içermediğini kabul etmektedir. LLC, 2002 yılında yaptıkları çalışmalarında Denklem 2'deki gibi bir modeli dikkate almışlardır:

$$\Delta Y_{it} = \rho Y_{it-1} + \sum_{l=1}^{\rho_i} \theta_{il} \Delta \rho Y_{it-l} + \alpha_{mi} d_{mt} + \varepsilon_{it} \quad m=1,2,3,\dots,M \quad (2)$$

**Breitung (2000)** panel birim kök testi şu yönü ile diğer panel birim kök testlerinden ayrılmaktadır. Burada standart t istatistiklerinin kullanılabilmesi için regresyonlar hesaplanmadan önce veriler dönüştürülerek trendden arındırılmaktadır. Bu testin boş (0) hipotezi ( $H_0: \rho = 0$ ), alternatif hipotezi ise ( $H_1: \rho < 0$ ) şeklinde kurulmaktadır. Burada  $H_0$  panel veri setinin birim kök içerdiğini,  $H_1$  ise panel veri setinin birim kök içermediğini kabul etmektedir. Breitung (2000), birim kök testi Denklem 3'teki gibidir.

$$y_{it} = \alpha_{it} + \sum_{k=1}^{\rho+1} \beta_{ik} X_{i,t-k} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

**Im-Peseran-Shin (IPS, 2003)** tarafından geliştirilen test, verileri birleştirmeyerek her bir yatay kesit serisine ayrı ayrı birim kök testi uygulamaktadır. Başka bir ifade ile IPS testinde  $H_0$  hipotezi  $\rho$ 'nun değil de  $\rho_i$ 'lerin her biri için durağanlık sınaması yapmaktadır. Bu testin boş (0) hipotezi ( $H_0: \rho_i = 0$ ), alternatif hipotezi ise ( $H_1: \rho_i < 0$ ) şeklinde kurulmaktadır. Burada  $H_0$  her bir yatay kesitin birim kök içerdiğini,  $H_1$  ise yatay kesitlerden en az birinin birim kök içermediğini kabul etmektedir. IPS (2003) testi Denklem 4'te verilen ve her bir yatay kesit için ayrı ayrı ADF regresyon denklemini temsil eden denklemlere dayanmaktadır.

$$\Delta Y_{it} = \alpha_i + \delta_{it} + \rho_i Y_{it-1} + \sum_{l=1}^{\rho_i} \theta_{il} \Delta \rho Y_{it-l} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

**Maddala-Wu (1999)**, birim kök testi Fisher temelli panel ADF birim kök testine dayanır. Temel olarak Fisher ADF testi yatay kesitlerin her biri içerisinde birim kök test istatistiklerinin p-değerlerinin bir bileşimine dayanmaktadır. Bu testin boş (0) hipotezi ( $H_0: \rho = 0$ ), alternatif hipotezi ise ( $H_1: \rho < 0$ ) şeklinde kurulmaktadır. Burada  $H_0$  her bir yatay kesitin birim kök içerdiğini,  $H_1$  ise yatay kesitlerden en az birinin birim kök içermediğini kabul etmektedir. Bu test parametrik olmayan ve  $2N$  ( $N$ =yatay kesit(ülke)lerin sayısı) serbestlik dereceli ki-kare dağılımına sahiptir. Maddala-Wu (1999) test istatistiği Denklem 5'teki gibidir.

$$\lambda = -2 \sum_{i=1}^N \ln(\rho_i) \rightarrow \chi_{2N}^2 \quad (5)$$

Kısaca bu şekilde ifade edilen panel birim kök testlerinin program çıktıları Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2’de değişkenlerin hem seviye değerlerinde hem de birinci fark değerlerindeki biri kök sonuçları verilmiştir.

