

SİYASET, EKONOMİ ve YÖNETİM ARAŞTIRMALARI DERGİSİ



RESEARCH JOURNAL OF
POLITICS, ECONOMICS AND MANAGEMENT

April 2017, Vol:5, Issue:2

Nisan 2017, Cilt:5, Sayı:2

P-ISSN: 2147-6071

E-ISSN: 2147-7035

Journal homepage: www.siyasetekonomiyonetim.org



G7 Ülkelerinde CO₂ Emisyonu, Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi¹

The Relationship Between CO₂ Emission, Electricity Consumption and Economic Growth in G7 Countries

Doç. Dr. Suzan ERGÜN

İnönü Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, suzan.ergun@inonu.edu.tr

Yrd. Doç. Dr. Melike ATAY POLAT

Şırnak Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, matay@sirnak.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

ÖZET

Makale Geçmişi:

Geliş 13 Ağustos 2016
Düzeltilme Geliş 09 Nisan 2017
Kabul 10 Nisan 2017

Anahtar Kelimeler:

Sürdürülebilir Kalkınma, Enerji, Çevresel Kuznets Eğrisi, Panel Birim Kök, Eşbütünleşme ve Dumitrescu-Hurlin Nedensellik Testi

© 2017 PESA Tüm hakları saklıdır

Bu çalışmada, 1980-2010 yılları arasında G7 ülkelerinde CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasında ilişki olup olmadığı analiz edilmiştir. Panel eşbütünleşme testleri sonucunda G7 ülkelerinde CO₂ emisyonu, Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) ve elektrik tüketimi arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Son olarak Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi sonucuna göre, G7 ülkelerinde CO₂ emisyonu ile GSYH ve GSYH ile elektrik tüketimi arasında çift yönlü, elektrik tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 13 August 2016
Received in revised form 09 April 2017
Accepted 10 April 2017

Keywords:

Sustainable Development, Energy, Environmental Kuznets Curve, Panel Unit Root, Cointegration and Dumitrescu-Hurlin Causality Test

© 2017 PESA All rights reserved

In this study, it is analyzed whether there is a relationship between CO₂ emission, electric consumption and economic growth between the years 1980-2010 in G7 countries. As a result of panel cointegration tests it is concluded that there is a cointegration relationship between CO₂ emission, Gross Domestic Product (GDP) and electric consumption in G7 countries. Lastly, according to results of the Dumitrescu-Hurlin causality test it is ascertained that in G7 countries there is bidirectional causality between CO₂ emission and GDP and between GDP and electric consumption and there is unidirectional causality from electric consumption towards CO₂ emission.

¹ Bu çalışma, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde hazırlanan "Sürdürülebilir Kalkınmada Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi" başlıklı doktora tezinden türetilmiştir.

GİRİŞ

Sanayileşme ile artan mal ve hizmet talebi, sanayi üretiminin artmasını da beraberinde getirmiştir. Üretime bağlı olarak artan hammadde ve enerji kullanımı sonucunda üretim ve tüketim esnasında ortaya çıkan çevre kirliliği önemli bir sorun haline gelmiştir. Çünkü, enerji talebinin önemli bir kısmı büyük ölçüde çevreyi kirleten fosil yakıtlardan elde edilen enerjiye dayanmaktadır. Ekonomik hayatın vazgeçilmez bir parçası olan enerji, üretim sürecine katılmakta ve ülkelerin milli hasılları arttıkça, enerji tüketimleri özellikle de elektrik enerjisi tüketimleri artmaktadır.

İnsanı etkileyen ve ondan etkilenen dış koşul ve durumlar olarak tanımlanan çevre sanayileşme, nüfus ve kentleşme, denetim yetersizliği gibi insan faaliyetleri sonucunda bozulma sürecine girmiştir. Bozulma sürecini takiben geleceğimizi tehdit etme unsuru haline dönüşen çevre sorunlarıyla mücadele etmede hem ulusal hem de uluslararası politikalar gündeme gelmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün 1946 yılında başlattığı çevrenin sürdürülebilirliği kapsamında değerlendirilmesi görüşü, sonraki yıllarda Birleşmiş Milletler ve Dünya Bankası gibi uluslararası kuruluşlar tarafından sıkça tartışılır hale gelmiştir. 1987 yılında yayınlanan Ortak Geleceğimiz raporunda ise, ön plana çıkan sürdürülebilir kalkınma ile daha temiz bir çevre anlayışında büyümenin istikrarlı bir şekilde sürdürülmesi amaçlanmaktadır.

Bu bağlamda çalışmanın amacı, G7 ülkelerinde çevre kirliliği göstergesi, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri analiz yöntemleri kullanarak tespit etmektir. Bu amaçla CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki uygulamalı literatür kapsamlı bir şekilde ele alınmış ve G7 ekonomisi üzerine bir uygulama yapılarak ilişkinin niteliği ve yönü belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünden sonra ikinci bölümde teorik çerçeve yer almaktadır. Üçüncü bölümde, çalışma konusuyla ilgili literatür taraması yapılmıştır. Son bölümde ise, çalışmada kullanılan veri seti ve değişkenlerle ilgili bilgiler, çalışmada kullanılan ekonometrik yöntemler ve bulgular açıklanmıştır. Bu bağlamda, ilk olarak çalışmada kullanılan değişkenlere ait serilerin durağanlıkları ikinci kuşak panel birim kök testleri ile analiz edilmiştir. Panelde değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olup olmadığını test etmek için Westerlund panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Son olarak çalışmada kullanılan değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin olup olmadığı Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi ile analiz edilmiştir.

1. Teorik Çerçeve

Ekonomik gelişme ile çevre sorunları arasında üretim ve tüketim faaliyetlerinden kaynaklı olarak sıkı ve karşılıklı bir ilişki mevcuttur. Teknolojik gelişmelere ve artan nüfusa bağlı olarak ekonomi gelişirken doğa bozulmaktadır (Yıldırım, 2004: 189-190). Dolayısıyla ekonomiden çevreye doğru yaşanan ilişki üretim ve tüketim faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Çevreden ekonomiye doğru yaşanan ilişki ise endüstrilerin üretimlerini kısımları ya da üretimlerini durdurmaları sonucunda ekonomik daralmaların yaşanmasıdır.

