

---

## CO<sub>2</sub> EMİSYONU- ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ NEDENSELLİK İLİŞKİSİ: G7 ÜLKELERİ ÜZERİNE EKONOMETRİK BİR ANALİZ

---

Canan SANCAR ÖZKÖK<sup>1</sup>

Melike ATAY POLAT<sup>2</sup>

### Öz

Günümüzde çevre kirliliğinin artan boyutlara ulaşması ve küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin hafifletilmesi yönündeki çabalar CO<sub>2</sub> salınımına neden olan enerji kaynaklarının kullanımı sorununu gündeme getirmiştir. Ekonomik büyüme ve daha ileriki bir aşama olan ekonomik kalkınma enerji kaynaklarının kullanımını hızlandırır. Bu süreç enerji rezervlerinin tükenmesi yanında CO<sub>2</sub> emisyonu düzeyinde de artışa neden olur. Bu nedenle de CO<sub>2</sub> emisyonunun azalması, enerji tasarrufu sağlanması ve ekonomik performansın ayarlanması açısından bu üç değişkenin optimal düzeyinin birlikte formüle edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, G7 ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında ilişki olup olmadığını araştırılmıştır. Bu amaçla, G7 ülkelerinin 1980-2011 dönemi verileri kullanılarak panel birim kök, panel eş bütünleşme ve panel nedensellik testleri kullanılmıştır. Birim kök testi sonuçlarına göre düzeyde durağan olmayan değişkenler uzun dönemde eş bütünleşiktir. Çalışmanın panel nedensellik testi sonuçları, G7 ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonu ile GSYH ve enerji tüketimi ile GSYH arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermiştir. Bu çalışmanın sonuçları politika yapıcılar için G7 ülkelerinde enerji verimliliğindeki artışın teknolojik açıdan önceliklendirilmesini ve çevre dostu politikalarda ortak hareket planları uygulamalarını öncelikli kılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** CO<sub>2</sub> Emisyonu, Enerji Tüketimi, Ekonomik büyüme, Panel Veri Analizi

**JEL Sınıflandırması:** C50; E0; O44

---

## THE CAUSALITY RELATIONSHIP BETWEEN CO<sub>2</sub> EMISSION-ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH: AN ECONOMETRICAL ANALYSIS ON G7 COUNTRIES

---

### Abstract

Today, efforts for alleviating the side effects of global warming and the fact that the environmental pollution is increasing bring about the use of energy sources that cause CO<sub>2</sub> emission. Economic growth and economic development that take place in the preceding stages increase the use of energy sources. This process leads to the drain of country's energy reserves while it also leads to an increase in the levels of CO<sub>2</sub>. For this reason, variables should be formulated at an optimal level from the perspective of reducing CO<sub>2</sub> emissions, saving energy, and adjusting economic performance. In this study, it was studied whether there is a relationship among CO<sub>2</sub> emission, energy consumption, and economic growth in G7 countries. For this end, panel unit root tests, panel co-integration tests, and panel causality tests were performed by using the data of G7 countries between 1980 and 2011. According to the unit root test results, the variables that are not stationary at level are co-integrated in the long term. The panel causality test result of the study showed that there is a bilateral causality relationship between CO<sub>2</sub> emission and GDP as well as between GDP and energy consumption. For the policy makers, the results of this study prioritises the fact that energy efficiency increases from a technological perspective in G7 countries and that they can make environmental-friendly plans.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> Emission, Energy Consumption, Economic Growth, Panel Data Analysis

**JEL Classification:** C50; E0; O44

---

<sup>1</sup> Gümüşhane Üniversitesi, Kelkit Aydın Doğan MYO, email: canansancar@gumushane.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4578-9573

<sup>2</sup> Şırnak Üniversitesi, İİBF, matay@sirnak.edu.tr, ORCID:0000-0001-9507-5942