**Tablo 2.** Panel Birim Kök Test Sonuçları

Değişken	Birim Kök Testi	Seviye Değerinde		1. Fark Değerinde	
		Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
lnCO <sub>2</sub>	Levin, Lin &Chu	-0.04652	0.4814	-7.98633	0.0000*
	Breitung t-stat	2.20859	0.9864	-2.21807	0.0133**
	Im, Pesaran ve Shin	1.34950	0.9114	-4.44476	0.0000*
	ADF - Fisher Ki-Kare	12.0564	0.8443	51.0067	0.0001*
	PP - Fisher Ki-Kare	15.5076	0.6269	67.7584	0.0000*
lnGSYH	Levin, Lin &Chu	0.17467	0.5693	-6.26115	0.0000*
	Breitung t-stat	1.61814	0.9472	-3.20315	0.0007*
	Im, Pesaran ve Shin	2.64107	0.9959	-2.64821	0.0040*
	ADF - Fisher Ki-Kare	9.17225	0.9556	35.1277	0.0091*
	PP - Fisher Ki-Kare	12.1848	0.8376	39.3293	0.0026*
(lnGSYH) <sup>2</sup>	Levin, Lin &Chu	0.08844	0.5352	-6.22131	0.0000*
	Breitung t-stat	1.38013	0.9162	-3.19423	0.0007*
	Im, Pesaran ve Shin	2.42196	0.9923	-2.62633	0.0043*
	ADF - Fisher Ki-Kare	10.2314	0.9241	34.9318	0.0096*
	PP - Fisher Ki-Kare	12.4250	0.8245	38.4359	0.0034*
lnET	Levin, Lin &Chu	-1.49660	0.6725	-6.65129	0.0000*
	Breitung t-stat	2.43553	0.9926	-2.62990	0.0043*
	Im, Pesaran ve Shin	0.90168	0.8164	-3.40966	0.0003*
	ADF - Fisher Ki-Kare	14.9074	0.6683	42.1452	0.0011*
	PP - Fisher Ki-Kare	18.9843	0.3928	59.3633	0.0000*

Not: Gecikme uzunlukları Schwarz Bilgi Kriterine göre otomatik belirlenmiştir.

\*,\*\* ve \*\*\* sırası ile %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini belirtmektedir.

Tablo 2’de ortaya konulan test sonuçları incelendiğinde tüm değişkenlerin kullanın birim kök testlerine göre seviye değerinde birim köklü olduğu görülmektedir. Zira burada olasılık değeri 0.01 den küçük olduğunda H<sub>0</sub> hipotezi rededilirken olasılık değeri 0.10 dan büyük olduğunda ise H<sub>0</sub> hipotezi rededilememektedir. Bu anlamda değişkenlerin birim kök sorunlarını gidermek adına farkları alındığında tüm değişkenlerin kullanılan tüm testlere göre birinci farklarında durağanlaştığı görülebilir. Tüm değişkenler ortak olarak I(1) yani birinci dereceden durağandır.

#### 4.2.2. Panel Eşbütünleşme Testleri

Panel veri analizinde kullanılan değişkenlerin aynı dereceden durağanlıkları tespit edildikten sonra panel eşbütünleşme testleri uygulanabilir. Bu çalışmada, literatürde yaygın olarak kullanılan eşbütünleşme testleri içerisinde yer alan panel eşbütünleşme testlerinin iki tanesi kullanılacaktır. Bunlar Pedroni (1999) ve Kao (1999) eşbütünleşme testleridir. Çalışmada kullanılan panel eşbütünleşme testleri

$H_0$ : eşbütünlük yoktur şeklindeki yokluk hipotezini test eder. Bu testler kısaca şu şekilde açıklanabilir.

**Pedroni (1999)** tarafından geliştirilen eşbütünlük testi birinci adımda, hipotezde ileri sürülen eşbütünlük regresyonundaki artıklar elde edilmektedir. Genel anlamda  $t=1,2,\dots,T$  ;  $i=1,2,\dots,N$  ve  $m=1,2,\dots,M$  olmak üzere eşbütünlüğe ait regresyon denklemi Denklem 6'daki gibi yazılır.

$$y_{i,t} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_{1i} x_{1i,t} + \beta_{2i} x_{2i,t} + \dots + \beta_{Mi} x_{Mi,t} + e_{i,t} \quad (6)$$

Burada T zaman boyutu, N paneldeki birim sayısı, M değişken sayıdır. Panelin N tane farklı bireyi olduğundan her biri M değişkene sahip N farklı denklem olduğu düşünülebilir. Eğim katsayıları  $\beta_{1i}, \beta_{2i}, \dots, \beta_{Mi}$ 'nin panelin bireyleri boyunca değişmesine izin verilmektedir.  $\alpha_i$  bireye özel sabit ya da bireyler boyunca değişmesine izin verilen sabit etki parametresidir. İlave olarak bazı uygulamalar için paneldeki özel zaman trendini koymak tercih edilebilir. Bu durum  $\delta_i t$  ile gösterilir. Aynı zamanda  $\alpha_i$ 'nin ihmal edildiği durumu da seçmek yaygındır.