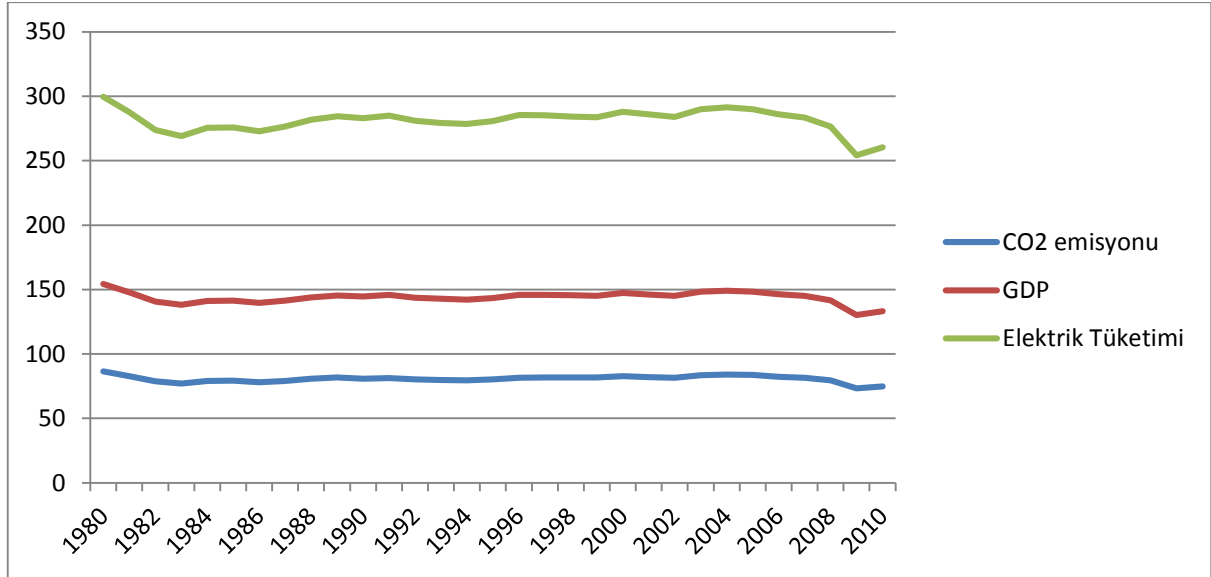
Diğer taraftan, ekonomik büyüme ve enerji kullanımı arasında da karşılıklı ve pozitif yönlü bir ilişki vardır. Enerji kullanımı ekonomik büyümeyi artırırken, ekonomik büyümede enerji tüketimindeki artışa bağlı olarak artış göstermektedir. Ülkelerin büyürken sanayi, tarım ve hizmetler sektörlerindeki artan enerji talepleri sonucunda ise büyüme sağlanmaktadır. Dolayısıyla, bir ülkenin ekonomisinin gelişmişlik düzeyi ile o ülkenin enerji sektörü yakın bir ilişki içerisinde dir.

Ekonomik ve sosyal gelişmenin enerji talebini artırması sonucunda çevre sorunlarına farkındalığın artması ülkeleri her şeye rağmen büyümenin yerine çevrenin de dikkate alındığı sürdürülebilir kalkınmaya yönlendirmiştir. Ekonomik ve sosyal gelişmenin çevreden ayrı düşünülmemeyeceği anlayışına dayanan bu yeni kalkınma stratejisi ile ekonomik gelişmenin çevre üzerindeki tahribatının azaltılması beklenmektedir.

Ülkelerin sanayileşmelerinde ve ekonomik kalkınmalarını gerçekleştirmelerinde önemli bir kaynak olan enerjinin üretiminden tüketimine geçen her aşamada çevre sorunlarına yol açan atıklar ortaya çıkmaktadır (Akova, 2008: 8). Özellikle enerji ihtiyacının fosil enerji kaynaklarının tüketilmesi ile karşılanması sonucunda ortaya çıkan karbon emisyonlarının, küresel iklim değişikliğine neden olduğunun anlaşılmasıyla birlikte, çevre sorunları dikkate alınmaya başlanmıştır. Çevre sorunlarının en önemli nedenlerinden biri olan fosil yakıt tüketiminin sınırlandırılması amacıyla yerel, ulusal veya uluslararası bazda çeşitli önlemler alınmaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen Kyoto Protokolü gereğince ülkeler atmosfere saldıkları sera gazı emisyonlarını 1990 yılı düzeyinin yüzde 5 altında kalacak şekilde azaltmaları yükümlülüğü altına girmişlerdir (Akova, 2008: 196). Enerjiye dayalı CO₂ emisyonunun gelişmiş ülkelerde 14 milyar ton civarında kalacağı, gelişmekte olan ülkelerde ise 16 milyar tondan 28 milyar tona yükseleceği beklenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde sanayi sektörünün enerji talebi 2007-2035 döneminde yıllık ortalama yüzde 1,8 artarken, gelişmiş ülkelerde üretim daha çok imalat sanayiden hizmet sektörüne kaydığı için, yıllık enerji talep artışı yalnızca yüzde 0,2 oranında gerçekleşebilecektir (Yılmaz, 2013: 389).

Grafik 1'de G7 ülkelerinde CO₂ emisyonu, GSYH ve elektrik tüketiminin 1980-2010 yıllarında gelişimi yer almaktadır.

Grafik 1: G7 Ülkelerinde CO₂ Emisyonu, GSYH ve Elektrik Tüketimi (1980-2010)



Kaynak: www.worldbank.org.

Grafik 1 incelendiğinde, G7 ülkelerinde CO₂ emisyonu, GSYH ve elektrik tüketiminin birlikte hareket ettiği görülmektedir. Ayrıca, 2010 yılında CO₂ emisyonu, GSYH ve elektrik tüketiminde artış yaşanmaktadır.

Sanayi Devrimi ile başlayan ekonomik, sosyal, kültürel ve teknoloji alanlarında yaşanan gelişmeler doğal kaynaklar ve çevreyi olumsuz etkilemiştir. Ülkeler kalkınma süreçlerinde çevreyi göz ardı etmişlerdir. Gelişmiş ülkelerin çevreyi göz ardı ederek büyüme faaliyetleri içerisine girmeleri gelişmekte olan ülkeleri çevreyi kirletmeden ve doğal kaynakları tüketmeden kalkınmasını gündeme getirmiştir.

Tablo 1'de 2011 yılında G7 ülkelerinin toplam CO₂ emisyonu ve bu emisyonun toplam içindeki payı yer almaktadır.

Tablo 1'e göre gelişmiş ülkeler olan G7 ülkelerinin CO₂ emisyonu paylarının yüksek olduğu görülmektedir. CO₂ emisyonları açısından 2011 yılına ait en büyük paya yüzde 43 ile ABD sahipken bu ülkeyi sırasıyla yüzde 9,6 ile Japonya, yüzde 6 ile Almanya, yüzde 4,3 ile Kanada izlemektedir. Gelişmiş ülkelerin çevresel kirliliklerinin paylarının yüksek olması gelişme yolunda kaydettikleri sanayileşme faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bundan hareketle gelişmekte olan ülkelerin daha

çevre dostu faaliyetlerde bulunarak ve enerji üretim ve buna bağlı olarak tüketimlerini daha temiz enerji kaynaklarından sağlamak suretiyle kalkınmalarını gerçekleştirmeleri önem arz etmektedir.

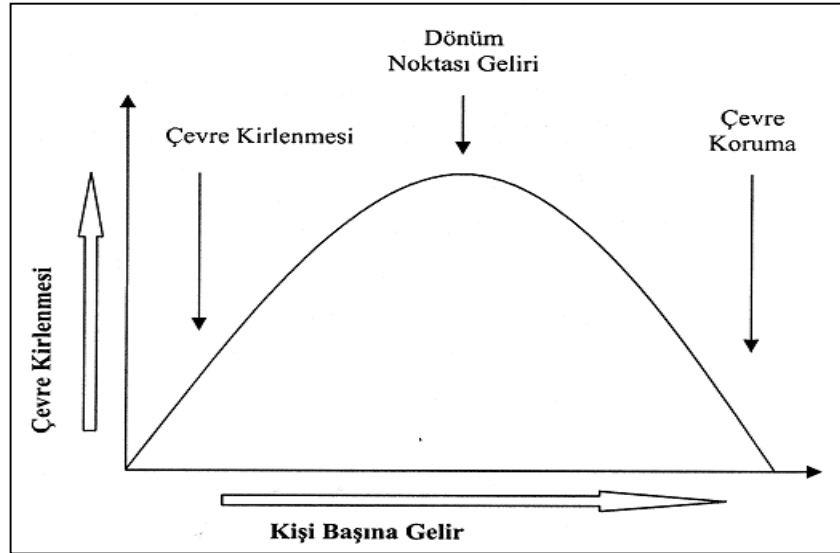
Tablo 1: G7 Ülkelerinde CO₂ Emisyonunun Toplamı ve Toplam İçerisindeki Payı (2011)

Ülkeler	Toplam	Pay (%)
Kanada	530	4,29
Fransa	328	2,66
Almanya	748	6,06
İtalya	393	3,18
Japonya	1.186	9,61
İngiltere	443	3,59
ABD	5.287	42,84

Kaynak: www.worldbank.org.