## 1. Giriş

Küreselleşme ve beraberinde getirdiği ekonomik faaliyetlerle birlikte gerek sanayileşmiş gerekse de sanayileşmekte olan ülkelerde, hızlı ve kontrolsüz bir biçimde yaşanan ekonomik büyüme çevresel etkilerini de beraberinde getirmiştir. Sanayileşme, toplumların ekonomik, sosyal ve kültürel yaşamlarında köklü değişikliklere neden olmakla birlikte, 20. Yüzyıldan itibaren farkedilir bir biçimde doğal çevrenin hızla değişmesine ve kirlenmesine neden olmuştur. Çünkü sanayileşme planlı olmamış salt sanayileşme hedef alınmış, çevre faktörü göz ardı edilmiştir (Guha, 2000: 10). Sanayi devriminden bu yana öncelikle gelişmiş ülkelerin daha sonra da sanayileşme süreci hızla artan gelişmekte olan ülkelerin yarattığı sera gazı emisyonu ve ormansızlaşma hareketleri, günümüzde küresel ısınmanın tehlikeli boyutlara ulaşmasına neden olmuştur (Çınar vd., 2012: 213). Dünya ülkelerinin kalkınma süreçleri ve paralelinde gelişen çevre sorunlarının gün geçtikçe daha da belirginleşmesi bu sorunların bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasını gerekli kılmıştır. Önceleri ulusal düzeyde değerlendirilen çevre sorunları 1970'li yıllardan itibaren uluslararası düzeye taşınmaya başlamış ve çevre, sürdürülebilir kalkınmanın bir ayağı olarak kabul edilmiştir. 1972 yılında "Büyümenin Sınırları (Limits to Growth) Raporu" nun yayımlanması ve Stockholm'de gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı bu alanda atılan ilk küresel adımlardır. Sürdürülebilir kalkınma kavramının ilk resmî tanımının yapıldığı Brundtland Raporu'nun ardından 1992'de gerçekleşen Rio Konferansı'nda çevre ve kalkınmaya yönelik stratejiler detaylıca incelenmiş, 21. yüzyılın gündemi (Gündem 21) belirlenmiştir. Kyoto Protokolü ile birlikte küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadelenin çerçevesi tespit edilmiştir. 2000 yılında gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Binyıl Zirvesi'nde "Binyılın Kalkınma Hedefleri" belirlenmiştir. 2002 yılına gelindiğinde Rio Konferansı kararlarının uygulanmasında daha etkili sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin oluşturulması hedefiyle Johannesburg'ta "Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi" gerçekleştirilmiştir (Aksu,2011: 11).

Küresel ısınma, dünya çapında Sera Gazı (Greenhouse Gas) emisyonu ve özellikle de CO<sub>2</sub> emisyonuna bağlı olsa da, sonuçları ülkelerin kendi sosyal ve doğal özelliklerine göre farklılıklar göstermektedir (Tiwari, 2011: 86). Ancak, geçmişten bugüne sera gazı emisyonları gelişmiş ülkelerde daha fazla olmuştur. Buna karşılık dünya nüfusunun %85'ini oluşturan gelişmekte olan ülkeler, sera gazı salınımlarının yaklaşık yarısını yaratmaktadır. Avrupa Komisyonu Küresel CO<sub>2</sub> Emisyonu Raporuna (2016) göre, küresel toplamda CO<sub>2</sub> emisyonu açısından en büyük altı ülke/bölgeden; Çin (%29 pay ile) birinci sırada yer alırken, bu ülkeyi Amerika Birleşik Devletleri (%14), Avrupa Birliği (AB-28- % 10), Hindistan (% 7), Rusya Federasyonu (% 5) ve Japonya (% 3.5) takip etmektedir. En çok beş emisyon ülkesi ve Avrupa Birliği toplam küresel emisyonun üçte ikisini oluşturmaktadır (EC, 2017, s. 5). Bu kapsamda küresel ısınma ve iklim değişikliğinin çevre üzerindeki tehdidinin gittikçe artması ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve çevre kirliliği ilişkisi üzerinde dikkatleri toplamıştır. Ampirik literatüre bakıldığında, CO<sub>2</sub> emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini ülke veya ülke grupları açısından araştıran bazı çalışmalar olmasına rağmen (Apergis and Payne ,2009, Lean and Smyth 2010, Pao ve Tsai 2010, Niu vd., 2011, Hossain, 2011, Menegaki, 2011), G7 ülkeleri için bu üç değişken arasındaki nedensellik ilişkisinin yeterince test edilmemiş olması, bu çalışmanın literatüre sağlayacağı katkının bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Çalışmanın amacı, 1980-2011 dönemine ait yıllık verileri kullanarak, G7 ülkeleri için CO<sub>2</sub> emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme değişkenleri arasında karşılıklı bir ilişkinin olup olmadığını analiz etmektir. Çalışmada, çok ülkeli modellerde değişkenler arasındaki ilişkinin varlığını ve yönünü test etmek için literatürde sıkça kullanılan panel veri analizi kullanılmıştır. Çalışmanın kısıtı, araştırmanın sadece G7 ülkelerini kapsıyor olması ve dolayısıyla sonuçların bütün gelişmiş ülkeler için genellenemez oluşudur. Çalışmanın giriş bölümünden sonra gelen ikinci bölümünde literatürde CO<sub>2</sub> emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini araştıran çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan ekonometrik yöntem, dördüncü bölümde ampirik bulgulara, beşinci bölümde çalışmanın ampirik bulguların genel bir değerlendirmesine ve politika önerilerine yer verilmiştir.