**Kao (1999)** eşbütünlük testi, panel veride eşbütünlük testlerini Dickey Fuller (DF) ve Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) tipi testler olmak üzere iki şekilde ele almıştır. DF tipindeki testler Denklem 7'de de ifade edilen modelin tahmin edilen kalıntılarından hesaplanabilmektedir.

$$y_{it} = x'_{it}\beta + z'_{it}\gamma + e_{it} \quad (7)$$

Kısaca bu şekilde ifade edilen panel eşbütünlük testlerinin program çıktıları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Panel Eşbütünlük Test Sonuçları

<b>Pedroni Panel Eşbütünlük Test Sonuçları</b>		
<b>Grup İçi İstatistikler</b>		
	<b>Test İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
Panel v-İstatistik	-1.443101	0.9945
Panel rho-İstatistik	2.234691	0.9784
Panel PP-İstatistik	-0.093311	0.0000*
Panel ADF-İstatistik	-0.647512	0.0000*
<b>Gruplar Arası İstatistikler</b>		
	<b>Test İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
Grup rho-İstatistik	3.108494	0.9991
Grup PP-İstatistik	-11.62853	0.0000*
Grup ADF-İstatistik	-4.740816	0.0000*
<b>Kao Panel Eşbütünlük Test Sonucu</b>		
	<b>Test İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
ADF	-6.188262	0.0000*

Not: Gecikme uzunlukları Schwarz Bilgi Kriterine göre otomatik belirlenmiştir.

\*,\*\* ve \*\*\* sırası ile %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini belirtmektedir.

Tablo 4'te çalışmada kullanılan Pedroni ve Kao ve eşbütünlük testlerine ait program çıktıları verilmiştir. Burada olasılık değerleri dikkate alındığında Pedroni eşbütünlük testinin yedi test istatistiğinden dördünün %1 anlamlılık düzeyinde

anlamli olduğu ve aynı Şekilde Kao içinde test istatistiğinin %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Sonuç olarak gerek Pedroni gerekse Kao eşbütünleşme testleri için  $H_0$  hipotezi reddedilerek değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu görülmektedir.

#### 4.2.3. Panel EŞbütünleşme Katsayı Tahmincileri

EŞbütünleşme testi sonucunda  $H_0$ :eşbütünleşme yoktur hipotezi reddedildiği durumda değişkenler arasında eŐbütünleŐmenin olduğu, bir diğer ifade ile değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaŐılmaktadır. Bu aŐamadan sonra bu ilişkinin yönünün ve derecesinin belirlenmesi için uzun dönem parametrelerinin tahmin edilmesi gerekmektedir.

Bu amaçla Pedroni(2000, 2001) panel tam düzeltilmiŐ en küçük kareler (FMOLS) ve dinamik en küçük kareler (DOLS) yöntemlerini geliŐtirmiŐtir. FMOLS tahmin edicisi basitçe,  $\beta_{GFM}^* = N^{-1} \sum_{i=1}^N \beta_{FMI}^*$  olarak ifade edilebilir. Burada  $\beta_{FMI}^*$  panel verinin her birimin zaman serisi denkleminin FMOLS yöntemiyle tahmin edilmesiyle elde edilir. Benzer Şekilde, t-istatistiği de  $t_{\beta_{GFM}^*} = N^{-1/2} \sum_{i=1}^N t_{\beta_{FMI}^*}$  Şeklinde yazılabilir. Panel DOLS tahmin edicisi basitçe  $\beta_{GD}^* = N^{-1} \sum_{i=1}^N \beta_{Di}^*$  olarak ifade edilebilir.  $\beta_{Di}^*$  yukarıdaki denklemin bireysel tahmininden elde edilmektedir. Ayrıca t-istatistiği de  $t_{\beta_{GD}^*} = N^{-1/2} \sum_{i=1}^N t_{\beta_{Di}^*}$  Şeklinde yazılabilir (Nazlıoğlu, Soytas, 2012).