Kuznets Eğrisi yaklaşımı, 1950'li yıllarda ortaya konulmuş bir kavram olarak gelir dağılımındaki eşitsizlik ile kişi başı GSYH arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır. Bu yaklaşım 1990'lı yıllarda çevreye uyarlanmıştır. İktisadi büyüme ile birlikte çevre kirliliğinin ve çevre tahribatının artacağı, belli bir gelir düzeyinden sonra azalacağına ilişkin bu görüşe literatürde “Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE)” adı verilmektedir. Grafik 2’de görüldüğü üzere ÇKE yaklaşımında, çevresel kirlilik düzeyi, ekonomik kalkınma sürecinde önce artarken daha sonra azalan bir eğilim göstermektedir.

Grafik 2: Çevresel Kuznets Eğrisi



Kaynak: Yandle et al., 2002:3.

Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımına göre, başlangıçta tarım sektörüne dayanan ekonomide temiz bir yapı mevcuttur. Sanayi devrimi ile sanayi toplumuna geçilmesi sonucunda doğal kaynakların kullanımı çevre kirliliğini artırmıştır (Dinda, 2004: 431). Ekonomik gelişmeye bağlı olarak bilgi toplumu ve hizmetler sektörünün ön plana çıkması ile çevreye olan duyarlılık ve daha temiz bir çevre anlayışı yaygınlaşmıştır. Böylece ekonomik büyümenin ilk dönemlerinde çevrenin bozulmasına doğru başlayan eğilim tersine dönmüştür (Stern, 2003: 3-6).

Sonuç olarak, ekonomik gelişmeye bağlı olarak devamlı artan kişi başı gelir düzeyi ile başlangıçta çevre kirlenmesi artmıştır. Fakat, belirli bir gelir düzeyinden sonra çevresel bilincin artmasıyla çevre

korunmasına yönelik tedbirler alınmış ve çevre kalitesi yükselmiştir (Yandle et al., 2002: 1-5). Çevre kalitesinin yükselmeye başladığı gelir seviyesi ise, literatürde dönüm noktası ya da eşik noktası olarak tanımlanmaktadır (Stern, 2004: 519; Dinda, 2004: 440-441).

2.Literatür Taraması

Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevre arasındaki dinamik ilişki Zhang and Cheng (2009), Soytaş and Sari (2009), Jalil and Mahmud (2009), Menyah and Wolde-Rufael (2010), Tiwari (2011), Wang et al. (2011) tarafından analiz edilmektedir. Zhang and Cheng (2009), Çin'deki enerji tüketimi, çıktı ve karbon emisyonu arasındaki karşılıklı dinamik ilişkiyi açıklayarak uzun dönemde gelir ve enerji tüketimi arttıkça CO₂ emisyonunun da arttığı sonucuna ulaşmıştır. Tiwari (2011), Hindistan'daki enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi dinamik ve statik çerçevede VAR modeline dayalı Granger nedenselliği ile test etmiştir. Enerji tüketimi ve CO₂ emisyonunun ekonomik büyümeyi etkilediği sonucuna ulaşmıştır. Wang et al. (2011) Çin'in 28 iline ait 1995-2007 yılı verilerini panel veri eşbütünleşme ve panel veri VECM ile test etmiştir. Bu çalışmada CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin eşbütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca CO₂ emisyonu ve enerji tüketimi ile enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında da çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir (Boopen and Harris, 2012: 6-7).

Zilio and Recalde (2012) yaptıkları çalışmalarında 21 Latin Amerika ülkesi ve Karayip ülkeleri için ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasında ÇKE ilişkisini analiz etmişlerdir. Panel veri analizi sonuçlarına göre seriler arasında uzun dönem ilişkisi durağan olmayıp ÇKE'de desteklenmemiştir.

Niu et al. (2011) tarafından yapılan çalışmada 8 Asya-Pasifik ülkeleri için enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO₂ ilişkisi panel veri ile test edilmiştir. Bu değişkenler arasında uzun dönem ilişkisi bulunmuş ve enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Shahbaz, Lean and Shabbir (2012) tarafından yapılan çalışmada Pakistan için CO₂ emisyonu, enerji tüketimi, büyüme ve dış ticaret arasındaki ilişki koentegrasyon ve Granger nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Değişkenler arasında uzun dönem ilişkisi bulunmuş ve ÇKE hipotezi desteklenmiştir. Ayrıca, ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Kısa ve uzun dönemde enerji tüketimi CO₂ emisyonunu artırırken uzun dönemde dış ticaret açığı CO₂'yi azaltmaktadır.

Hamit-Haggar (2012) tarafından kömür tüketimi, CO₂ ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki Çin için koentegrasyon ve hata düzeltme modeli ile tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre ÇKE ilişkisi tespit edilmiş ve enerji tüketiminden CO₂'ye ve ekonomik büyümeden CO₂'ye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Gross (2012) tarafından ABD için yapılan çalışmada 1970-2007 dönemine ait sanayi, ticaret ve ulaşım sektörüne ait enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi Granger nedensellik analizi ile tespit edilmiştir. Uzun dönemde ticaret sektöründe büyümeden enerji tüketimine tek yönlü, ulaşım sektöründe ise çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Wang et al. (2011) tarafından yapılan çalışmada Çin için CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi panel veri analizi ile test edilmiştir. Sonuçlara göre, CO₂ emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında koentegrasyon ilişkisi bulunmuştur. Ayrıca, CO₂ emisyonu ve enerji tüketimi ile enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi elde edilmiştir.

Nasir and Rehman (2011) tarafından yapılan çalışmada Pakistan için 1972-2008 dönemi CO₂ emisyonu, gelir, enerji tüketimi ve dış ticaret verileri Johansen koentegrasyon analizi ile test edilmiştir. ÇKE ilişkisi bulunmuş ve enerji tüketimi ile dış ticaretin CO₂ üzerindeki etkisinin pozitif olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Jalil and Feridun (2011) tarafından Çin için yapılan çalışmada 1953-2006 dönemine ait CO₂ emisyonu, enerji kullanımı, gelir, dış ticarete ait değişkenler ARDL testi ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucu olarak ÇKE'nin varlığı tespit edilmiştir.

Hatzigeorgiou, Polatidis and Haralambopoulos (2011) tarafından Yunanistan için yapılan çalışmada ekonomik büyüme, enerji yoğunluğu ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişki Granger nedensellik ve varyans ayrıştırma analizi ile test edilmiştir. Ekonomik büyüme-enerji yoğunluğu ile ekonomik büyüme-CO₂ emisyonu arasında tek yönlü nedensellik; CO₂ emisyonu ve enerji yoğunluğu arasında ise iki yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

En yeni çalışmalardan biri Shahbaz, Mutascu and Azim (2013), Romanya için büyüme, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi ARDL testi ve koentegrasyon analizi ile test etmişlerdir. Çalışmanın sonucu olarak bu değişkenler arasında uzun dönem ilişkisi bulunmuştur. Ayrıca, ÇKE desteklenmiştir.