## 2. Literatür Özeti

Uluslararası literatürde enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO<sub>2</sub> emisyonu değişkenleri ile ilgili çalışmalara ilişkin ampirik literatür özeti Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1: Ampirik Literatür Özeti

Yazar/lar	Ülke	Dönem	Değişkenler	Yöntem	Sonuç
Apergis and Payne (2009)	6 Orta Amerika Ülkesi	1971-2004	CO <sub>2</sub> , enerji tüketimi ve GSYH	Pedroni Eşbütünleşme, Panel Regresyon Analizi, panel VECM	EC↔GSYH EC→CO <sub>2</sub> GSYH→CO <sub>2</sub>
Jalil and Mahmud (2009)	Çin	1975-2005	CO <sub>2</sub> , enerji, GSYH, ticaret	ARDL sınır testi, Zaman serisi Regresyon Analizi, VECM	GSYH→CO <sub>2</sub> Ters-U
Lean and Smyth (2010)	Güney Doğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN)	1980-2006	CO <sub>2</sub> emisyonu, elektrik tüketimi ve GSYH	Johansen Fisher Panel eşbütünleşme, panel VECM	EC→GSYH CO <sub>2</sub> →GSYH
Pao ve Tsai(2010)	BRIC Ülkeleri	1971-2005	CO <sub>2</sub> emisyonu, Reel GSYH, Enerji tüketimi	Panel veri, Panel nedensellik	EC↔ CO <sub>2</sub> EC↔GSYH
Alam, Begum, Buysse, Huylenbroeck (2011)	Hindistan	1971-2006	Enerji tüketimi, CO <sub>2</sub> emisyonu, Reel GSYH	Panel veri, Panel nedensellik	EC→CO <sub>2</sub>
Niu vd. (2011)	Asya-Pasifik ülkeleri (8Ülke)	1971-2005	Enerji tüketimi, GSYH ve CO <sub>2</sub>	Panel Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik testi	EC→CO <sub>2</sub>
Lotfalipour vd. (2010)	İran	1967-2007	CO <sub>2</sub> emisyonu, GSYH, Enerji (petrol ürünleri ve doğal gaz) tüketimi	Toda-Yamamoto Granger nedensellik	GSYH→CO <sub>2</sub> GSYH→EC
Hossain (2011)	Sanayileşme kte olan 9 Ülke	1971-2007	CO <sub>2</sub> Emisyonu, enerji tüketimi, ekonomik büyüme	Panel Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik testi	GSYH→CO <sub>2</sub> GSYH→EC
Menegaki (2011)	27 AB ülkesi	1997-2007	GSYH, enerji Tüketiminde YEK 'in payı, Enerji Tüketimi, CO <sub>2</sub> emisyonu ve istihdam oranı	Panel Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik testi	CO <sub>2</sub> ↔GSYH İST↔GSYH
Farhani and Rejeb (2012)	MENA Bölgesi	1973-2008	Enerji tüketimi, GSYH ve CO <sub>2</sub> emisyonu	Panel Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik testi	GSYH→ EC CO <sub>2</sub> → EC
Ergün ve Polat (2015)	OECD Ülkeleri	1980-2010	Kişi başına CO <sub>2</sub> Emisyonu Kişi başına GSYH ve Elektrik Tüketimi	Panel Birim Kök, Eşbütünleşme ve Panel VECM	GSYH↔EC GSYH→CO <sub>2</sub>