Kısaca bu Şekilde ifade edilen panel eşbütünleşme testlerinin program ıktıları Tablo 4'de verilmiştir.

**Tablo 4.** Panel EŞbütünleşme Katsayı Tahmincileri Test Sonuçları

Bağımlı Değişken lnCO <sub>2</sub>	FMOLS			DOLS		
	Katsayı	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Katsayı	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
lnGSYH	4.072800	5.807666	0.0000*	6.079363	6.867823	0.05179***
(lnGSYH) <sup>2</sup>	0.188010	-4.849723	0.0000*	0.299236	-6.397634	0.05460***
lnET	0.837826	9.843967	0.0000*	3.338639	3.641400	0.01080**

Not: \*,\*\* ve \*\*\* sırası ile %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini belirtmektedir.

Tablo 4'te var olan uzun dönemli ilişkinin yönü ve derecesini ortaya koyan eşbütünleşme katsayı tahmincilerine ait test istatistikleri ve olasılık değerleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar FMOLS katsayı tahmincisi için %1 anlamlılık düzeyinde GSYH da meydana gelen %1 lik bir artışın CO<sub>2</sub> emisyonunu %4.07 kadar artıracadığını, belli bir eşik değerinden sonraya bu ilişkinin ters yönlü olacağını yani GSYH da meydana gelen %1 lik bir artışın CO<sub>2</sub> emisyonunu %0.19 kadar azaltacağını ortaya koymaktadır. Ayrıca yine %1 anlamlılık düzeyinde enerji tüketiminde meydana gelen %1 lik bir artışın CO<sub>2</sub> emisyonunu %0.84 kadar artıracadığı ifade edilebilir.

DOLS tahmincisinin sonuçları için ise %10 anlamlılık düzeyinde GSYH da meydana gelen %1 lik bir artışın CO<sub>2</sub> emisyonunu %6.08 kadar artıracadığını, belli bir eşik değerinden sonraya bu ilişkinin ters yönlü olacağını yani GSYH da meydana gelen %1 lik bir artışın CO<sub>2</sub> emisyonunu %0.30 kadar azaltacağını ortaya koymaktadır. Bu değerler yaklaŐık değerler olup Dinda (2004) alıŐmasında ifade edilen 6. Sonucu destekler

niteliktedir. Sonuç olarak ele alınan T9 ülkeleri için GSYH ile  $CO_2$  emisyonu arasında Ters-U şeklindeki ÇKE yaklaşımının geçerli olduğu söylenebilir. Ayrıca enerji tüketiminin de  $CO_2$  emisyonunu artırdığı dikkate alınırsa çalışmaya konu olan modelin N şeklinde bir ilişkiyi ortaya koyduğu analiz ile ortaya konmuş olur.

#### 4.2.4. Panel Granger Nedensellik Testi

Herhangi iki değişken arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığı yönünün tespiti için Granger nedensellik analizi test edilir. Tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin yanında, çift yönlü bir nedensellik ilişkisi de olası sonuçlar arasındadır.

Panel veri çerçevesinde Granger nedenselliğini test ederken temel bir çatı oluşturacak olan model, Denklem 8'de ifade edilmiştir. Bu doğrultuda; Granger nedensellik tanımına göre,  $i=1, \dots, N$  olmak üzere  $X_{it}$  için kullanılabilen bilgidan ayrı olarak, söz konusu tüm bilgiyi kullanıp  $Y_{it}$ 'yi daha iyi tahmin edebiliyorsa her birey için  $X_{it}$ ,  $Y_{it}$ 'ye neden olmaktadır denilir.

$$Y_{it} = \sum_{k=1}^p \gamma^{(k)} Y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_i^{(k)} X_{i,t-k} + \vartheta_{it} \quad (8)$$

Çalışmaya konu olan değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığını ve yönünü test etmek amacıyla Granger tarafından gerçekleştirilen Granger nedensellik testinde gecikme aralığı 2 yıl olarak belirlenmiştir. Elde edilen test sonuçlarına Tablo 5'te yer verilmektedir.