3.Ekonometrik Analiz

Bu çalışmada CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve reel GSYH arasındaki uzun dönem ilişkisi ile bu değişkenler arasındaki dinamik nedensellik ilişkisi panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu amaçla ilk olarak çalışmada kullanılan değişkenlere ait serilerin durağanlıkları ikinci kuşak panel birim kök testleri ile analiz edilmiştir. Panelde değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olup olmadığını test etmek için Westerlund panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Son olarak çalışmada kullanılan değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin olup olmadığı Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Bu bağlamda panel verilerde durağanlık sınaması için kullanılan testler ile panel eşbütünleşme, yatay kesit bağımlılığı testleri, ve Dumitrescu-Hurlin nedensellik testleri açıklanmıştır.

3.1.Model ve Veri

Çalışmada G7 ülkelerine ait 1980-2010 yıllarını kapsayan yıllık veri seti ve bu verilerin logaritmik değerleri analizlerde kullanılmıştır. Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımına ilişkin kirlilik verisi CO₂ verilerinden oluşmaktadır.

ÇKE hipotezinin geçerliliğine ilişkin yapılan pek çok çalışma sonucunda genel kabul gören CO₂ emisyonu, GDP ve GDP'nin karesi şeklinde değişkenlerden oluşan bir veri karakteristiği ve uygulama yöntemi ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada G7 ülkelerini temsil eden Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, İngiltere ve ABD için kullanılan model şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\ln CO_{2it} = \alpha_{it} + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{2it} + \beta_3 \ln EC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Burada; $i=1, \dots, N$ ele alınan ülkeleri, $t=1, \dots, T$ zamanı, $\ln CO_2$; kişi başına karbondioksit emisyonunun logaritmasını, $\ln EC$; kişi başına elektrik tüketiminin logaritmasını, $\ln GDP$; kişi başı reel GSYH'nın logaritmasını ve $\ln GDP^2$ ise kişi başına GSYH'nın karesinin logaritmasını göstermektedir.

Yukarıdaki modelin muhtemel sonuçları şöyledir:

- $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ durumunda x ile y arasında bir ilişki yoktur.
- $\beta_1 > 0$ ve $\beta_2 = \beta_3 = 0$ durumunda x ile y arasında doğrusal bir ilişki vardır. Yani x arttıkça y de artacaktır.
- $\beta_1 < 0$ ve $\beta_2 = \beta_3 = 0$ durumunda x ile y arasında ters bir ilişki vardır.
- $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ve $\beta_3 = 0$ durumunda x ile y arasında ters-U şeklinde bir ilişki vardır. Yani Çevresel Kuznets Eğrisi yaklaşımı geçerlidir.
- $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ ve $\beta_3 = 0$ durumunda x ile y arasında U şeklinde bir ÇKE ilişkisi vardır.
- $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ ve $\beta_3 > 0$ durumunda x ile y arasında N şeklinde bir ÇKE ilişkisi vardır.
- $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ ve $\beta_3 < 0$ durumunda x ile y arasında ters N şeklinde bir ÇKE ilişkisi vardır (Dinda, 2004: 440-441).

Çalışmada, CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve GSYH olmak üzere üç değişken ele alınmıştır.

Çalışmanın analizinde kullanılan değişkenler ve değişkenlere ait açıklamalar Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2: Çalışmada Kullanılan Değişkenler ve Açıklamaları

Değişkenler	Kısaltmalar	Açıklama	Veri Kaynağı
Kişi Başına Düşen Karbondioksit Emisyonu	CO ₂	Metrik Ton	Energy Information Administration (EIA)
Kişi Başına Düşen Gayrisafi Yurt İçi Hasıla	GDP	Dolar	Dünya Bankası
Kişi Başına Düşen Elektrik Tüketimi	EC	kWh	Dünya Bankası

3.2. Ekonometrik Yöntem

Bu çalışmada CO₂ emisyonu, elektrik tüketimi ve reel GSYH arasındaki uzun dönem ilişkisi ile bu değişkenler arasındaki dinamik nedensellik ilişkisi panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu amaçla ilk olarak çalışmada kullanılan değişkenlere ait serilerin durağanlıkları ikinci kuşak panel birim kök testleri ile analiz edilmiştir. Panelde değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olup olmadığını test etmek için Westerlund panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Son olarak çalışmada kullanılan değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin olup olmadığı Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Bu bağlamda panel verilerde durağanlık sınaması için kullanılan testler ile panel eşbütünleşme, yatay kesit bağımlılığı testleri, ve Dumitrescu-Hurlin nedensellik testleri açıklanmıştır.

3.2.1. Panel Birim Kök Testleri

Birim kök testi ile bir zaman serisinin istatistiksel analizi yapılmadan önce, kurulacak modelde kullanılacak olan serilerin zaman içerisinde durağan olup olmadığı araştırılmaktadır. Panel birim kök testlerinde karşılaşılan önemli sorunlardan biri, paneli oluşturan yatay kesit birimlerinin birbirinden bağımsız olarak ele alınıp alınmamasıdır. Paneli oluşturan yatay kesit birimlerinin seriye gelen bir şok karşısında birbirinden hiçbir zaman etkilenmediğini varsayılması gerçekçi olmayacaktır. Etkin tahmin sonuçlarının elde edilebilmesi için yatay kesit bağımlılığını dikkate alan birim kök testlerinin uygulanması önemlidir (Nazlıoğlu, 2010: 104). Bu çalışmada ikinci kuşak panel birim kök testlerinden CADF ve CIPS testleri kullanılmıştır.

Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF testi, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci kuşak panel birim kök testleridir. ADF regresyonunun gecikmeli yatay kesit ortalamaları ile genişletilmiş şekli olan CADF testi, zaman boyutunun kesit sayısından (T>N) fazla olduğu durumda kullanılabilir. Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF testi (2) numaralı denklemde gösterilmektedir:

$$\Delta Y_{it} = a_i + \beta_i Y_{i,t-1} + c_i \bar{Y}_{t-1} + d_i \Delta \bar{Y}_t + \varepsilon_{it} \quad (2) \quad i=1,2,\dots,t$$

CADF testi için kurulan sıfır hipotezi serilerin durağan olmadığını ifade etmektedir. Bu testin alternatif hipotezi ise, serilerin durağan olduğunu göstermektedir. Paneli oluşturan her birim için p-istatistik değeri bulunarak bu istatistik değerleri Pesaran (2007) ile karşılaştırılır. CADF test istatistik değerinin Pesaran'ın kritik değerlerinden küçük olduğu durumda sıfır hipotezi kabul edilmekte ve serinin birim kök içerdiği ifade edilmektedir.

Tüm serilerin durağanlığını hesaplayan ikinci kuşak birim kök testi olan CIPS testi için test istatistiği (3) numaralı denklemde gösterilmektedir:

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (3)$$

CIPS testinde paneli oluşturan tüm yatay kesit birimlerinde sıfır hipotezi birim kökün olduğunu ifade etmektedir. Bu testin alternatif hipotezi ise paneli oluşturan tüm birimlerin durağan olduğunu göstermektedir. CIPS istatistik değeri Pesaran (2007) kritik tablo değerleriyle karşılaştırılır. Eğer kritik

tablo değerleri CIPS test istatistiği değerlerinden büyükse boş hipotez reddedilmekte ve panel serilerinin bütün olarak durağan olduğu kabul edilmektedir.