Akay, Abdieva, Oskonbaev (2015)	MENA Ülkeleri	1988-2010	Yenilenebilir Enerji Tüketimi, CO <sub>2</sub> Emisyonu, GSYH	Panel VAR, Panel Nedensellik	GSYH↔EC CO <sub>2</sub> → EC GSYH→CO <sub>2</sub>
---------------------------------	---------------	-----------	---	------------------------------	---

Tablo 1 yer alan ampirik literatür incelendiğinde, CO<sub>2</sub> emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme değişkenleri arasındaki ilişki açısından ülke örnekleri, ele alınan dönem ve kullanılan ekonometrik yöntemlere göre bu üç değişken arasındaki nedensellik ilişkisinin yönü ve derecesi açısından farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

### 3. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmada 1980-2011 dönemini kapsayan panel veri seti ile G7 ülkelerinde enerji, gelir ve kirlilik değişkenleri arasında karşılıklı bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için öncelikle veri setine ilişkin değişkenlerin, daha sonra ekonometrik yöntemin açıklaması açıklanmıştır.

#### 3.1. Veri Seti

G7 ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonu (çevre kalitesi göstergesi) ile ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ilişkisini analiz etmek için 1980-2011 dönemine ait yıllık verilerden oluşan seriler logaritması alınarak kullanılmıştır.

Çalışmada G7 ülkeleri için kullanılan model şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\ln CO_{2it} = \alpha_{it} + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln EC_{it} + \epsilon_{it}$$

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 enerji tüketiminin logaritmasını ve  $\ln GDP$ ; kişi başı reel GSYH'nın logaritmasını göstermektedir.

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	Dönem
CO <sub>2</sub> Emisyonu	CO <sub>2</sub>	Metrik Ton	Enerji Bilgi idaresi (EIA)	1980-2011
Gayri Safi Yurtiçi Hasıla	GDP	Dolar	Dünya Bankası(WB)	1980-2011
Enerji Tüketimi	EC	kWh	Dünya Bankası(WB)	1980-2011

#### 3.2. Yöntem

Bu çalışmada CO<sub>2</sub> emisyonu, enerji 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 Error-Correction panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Değişkenler arasında uzun dönem ilişkinin büyüklüğü ve yönünü belirlemek amacıyla panel DOLS tahmincisi kullanılmıştır. 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. Birim Kök Testi

Bir zaman serisinin istatistiksel analizi yapılmadan önce, kurulacak modelde kullanılacak olan serilerin zaman içerisinde durağan olup olmadığının araştırılması gerekmektedir. Durağanlığın sınanmasında kullanılan en yaygın yol birim kök testidir. Bu çalışmada ikinci kuşak panel birim kök testlerinden CADF ve CIPS testleri kullanılmıştır.

İkinci kuşak panel birim kök testleri yatay kesit bağımlılığını dikkate almaktadır (Tatoğlu, 2012: 223). Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF testi, ADF regresyonunun gecikmeli yatay kesit ortalamaları ile genişletilmiş halidir. CADF testi, zaman boyutunun kesit sayısından ( $T > N$ ) fazla olduğu durumda kullanılabilir. Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF testi (1.1) numaralı denklemde gösterilmektedir:

$$\Delta Y_{it} = a_i + \beta_i Y_{i,t-1} + c_i \bar{Y}_{t-1} + d_i \Delta \bar{Y}_t + \varepsilon_{it} \quad (1.1)$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

CADF testi için kurulan sıfır hipotezi serilerin durağan olmadığını; alternatif hipotez serilerin durağan olduğunu ifade etmektedir.