**Tablo 5.** Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Sıfır Hipotezi ( $H_0$ )	F-istatistiği	Olasılık Değeri
$CO_2$ emisyonu, GSYH'nın Granger nedeni değildir.	3.07364	0.0823***
GSYH, $CO_2$ emisyonunun Granger nedeni değildir.	7.25011	0.0082*
Enerji tüketimi, GSYH'nın Granger nedeni değildir.	1.21460	0.0728***
GSYH, enerji tüketiminin Granger nedeni değildir.	2.42930	0.0122**
$CO_2$ emisyonu, enerji tüketiminin Granger nedeni değildir.	7.11896	0.0087*
Enerji tüketiminin, $CO_2$ emisyonu Granger nedeni değildir.	3.33760	0.0703***

Not: \*, \*\* ve \*\*\* sırası ile %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyini belirtmektedir.

Olasılık değerinin 0.10, 0.05 ve 0.01'den küçük olması durumunda bu anlamlılık düzeyinde  $H_0$ : 1.değişken 2.değişkenin Granger nedeni değildir temel hipotezi reddedilir. Sonuç olarak Tablo 5'ten görüleceği üzere, %1 anlamlılık düzeyinde GSYH'nın  $CO_2$  emisyonunun aynı anlamlılık düzeyinde  $CO_2$  emisyonunun enerji tüketiminin Granger nedeni olduğu söylenebilir. %5 anlamlılık düzeyinde GSYH, enerji tüketiminin Granger nedeni değildir. %10 anlamlılık düzeyinde ise  $CO_2$  emisyonu, GSYH'nın, enerji tüketimi GSYH'nın ve enerji tüketimi  $CO_2$  emisyonunun Granger nedeni olduğu ortaya konulmuştur.

## 5. SONUÇ

Ekonomik büyüme ile birlikte artan refah kişilerin yaşam anlayışını daha doğrusu yaşamdan beklentilerini değiştirmiştir. Bu anlamda özellikle sanayi devriminden sonra gelişen ekonomilerde, ekonomik büyümenin beraberinde çevre kirliliğini getirdiği

ve bu yönde daha yapıcı politikaların geliştirilmesi gerektiği gerek uluslararası toplantılarda gerekse iktisat literatüründe sıkça ele alınan konulardan biri olmuştur. Nitekim literatür kısmında da yer aldığı gibi uzun dönemde ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında uzun dönemde anlamlı bir ilişkinin olduğu ortadadır.

Ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi ortaya koymak adına yapılan bu çalışmada kişi başı gelir, kişi başı enerji tüketimi ile kişi başı  $CO_2$  emisyonu miktarı arasındaki ilişki T9 ülkeleri ve 2000-2013 arası dönem için panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu bağlamda değişkenler arası eşbütünlük ilişkisi ve nedensellik ilişkisi analiz edilmiştir.

Panel veri yöntemi ile yapılan çalışmalarda eşbütünlük analizinden önce modele dâhil edilen tüm değişkenlerin aynı dereceden durağan olduklarının ortaya konması gerekmektedir. Değişkenlere ait serilerin durağanlıkları panel birim kök testleri ile test edilmiş ve tüm değişkenlerin seviyede birim kök sorunu içerdiği gözlemlenmiştir. Değişkenlere ait serilerin birinci farkları alınarak durağanlaştırılmıştır. Tüm değişkenlerin I(1) yani birinci dereceden durağan oldukları ortaya konduktan sonra eşbütünlük analizi yapılmıştır. Pedroni ve Kao eşbütünlük testleri sonucu değişkenlerin eşbütünlük oldukları saptanmış ve bu ilişkinin yönünün ve derecesinin belirlenmesi adına FMOL ve DOLS katsayı tahminicileri kullanılmıştır. Katsayı tahmincilerinden elde edilen sonuçlar kişi başı gelir ile kişi başı  $CO_2$  emisyonu arasında Ters-U şeklinde bir ilişkinin olduğunu belirten ÇKE yaklaşımının geçerliliğini desteklemektedir. Ayrıca kişi başı enerji tüketimi ile kişi başı  $CO_2$  emisyonu arasında uzun dönemde pozitif bir ilişkinin olduğu analiz sonucunda görülmektedir. Kısaca oluşturulan modelin N şeklinde bir ilişkiyi ifade ettiği belirtilebilir.