3.2.2. Panel Veri Yatay Kesit Bağımsızlık Testleri

Panel veri yönteminde yatay kesit bağımlılığını analiz eden yöntemler arasında; Pesaran (2004) CD_{LM} testi, Breusch-Pagan (1980) CD_{LM1} testi, Pesaran (2004) CD_{LM2} testi ve Pesaran-Yamagata (2008) tarafından geliştirilen testler vardır.

Breusch-Pagan (1980) tarafından geliştirilen CD_{LM1} testi (4) numaralı denklemde şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$CD_{LM1} = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (4)$$

Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD_{LM2} testi (5) numaralı denklemde şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$CD_{LM2} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \left[\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N T \hat{\rho}_{ij} \right] \quad (5)$$

Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD_{LM} testi (6) numaralı denklemde şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left[\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right] \quad (6)$$

Pesaran-Yamagata (2008) tarafından geliştirilen CD_{LM1adj} testi (7) numaralı denklemde şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$CD_{LM1adj} = \frac{1}{CD_{LM1}} \left[\frac{(T-k) \rho_{ij}^2 \mu T_{ij}}{\sqrt{v_{ij}^2}} \right] \quad (7)$$

CD_{LM1} ve CD_{LM2} testleri $T > N$ durumunda; CD_{LM} testi ise $T > N$ ve $N > T$ iken kullanılabilir. Bu testler için sıfır hipotezi yatay kesitler arasında ilişkinin olmadığını ifade etmektedir. Bu testin alternatif hipotezi ise yatay kesitler arasında ilişkinin olduğunu göstermektedir.

3.2.3. Panel Eşbütünleşme Testleri

Eşbütünleşme testi, seriler arasında uzun dönem denge ilişkisinin var olup olmadığının incelendiği bir süreci temsil etmektedir. Bu çalışmada, seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Westerlund ile araştırılmaktadır.

3.2.4. Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi

Westerlund (2007) tarafından geliştirilen Westerlund testinde eşbütünleşme ilişkisi, her bir birimin kendi hata düzeltmesine sahip olup olmamasına karar verilmesi ile araştırılmaktadır (Tatoğlu, 2012:239). Yatay kesit bağımlılığının olduğu ya da olmadığı durumlarda da kullanılabilen bu testte, eğer serilerde yatay kesit bağımlılığı varsa özçıkarma dağılımı kullanılmaktadır.

Westerlund (2007) hata düzeltme temelli iki tanesi panel istatistiği ve iki tanesi grup istatistiği olmak üzere 4 tane panel eşbütünleşme testi önermiştir.

Westerlund panel eşbütünleşme modeli (8) numaralı denklemde gösterilmektedir:

$$\Delta Y_{it} = \delta_i' d_t + \lambda_1' \Delta X_{it} + \gamma_i Y_{it-1} + \phi_i X_{it-1} + e_{it} \quad (8)$$

Burada dt deterministik öğeler vektörü, λ_i uzun dönem, γ_i ve φ_i kısa dönem parametreleridir.

Tüm panele ait bilgileri veren Pa ve Pt istatistiklerinin sıfır hipotezi tüm yatay kesit birimleri için eşbütünleşmenin olmadığını ifade etmektedir. Alternatif hipotez ise tüm yatay kesit birimleri için eşbütünleşmenin varlığını göstermektedir.

P_a ve P_t istatistikleri (9) ve (10) numaralı denklemlerde gösterilmektedir:

$$P_a = \left(\sum_{i=1}^N L_{i11} \right)^{-1} \sum_{i=1}^N L_{i12} \quad (9)$$

$$P_t = \hat{\sigma}^{-1} \left(\sum_{i=1}^N L_{i11} \right)^{-1/2} \sum_{i=1}^N L_{i12}$$

(10)

Grup ortalama istatistikleri olan G_a ve G_t istatistiklerinin sıfır hipotezi, tüm yatay kesit birimleri için eşbütünleşmenin olmadığını ifade etmektedir. Alternatif hipotez ise, bazı birimlerde eşbütünleşme yokken bazılarında vardır şeklinde kurulmaktadır.

G_a ve G_t istatistikleri (11) ve (12) numaralı denklemlerde gösterilmektedir:

$$G_a = \sum_{i=1}^N L_{i11}^2 L_{i12} \quad (11)$$

$$G_t = \sum_{i=1}^N \hat{\sigma}_i^{-1} L_{i11}^{-1/2} L_{i12} \quad (12)$$

3.2.5. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi

Nedensellik analizi, iki değişken arasındaki nedensel bir ilişkinin varlığını ve yönünü test etmek için kullanılır. Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi $T > N$ ve $N > T$ iken, yatay kesit bağımlılığının olduğu ve olmadığı durumlarda dengeli ve heterojen paneller için kullanılmaktadır.

Bu testte nedensellik ilişkisi için HNC asimptotik ($T > N$ iken) ve HNC semi-asimptotik ($N > T$ iken) dağılımı kullanılmaktadır.

HNC'nin aşağıda H_0 hipotezi olarak gösterilen sıfır hipotezi ve H_1 olarak gösterilen alternatif hipotezi (13) ve (14) numaralı denklemlerde gösterilmektedir:

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad \forall_i = 1, \dots, N \quad (13)$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \quad \forall_i = 1, \dots, N \quad (14)$$

$$\beta_i = 0 \quad \forall_i = N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, N$$

Ortalama istatistik $W_{N,T}^{HNC}$, $Z_{N,T}^{HNC}$ ve Z_N^{HNC} şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$W_{N,T}^{HNC} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_{i,T} \quad (15)$$

$$Z_{N,T}^{HNC} = \sqrt{\frac{N}{2K}} (W_{N,T}^{HNC} - K) \quad T, N \rightarrow \infty \quad N(0,1) \quad (16)$$

$$Z_N^{HNC} = \frac{\sqrt{N} \left[W_{N,T}^{HNC} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E(W_{i,T}) \right]}{\sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N Var(W_{i,T})}} \quad N \rightarrow \infty \quad N(0,1) \quad (17)$$

3.3.Araştırmanın Bulguları

Çalışmada G7 ülkeleri için kurulan modelde yatay kesit bağımlılığı testleri, ikinci kuşak birim kök testleri, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki ve nedensellik ilişkisinin tespitine yönelik testler uygulanmıştır.

3.3.1.Panel Birim Kök Test Sonuçları

Panel veri setinde yatay kesit bağımlılığı varsa, 2. kuşak panel birim kök testlerinin uygulanması daha uygundur. Çalışmada G7 ülkeleri için kullanılan CO₂ emisyonu, GSYH ve enerji tüketimi serilerinde yatay kesit bağımlılığının olup olmadığı CD_{LM} testleri ile analiz edilmiştir.

G7 ülkelerinde CO₂ emisyonu, GDP ve EC değişkenlerine ait yatay kesit bağımlılığını test etmek için yapılan CDLM testi sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Değişkenler İçin Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

	t-istatistiği		
	CO ₂	GDP	EC
CD_{LM1}	58.325 (0.000)	144.981 (0.000)	41.081 (0.005)
CD_{LM2}	5.759 (0.000)	19.131 (0.000)	3.099 (0.001)
CD_{LM}	-3.786 (0.000)	-3.570 (0.000)	-3.142 (0.001)
Uyarlanmış CD_{LM1}	2.446 (0.007)	7.900 (0.000)	7.169 (0.000)

Not: Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Tablo 3'te CD_{LM1}, CD_{LM2}, CD_{LM} ve uyarlanmış CD_{LM1} sonuçlarına göre, modelde yer alan CO₂ emisyonu, GSYH ve elektrik tüketimi serileri için yatay kesit bağımsızlığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilir. Dolayısıyla G7 ülkesi için CO₂ emisyonu, GSYH ve elektrik tüketimi serilerinde yatay kesit bağımlılığı bulunmaktadır.