Tüm serilerin durağanlığını hesaplayan 2. kuşak birim kök testi ise CIPS testidir. CIPS testi için test istatistiği (1.2) numaralı denklemde gösterilmektedir:

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i \quad (1.2)$$

CIPS testinde paneli oluşturan tüm yatay kesit birimlerinde sıfır hipotezi birim kökün varlığını ortaya koyarken, alternatif hipotez ise paneli oluşturan tüm birimlerin durağan olduğunu göstermektedir.

### 3.2.2. Panel Veri Yatay Kesit Bağımsızlık Testleri

Panel veride yatay kesit bağımlılığının olduğu durumda ise 2. kuşak panel birim kök testlerinin kullanılması gerekir. Panel veri setlerinde yatay kesit bağımlılığını analiz etmek için kullanılan çeşitli yöntemler arasında; Breusch-Pagan (1980)  $CD_{LM1}$  testi, Pesaran (2004)  $CD_{LM2}$  testi, Pesaran (2004)  $CD_{LM}$  testi ve Pesaran-Yamagata (2008) tarafından geliştirilen testler vardır. Bu testlere ilişkin denklemler sırasıyla (1.3), (1.4), (1.5) ve (1.6) nolu denklemlerde yer almaktadır.

$$CD_{LM1} = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (1.3)$$

$$CD_{LM2} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \left[ \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N T \hat{\rho}_{ij} \right] \quad (1.4)$$

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left[ \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right] \quad (1.5)$$

$$CD_{LM1adj} = \frac{1}{CD_{LM1}} \left[ \frac{(T-k) \rho_{ij}^2 \mu T_{ij}}{\sqrt{v_{ij}^2}} \right] \quad (1.6)$$

CD<sub>LM1</sub> ve CD<sub>LM2</sub> testleri T>N durumunda; CD<sub>LM</sub> testi ise T>N ve N>T iken kullanılabilir. Bu testler için sıfır hipotezi yatay kesitler arasında ilişkinin olmadığını ifade ederken; alternatif hipotez ise yatay kesitler arasında ilişkinin olduğunu göstermektedir.

### 3.2.3. Eşbütünleşme Testi

Panel eşbütünleşme testleri yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve almayan olmak üzere iki türdür. Pedroni (1999), Kao (1999), Johansen-Fisher eşbütünleşme testleri yatay kesit bağımlılığını dikkate almazken; Westerlund Error Correction (2007) testi yatay kesit bağımlılığını dikkate almaktadır. Çalışmada yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Westerlund Error Correction (2007) testi kullanılmıştır.

Bu test yatay kesit bağımlılığının olduğu veya olmadığı durumlarda da kullanılabilir. Serilerde yatay kesit bağımlılığı varsa bootstrap dağılımı, serilerde yatay kesit bağımlılığı yoksa standart normal dağılımı kullanılmaktadır. Ayrıca, seriler I(1) seviyesinde ise bu testin kullanımı uygundur. Error correction panel eşbütünleşme modeli (1.7) numaralı denkleme gösterilmektedir:

$$\Delta Y_{it} = \delta_i' d_t + \lambda_1' \Delta X_{it} + \gamma_i Y_{it-1} + \phi_i X_{it-1} + e_{it} \quad (1.7)$$

Burada  $d_t$  deterministik ögeler vektörü,  $\lambda_1$  uzun dönem,  $\gamma_i$  ve  $\phi_i$  kısa dönem parametreleridir. Tüm panele ait bilgileri veren Pa ve Pt istatistiklerinin sıfır hipotezi tüm yatay kesit birimleri için eşbütünleşme yoktur ve alternatif hipotez ise tüm yatay kesit birimleri için eşbütünleşme vardır şeklinde kurulmaktadır.