Çalışmaya dâhil edilen tüm değişkenler arasında anlamlılık düzeyleri farklı olmakla birlikte çift yönlü nedenselliklerin olduğu elde edilen sonuçlar arasındadır. Bu bağlamda ekonominin büyümesi ve daha refah bir yaşam için daha fazla enerji tüketimi sonucunda çevre kirliliğinin kaçınılmaz olduğu vurgulanabilir. Gerek bu çalışma gerekse literatürdeki diğer çalışmalar dikkate alındığında daha fazla gelişmenin yanında ülkelerin çevre kirliliğine de gerekli özeni göstermeleri ve daha çevreci politikalar izlemeleri öneri olarak sunulabilir. Teknolojinin tüm alanlarda olduğu gibi çevre temizliği alanında da ilerlediği günümüzde daha çevreci üretimlerin desteklenmesi ve üretim alanları olarak sayılabilecek sanayi bölgelerinde minimum seviyede atığın doğaya bırakılması gibi önlemler bu politikalara örnek olarak verilebilir.

Çalışmanın asıl amacının sınır ülkeleri ile birlikte Türkiye'nin ekonomik büyümesi ile birlikte çevresel kirliliğinde meydana gelen değişimleri ortaya koymak olduğu daha önce de ifade edilmiştir. Elde edilen bulgular aradaki pozitif ilişkinin daha fazla büyüme ile birlikte negatife dönebileceğini göstermektedir. Başka bir ifade ile belli bir büyüme oranına dek çevrenin giderek kirlendiği ancak eşik değerinden sonra diğer gelişmiş ülkelerde olduğu gibi çevrenin temizlenme aşamasına geçebileceği tespit edilmiştir. Özellikle Türkiye'nin ve sınır komşularının çevre kirliliği anlamında gerekli adımları atmaları ve bu yönde politikalar izlemeleri son derece önemlidir. Nitekim tek bir devlete veya millete ait olmayan, tüm insanlığın ve gelecek kuşakların ortak paydası olan çevrenin korunması hayati öneme sahiptir.



## KAYNAKÇA

- Agras, J. (1995). Environment and Development: An Economic Analysis of Pollution, Growth and Trade. *Unpublished Master Thesis*, ABD: Cornell University.
- Andreoni J., Levinson A. (2001). The Simple Analytics Of The Environmental Kuznets Curve. *Journal of Public Economics*,80, ss.269–286.
- Ang J. B. (2007).  $CO_2$  Emissions, Energy Consumption, And Output İn France. *EnergyPolicy*,35, ss.4772–4778.
- Arı, A., Zeren, F. (2011).  $CO_2$  Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi. *Yönetim ve Ekonomi*, 18(2), ss.37-47.
- Aydın, F. F. (2010). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 35, ss.317-340.
- Breitung, J. (2000). The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data. *Advances in Econometrics*, 15, ss. 161-178.
- Cole, M.A. (2003). Development, Trade, And The Environment: How Robust Is The Environmental Kuznets Curve? *Environment and Development Economics*,8, ss.557-580.
- Dam, M. M., Karakaya, E. Ve Bulut, Ş. (2013). Çevresel Kuznets Eğrisi ve Türkiye: Ampirik Bir Analiz. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi EYİ 2013 Özel Sayısı*, ss.85-95.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*,49, ss.431– 455.
- Ergün, S., Polat Atay, M. (2015). OECD Ülkelerinde  $CO_2$  Emisyonu, Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 45, ss.115-141.
- Gündüz, H. İ. (2014).Çevre Kirliliği İle Gelir Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Panel Eşbütünlük Analizi Ve Hata Düzeltme Modeli. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*,36(1), ss.409-423.
- Güriş, S., Tuna, E. (2011). Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliğinin Panel Veri Modelleriyle Analizi. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), ss.173-190.
- Haggar-Hamit, M. (2012). Greenhouse Gas Emissions, Energy Consumption And Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis From Canadian Industrial Sector Perspective. *Energy Economics*, 34, ss.358–364.
- Halıcıoğlu, F. (2009). An Econometric study of  $CO_2$  Emissions, Energy Consumption, Income And Foreign Trade İn Turkey. *Energy Policy*, 37, ss.1156–1164.
- Harb, N. (2003). Money demand function: a heterogeneous panel application. *United Arab Emirates University Working Paper*, 3(4-1) ss.1-32.