Tablo 4'de G7 ülkeleri CO₂ emisyonu serisi için CADF birim kök testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4: CO₂ Değişkeni İçin CADF Testi Sonuçları

Ülkeler	CADF	Kritik Değerler		
		%1	%5	%10
Kanada	-2.44	-4.09	-3.34	-2.95
Fransa	-2.41	-4.09	-3.34	-2.95
Almanya	-0.796	-4.09	-3.34	-2.95
İtalya	-2.54	-4.09	-3.34	-2.95
Japonya	-0.119	-4.09	-3.34	-2.95
İngiltere	0.295	-4.09	-3.34	-2.95
ABD	-2.61	-4.09	-3.34	-2.95
CIPS	-1.52	-2.55	-2.31	-2.19

(***), (**), (*) Sırasıyla %1 seviyesinde anlamlı, %5 seviyesinde anlamlı ve %10 seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Not: Kritik tablo değerleri Pesaran (2007) Case II Intercept Only'den alınmıştır.

Tablo 4'de gösterilen CADF birim kök testi sonuçlarına göre Kanada, Almanya, Japonya, ABD, İtalya, İngiltere ve Fransa'ya ait CO₂ emisyonu serileri birim kök içermektedir.

Panel verilerde serilerin durağanlıkları için uygulanan bir diğer ikinci kuşak birim kök testi CIPS testidir. \bar{CADF} testi olarak da bilinen CIPS testi için istatistik değeri ve kritik tablo değerleri aşağıda verilmiştir.

CIPS değeri Pesaran (2007) çalışmasının Tablo 2b'de (sabitli) yer alan kritik değerlerle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamsızdır. Dolayısıyla sıfır hipotezi reddedilemez ve tüm β_i katsayılarının birbirine ve 0'a eşit olduğu söylenebilir. Bu yüzden CO₂ emisyonu serisinin 1980-2010 yılları arasında çalışmaya konu olan G7 ülkelerinde durağan olmayan bir süreç içerisinde olduğu söylenebilir.

Tablo 5'te G7 ülkelerinde GSYH serisi için CADF birim kök testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 5'te gösterilen CADF birim kök testi sonuçlarına göre Kanada, Almanya, Japonya, ABD, İtalya, İngiltere ve Fransa'ya ait GSYH serileri birim kök içermektedir.

Tablo 51: GDP Değişkeni İçin CADF Testi Sonuçları

Ülkeler	CADF	Kritik Değerler		
		%1	%5	%10
Kanada	-0.461	-4.09	-3.34	-2.95
Fransa	-1.582	-4.09	-3.34	-2.95
Almanya	-0.762	-4.09	-3.34	-2.95
İtalya	-2.863	-4.09	-3.34	-2.95
Japonya	-2.105	-4.09	-3.34	-2.95
İngiltere	-2.191	-4.09	-3.34	-2.95
ABD	-0.151	-4.09	-3.34	-2.95
CIPS	-1.445	-2.55	-2.31	-2.19

(***), (**), (*) Sırasıyla %1 seviyesinde anlamlı, %5 seviyesinde anlamlı ve %10 seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Not: Kritik tablo değerleri Pesaran (2007) Case II Intercept Only'den alınmıştır.

CIPS testi sonucuna göre GSYH serisinin 1980-2010 yılları arasında çalışmaya konu olan G7 ülkelerinde durağan olmayan bir süreç içerisinde olduğu söylenebilir.

Tablo 6'da G7 ülkelerinde elektrik tüketimi serisi için CADF birim kök testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 6'da gösterilen CADF birim kök testi sonuçlarına göre Kanada, Almanya, Japonya, ABD, İtalya, İngiltere ve Fransa'ya ait elektrik tüketimi serileri birim kök içermektedir.

Tablo 6: EC Değişkeni İçin CADF Testi Sonuçları

Ülkeler	CADF	Kritik Değerler		
		%1	%5	%10
Kanada	-2.247	-4.09	-3.34	-2.95
Fransa	-2.725	-4.09	-3.34	-2.95
Almanya	-1.554	-4.09	-3.34	-2.95
İtalya	-2.513	-4.09	-3.34	-2.95
Japonya	-2.303	-4.09	-3.34	-2.95
İngiltere	-1.901	-4.09	-3.34	-2.95
ABD	-1.812	-4.09	-3.34	-2.95
CIPS	-2.151	-2.55	-2.31	-2.19

(***), (**), (*) Sırasıyla %1 seviyesinde anlamlı, %5 seviyesinde anlamlı ve %10 seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Not: Kritik tablo değerleri Pesaran (2007) Case II Intercept Only'den alınmıştır. "

CIPS testi sonuçlarına göre, elektrik tüketimi serisinin 1980-2010 yılları arasında çalışmaya konu olan G7 ülkelerinde durağan olmayan bir süreç içerisinde olduğu söylenebilir.

3.3.2. Panel Eşbütünlük Test Sonuçları

Çalışmada, değişkenlerin düzeyde durağan olmadıkları; değişkenlerin birinci farkları alındığında ise durağan oldukları anlaşılmıştır. Çalışmada, kullanılan değişkenler arasında eşbütünlük olup olmadığını sınamak için Westerlund panel eşbütünlük testi uygulanmıştır.

Tablo 7'ye göre, paneli oluşturan yatay kesit birimleri arasında eşbütünlük ilişki yoktur sıfır hipotezi kabul edilir. Buna göre, paneli oluşturan bütün yatay kesit birimleri arasında eşbütünlük ilişkiden bahsedilemez.

G7 ülkeleri için Westerlund panel eşbütünlük testi sonuçları Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7: Westerlund Panel Eşbütünlük Test Sonuçları

Test	t-istatistik değeri	Olasılık değeri ^a
G_{τ}	-1.702	0.843
G_{α}	3.555	0.992
P_{τ}	0.805	0.813
P_{α}	2.576	0.953

Not: Tüm testler sabitli olarak uygulanmıştır.

a- Olasılık değeri bootstrap yöntemine göre yapılan testi ifade etmektedir. Çalışmada 10.000 bootstrap tekrarlama kullanılmıştır.

Panel eşbütünlük testi yapıldıktan sonra panel nedensellik testi yapılmıştır.

3.3.3. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Test Sonuçları

Bu çalışmada durağan hale getirilmiş serilere Dumitrescu-Hurlin (2012) panel nedensellik testi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8: Dumitrescu-Hurlin Granger Nedensellik Test Sonuçları

Nedensellik Yönü	W^{HNC}	Z_{NT}^{HNC}	Z_N^{HNC}
$CO_2 \rightarrow GDP$	0.000 (8.175)	0.0001*** (3.905)	0.018 (2.486)
$GDP \rightarrow CO_2$	0.000 (8.293)	0.000*** (4.015)	0.014 (2.566)
$CO_2 \rightarrow EC$	0.000 (4.671)	0.327 (0.627)	0.397 (0.094)
$EC \rightarrow CO_2$	0.000 (6.515)	0.025** (2.353)	0.159 (1.353)
$GDP \rightarrow EC$	0.0000 (6.913)	0.009*** (2.725)	0.097 (1.679)
$EC \rightarrow GDP$	0.000 (5.943)	0.076* (1.818)	0.240 (1.004)

Maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak alınmış ve optimal gecikme uzunluğu Schwarz bilgi kriterine göre belirlenmiştir. (***) , (**), (*) sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlam seviyesini göstermektedir. Parantez içindeki değerler t-istatistik değerini göstermektedir.

G7 ülkelerinde modeli oluşturan değişkenler arasında nedensellik ilişkisi Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi ile analiz edilmiştir. $N \rightarrow \infty$, T sabit iken kullanılabilen bu test, $T > N$ ve $N > T$ iken de kullanılabilir. Dumitrescu-Hurlin (2012) tarafından geliştirilen bu testte asimptotik ve semi-

asimptotik olmak üzere iki dağılım vardır. $T > N$ olduğunda asimptotik dağılıma sahip $Z_{N,T}^{HNC}$ test istatistiğinin dikkate alınması gerekir (Göçer, 2013: 230). Bu teste göre, G7 ülkelerinde CO_2

emisyonu ile GSYH ve GSYH ile elektrik tüketimi arasında çift yönlü, elektrik tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Çalışmada kısa dönemde GSYH'den CO₂ emisyonuna doğru nedensellik ilişkisinin tespit edilmesi çalışmaya konu olan G7 ülkelerinde ilgili dönemde ekonominin gelişmesine yönelik yapılan üretim ve tüketim faaliyetlerinden kaynaklanan çevre kirliliğini artırdığını ortaya koymaktadır. Ekonomik faaliyetlerden kaynaklanan çevre kirliliği piyasada satılan ürünlerin çevre dostu teknolojilerle üretilmesine, sektörlerin verimliliğinde artışların yaşanmasına ve artan gelirle birlikte çevreye duyarlılığın artmasına bağlı olarak azaltılabilir. Diğer taraftan, G7 ülkelerinde GSYH ve elektrik tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Gelişmeye bağlı olarak artan ekonomik büyüme, elektrik enerjisi talebini artırmaktadır. Bununla birlikte enerji talebindeki artış daha fazla ekonomik büyümeye bağlıdır.

Çalışmada ekonomik büyümeden elektrik tüketimine doğru nedenselliğin varlığı, enerjinin insanların yaşamlarını sürdürmelerinde ve sanayi üretimi gibi ekonomik faaliyetlerin yürütülmesinde gerekli ve önemli bir faktör olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, ekonomik büyümeye bağlı olarak artan enerji talebi elektrik enerjisi tüketimini de artırmaktadır. Bununla birlikte, elektrik tüketiminin ekonomik büyümeyi olumlu etkilediği sonucu pek çok ekonomik faaliyetin elektrik tüketimi sonucunda gerçekleşmesine bağlanmaktadır. Enerji üretiminin artırılması ekonomik büyümenin sağlanması ile mümkündür.

Son olarak G7 ülkelerinde elektrik tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Gelişmiş ülkelerin küresel çevre kirliliğindeki payının yüksek olması yoğun şekilde sanayileşme faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda gelişmekte olan ülkelerin kalkınmaları da sanayileşme faaliyetlerine dayanmaktadır. Sanayileşmenin önemli bir girdisi olan elektrik tüketimi ise beraberinde CO₂ emisyonunu artırmaktadır.

SONUÇ

1970'li yıllara kadar ekonomik kalkınma kişi başına gelirin artması ve refah seviyesinin yükseltilmesi olarak tanımlanmıştır. Sanayi Devrimi ile başlayan hızlı sanayileşme sürecinde ülkeler, doğal kaynakları tüketerek gelir ve refah düzeylerini artırırken yerel ve küresel ölçekte çevre sorunlarıyla karşı karşıya kalmışlardır. Çevre sorunlarına dikkat çekilmesinde Birleşmiş Milletler'in ve Dünya Bankası gibi kuruluşların önemli faaliyetleri olmuştur. Bu faaliyetler kapsamında düzenlenen toplantılarda ön plana çıkan sürdürülebilir kalkınma kavramı, günümüzde çevre politikaları ile kalkınma stratejilerini birleştirerek birçok ülkenin ekonomi politikalarına çevre politikalarını da dâhil etmelerini gerektirmiştir.

İş yapabilme yeteneği veya gücü olarak tanımlanan enerji, ekonominin her sektöründe üretim ve tüketim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde gerekli bir girdidir. Başta sanayi olmak üzere ticaret ve ulaşım gibi sektörlerde, ısı ve elektrik üretiminde ve konutlarda yaygın kullanımı ile dünya enerji ihtiyacının büyük bir bölümü fosil enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Fosil enerji kaynaklarından enerji üretimi ve tüketimi esnasında önemli miktarda ortaya çıkan CO₂ emisyonu salınımı canlı sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu durum ülkeleri alternatif bir enerji türü olan yenilenebilir enerji kaynaklarını araştırmaya yönlendirmiştir.

Bu çalışmada, G7 ülkelerinde 1980-2010 dönemi için CO₂ emisyonunun bağımlı, GSYH ve elektrik tüketiminin açıklayıcı değişken olduğu model panel veri yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. İlk olarak çalışmada kullanılan değişkenlerin durağanlıklarını sınamak için panel birim kök testleri yapılarak, bu serilerin durağan olup olmadığına bakılmıştır. Son olarak, değişkenler arasında uzun dönemli ilişki ve nedensellik ilişkisinin olup olmadığını tespit edebilmek için panel eşbütünleşme ve Dumitrescu-Hurlin nedensellik testleri uygulanmıştır.

G7 ülkeleri 1980-2010 yılları arasında modelde kullanılan verilere ait serilerde yatay kesit bağımlılığı sorununun olup olmadığını tespit etmek için CD_{LM} yatay kesit bağımlılığı testleri yapılmıştır. Test sonuçları, değişkenlerde yatay kesit bağımlılığı sorununun olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı 2. kuşak panel birim kök testlerinden CADF ve CIPS testleri kullanılarak serilerin durağanlıkları test

edilmiştir. G7 ülkelerinde modelde kullanılan serilerin durağanlığını veren CIPS testi sonuçlarına göre seriler seviye düzeylerinde durağan değildir ve birim kök içermektedirler. Birinci farkları alınan serilerin durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Paneli oluşturan her bir yatay kesit birimi için durağanlık testi yapan CADF testi sonuçlarına göre ise birimlere ait serilerin durağan olmayan bir süreç içerisinde oldukları tespit edilmiştir.

G7 ülkelerinde paneli oluşturan değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı Westerlund eşbütünleşme testi ile analiz edilmiştir. Bu testin sonuçlarına göre G7 ülkelerinde değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunamamıştır.