- Herranz, A. A., Lorente, D. B. (2016). Economic Growth And Energy Regulation In The Environmental Kuznets Curve. *Environ Sci Pollut Res.*, 23, ss.16478–16494.
- Hettige, H., Mani M. ve Wheeler D. (2000). Industrial Pollution In Economic Development: The Environmental Kuznets Curve Revisited. *Journal of Development Economics*, 62, ss.445–476.
- Holtz-Eakin, D., Selden, T. M. (1992). Starking the Firesi?  $CO_2$  Emissions and Economic Growth. *National Bureau Of Economic Research*, Working Paper No: 4248.
- Im, K. S., Peseran, M. H.ve Shin, Y. (2003). Testing For UnitRoots in Heterogeneous Panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), ss. 53-74.
- Jalil A., Mahmud, S. F. (2009). Environment Kuznets Curve For  $CO_2$  Emissions: A Cointegration Analysis For China. *EnergyPolicy*, 37, ss.5167–5172.
- Jebli, B. M., Youssef, B.S. (2015).The Environmental Kuznets Curve, Economic Growth, Renewable And Non-Renewable Energy, And Trade In Tunisia. *Renewable and SustainableEnergy,Reviews*47, ss.173–185.
- Kao, C. (1999). Spurious Regression and Residual-Based Tests for Co-integration in Panel Data. *Journal of Econometrics*, 90, ss. 1-44.
- Karaca, C. (2012). Ekonomik Kalkınma Ve Çevre Kirliliği İlişkisi: Gelişmekte Olan Ülkeler Üzerine Ampirik Bir Analiz. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(3), ss.139-156.
- Levin, A., Lin C. ve Chu C. J. (2002). UnitRoot Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties. *Journal of Econometrics*, 108, ss. 1–24.
- Maddala, G.S., Wu, S. (1999). A Comparative Study of UnitRoot Tests with Panel Data and A New Simple Test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 62, ss. 631-652.
- Nazlıoğlu, Ş., Soytaş, U. (2012). OilPrice, Agricultural Commodity Prices, And The Dollar: A Panel Cointegration And Causality Analysis. *Energy Economics*, 34, ss.1098-1104.
- Niu, S. vd. (2011).Economic Growth, Energy Conservation And Emissions Reduction: A Comparative Analysis Based On Panel Data For 8 Asian-Pacific Countries. *EnergyPolicy*,39,ss. 2121–2131.
- Omri, A. (2013).  $CO_2$  Emissions, Energy Consumption And Economic Growth Nexus inMENA Countries: Evidence From Simultaneous EquationsModels. *Energy Economics*, 40, ss.657–664.
- Özokçu, S., Özdemir, Ö. (2017). Economic Growth, Energy, And Environmental Kuznets Curve. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72,ss.639–647.
- Pedroni, P. (1999). Critical Values For Cointegration Tests In Heterogeneous Panels With Multiple Regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, ss.644-670.
- Saatçi, M., Dumrul, Y. (2011).Çevre Kirliliği Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk Ekonomisi İçin Yapısal Kırılmalı Eş-Bütünleşme Yöntemiyle Tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*,37, ss.65-86.

- Sebri, M., Ben-Selha, O. (2014). On The Causal Dynamics Between Economic Growth, Renewable Energy Consumption,  $CO_2$  Emissions And Trade Openness: Fresh Evidence From BRICS Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, ss.14–23.
- Selden, T. M., Song, D. (1994). Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution. *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), ss.147-162.
- Shafik, N., Bandyopadhyay, S. (1992), Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence. *Background Paper for World Development Report*, Washington: The World Bank Publications.
- Suri, V., Chapman, D. (1998). Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25, ss.195-208.
- Tiwari, A. K. (2011). Primary Energy Consumption,  $CO_2$  Emissions and Economic Growth: Evidence from India. *South East European Journal of Economics and Business*, 6(2), ss.99-117.
- Yandle, B., Maya, V. ve Madhusudan, B., (2002). The Environmental Kuznets Curve A Review of Findings, Methods, and Policy Implications. PERC Re-search Study 02-1, ss.3.
- Wang, S.S., Zhou, D.Q., Zhou, P. ve Wang, Q.W. (2011).  $CO_2$  Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis. *Energy Policy*, 39, ss. 4870-4875.