G7 ülkelerinde modeli oluşturan değişkenler arasında nedensellik ilişkisi Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Bu testin sonuçlarına göre G7 ülkelerinde CO₂ emisyonu ile GSYH ve GSYH ile elektrik tüketimi arasında çift yönlü, elektrik tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Günlük yaşamda çok yoğun bir şekilde kullanılan ve üretim ve tüketim gibi ekonomik faaliyetlerle yakın ilişkisi olan elektrik enerjisi ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişmelerinin sağlanmasında, ekonomik büyüme ve yaşam standartlarının yükseltilmesinde önemli bir role sahiptir. Ülkelerin elektrik kullanımını nüfus, sosyal ve ekonomik gelişme düzeyi, sanayileşme ve kentleşme seviyesi, teknolojik gelişmişlik gibi pek çok sosyo-ekonomik faktöre bağlı olarak şekillenmektedir. Çalışmada elektrik tüketiminden GSYH'ye doğru nedensellik ilişkisinin tespit edilmesi ekonominin enerjiye bağımlı olduğunu göstermektedir. Enerji tüketiminin büyük ölçüde ithalat ile karşılandığı ülkelerde enerjide dışa bağımlılığının azaltılması ve ekonomik büyümenin enerji tüketimine bağımlılığının azaltılması yönünde alternatif enerji politikalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Ekonomik büyümenin enerji tüketimine bağımlılığının azaltılmasında konut ve sanayi sektöründe enerji tasarrufuna gidilmesi ile enerjiyi daha az kullanan ve ekonomik büyümeyi aynı ölçüde etkileyen sektörlerin teşvik edilmesi gerekmektedir.

Elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki karşılıklı ilişki dolaylı olarak çevreyi de etkilemektedir. Ekonomik hayatın vazgeçilmez bir parçası olan enerji, üretim sürecine katılmakta ve ülkelerin milli hasılları arttıkça, enerji tüketimleri özellikle de elektrik enerjisi tüketimleri artmaktadır. Ekonomik büyümenin elektrik sektörüne bağlı olduğundan hareketle elektrik tüketimi önemli ölçüde fosil enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Bu kaynakların üretimi ve tüketiminden kaynaklanan önemli miktarda CO₂ emisyonu ise havaya karışarak çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir. Ekonomik kalkınmanın sağlanmasında çevrenin de dikkate alınması gerekliliğinden hareketle ortaya çıkan sürdürülebilir kalkınma anlayışı daha temiz enerji kaynaklarından olan yenilenebilir enerjiye yönelik politikaların değerlendirilmesi ile mümkün olabilecektir.

KAYNAKÇA

- Akova, İsmet (2008), *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Boopen, Seetanah and N. Harris (2012), "Energy Use, Emissions, Economic Growth and Trade: Evidence From Mauritius", ICTI 2012, ISSN: 16941225, p.1-29.
- Breusch, T. S. and A.R. Pagan (1980), "The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics", *Review of Economic Studies*, Blackwell Publishing, Vol. 47, No. 1, p.239-253.
- Dında, Soumyananda (2004), "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, Vol. 49, p. 431-455.
- Dumitrescu, Elena-Ivona and C. Hurlin (2012), "Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels", *Economic Modelling*, p.1-11.
- Göçer, İsmet (2013), "Ar-Ge Harcamalarının İleri teknoloji İhracatı, Dış Ticaret Dengesi ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri", *Maliye Dergisi*, Sayı:165, s. 215-240.
- Gross, Christian (2012), "Explaining The (non-) Causality Between Energy and Economic Growth in The U.S.A Multivariate Sectoral Analysis", *Energy Economics*, Vol. 34, p.489-499.

- Hamit-Haggar, Mahamat (2012), "Greenhouse Gas Emissions, Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis From Canadian Industrial Sector Perspective", *Energy Economics*, Vol. 34, p.358-364.
- Hatzigeorgiou, Emmanouil, H. Polatidis and D. Haralambopoulos (2011), "CO₂ Emissions, GDP and Energy Intensity: A Multivariate Cointegration and Causality Analysis for Greece, 1977-2007", *Applied Energy*, Vol. 88, p.1377-1385.
- Jalil, Abdul and M. Feridun (2011), "The Impact of Growth, Energy and Financial Development on The Environment in China: A Cointegration Analysis", *Energy Economics*, Vol. 33, p.284-291.
- Nazlıoğlu, Şaban (2010), Makro İktisat Politikalarının Tarım Sektörü Üzerindeki Etkisi: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Bir Karşılaştırma, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Nasir, Muhammad and F. U. Rehman (2011), "Environmental Kuznets Curve For Carbon Emissions in Pakistan: An Empirical Investigation", *Energy Policy*, Vol. 39, p.1857-1864.
- Niu, Shuwen, Y. Ding, Y. Niu, Y. Li and G. Luo (2011), "Economic Growth, Energy Conservation and Emissions Reduction. A Comparative Analysis Based On Panel Data For 8 Asian-Pacific Countries", *Energy Policy*, Vol. 39, p.2121-2131.
- Pesaran, M. Hashem (2004), "General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels", *Working Paper*, No. 0435.
- Pesaran, M. Hashem (2007), "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence", *Journal of Applied Econometrics*, Vol.22, No.2, p.265-312.
- Pesaran, M. Hashem, A. Ullah and T. Yamagata (2008), "A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence", *Econometrics Journal*, Vol. 11, p. 105-127.
- Shahbaz, Muhammad, H. H. Lean and M. S. Shabbir (2012), "Environmental Kuznets Curve Hypothesis in Pakistan: Cointegration and Granger Causality", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, p. 2947-2953.
- Shahbaz, Muhammad, M. Mutascu and P. Azim (2013), "Environmental Kuznets Curve in Romania and the Role of Energy Consumption", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 18, p. 165-173.
- Stern, David I. (2003), "Environmental Kuznets Curve", Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY 12180, Erişim Tarihi: 23.07.2013, <http://www.ecoeco.org/pdf/stern.pdf>.
- Stern, David I. (2004), "Environmental Kuznets Curve", *Encyclopedia of Energy*, Vol. 2, pp. 517-525.
- Tarı, Recep (2006), *Ekonometri*, Avcı Ofset, İstanbul.
- Tatoğlu, Ferda Yerdelen (2012), *İleri Panel Veri Analizi*, Beta Basım, İstanbul.
- Tiwari, Aviral (2011), "[Primary Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth: Evidence from India](#)", *South East European Journal of Economics and Business*, Vol. 6, No. 2, p.99-117.
- Wang, S.S., D.Q. Zhou, P. Zhou and Q.W. Wang (2011), "CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis", *Energy Policy*, Vol. 39, p.4870-4875.
- Westerlund, Joakim (2007), "Testing for Error Correction in Panel Data", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 69, p.709-748.
- World Bank Data, www.worldbank.org.

- Yandle, Bruce, Maya Vijayaraghavan and Madhusudan Bhattarai (2002), "The Environmental Kuznets Curve", *PERC Research Study 02-1*, p.1-24.
- Yıldırım, Uğur (2004), "Çevre Sorunlarına Ekonomik Yaklaşımlar", *Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar- Ekolojik, Politik ve Yönetimsel Perspektifler*, Editörler: Mehmet C. Marin ve Uğur Yıldırım, Beta Basım, İstanbul.
- Yılmaz, Mine (2013), "Dış Ticaret ve Çevre İlişkisi: Kirlilik Yaratan Sektörler Ticaretinde Türkiye'nin Rekabet Gücü ve Yapısal Sorunlar", *2000'li Yıllarda Türkiye Ekonomisi. Yapısal Dönüşümler, Ana Sorunlar ve Çözüme Dönük Politika Önerileri*, Editör: Prof. Dr. Hayriye Atik, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Zhang, X.P. and X.M. Cheng (2009), "Energy Consumption, Carbon Emissions, and Economic Growth in China", *Ecological Economics*, Vol. 68, p.2706-2712.
- Zilio, Mariana and M. Recalde (2011), "GDP and Environment Pressure: The Role of Energy in Latin America and The Caribbean", *Energy Policy*, Vol. 39, p.7941-7949.