### 3.2.4. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi

Nedensellik analizi, iki değişken arasındaki nedensel bir ilişkinin varlığını ve yönünü test etmek için kullanılır. Bu ilişki tek yönlü olabileceği gibi, çift yönlü bir nedensellik ilişkisi de ortaya çıkabilmektedir.

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.

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

$$W_{N,T}^{HNC} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_{i,T} \quad (1.8)$$

$$Z_{N,T}^{HNC} = \sqrt{\frac{N}{2K}} (W_{N,T}^{HNC} - K) \quad T, N \rightarrow \infty \quad N(0,1) \quad (1.9)$$

$$Z_N^{HNC} = \frac{\sqrt{N} \left[ W_{N,T}^{HNC} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E(W_{i,T}) \right]}{\sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N Var(W_{i,T})}} \quad N \rightarrow \infty \quad N(0,1) \quad (1.10)$$

#### 4. Ampirik Bulgular

##### 4.1. G7 Ülkelerinde 1980-2011 Yıllık Veriler İçin Panel Birim Kök Test Sonuçları

Ekonometrik analizlerde 1.kuşak panel birim kök testlerini kullanabilmek için serilerde yatay kesit bağımlılığının olmaması gerekmektedir. Panel veri setinde yatay kesit bağımlılığı varsa, 2. kuşak panel birim kök testlerinin uygulanması daha uygundur. Çalışmada G7 ülkeleri için kullanılan CO<sub>2</sub> emisyonu, GSYH ve enerji tüketimi serilerinde yatay kesit bağımlılığının olup olmadığı CD<sub>LM</sub> testleri ile analiz edilmiştir.

G7 ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonuna ait yatay kesit bağımlılığını test etmek için yapılan CDLM testi sonuçları Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3: G7 Ülkelerinde CO<sub>2</sub> Değişkeni İçin Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

	t-istatistiği	Olasılık değeri
CD <sub>LM1</sub>	181.944	0.000
CD <sub>LM2</sub>	24.834	0.000
CD <sub>LM</sub>	2.447	0.007
Uyarlanmış CD <sub>LM1</sub>	2.584	0.005

Tablo 3'de CD<sub>LM1</sub>, CD<sub>LM2</sub>, CD<sub>LM</sub> ve uyarlanmış CD<sub>LM1</sub> sonuçlarına göre boş hipotezi anlamlı olduğu için reddedilmekte ve alternatif hipotez kabul edilmektedir. Dolayısıyla G7 ülkesi için CO<sub>2</sub> emisyonu serisinde yatay kesit bağımlılığı bulunmaktadır. Bundan dolayı, G7 ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonu serisine 2. kuşak birim kök testlerinin uygulanması daha tutarlı sonuçların elde edilmesine olanak tanımaktadır.

Tablo 4'te G7 ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonu serisi için CADF birim kök testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4: G7 Ülkelerinde CO<sub>2</sub> Değişkeni İçin CADF Test ve Kritik Değerleri

G7 Ülkeleri	Kritik Değerler			
	CADF	%1	%5	%10
Kanada	-1.469	-4.09	-3.34	-2.95
Fransa	-3.301	-4.09	-3.34	-2.95
Almanya	-1.428	-4.09	-3.34	-2.95
İtalya	-0.637	-4.09	-3.34	-2.95
Japonya	-0.033	-4.09	-3.34	-2.95
İngiltere	0.000	-4.09	-3.34	-2.95
ABD	-0.162	-4.09	-3.34	-2.95

Not: (\*\*\*), (\*\*), (\*) Sırasıyla %1 seviyesinde anlamlı, %5 seviyesinde anlamlı ve %10 seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir. Not: Kritik tablo değerleri Peseran (2007) Case II Intercept Only'den alınmıştır.

Tablo 4'te gösterilen CADF birim kök testi sonuçlarına göre Kanada, Almanya, Japonya, ABD, İtalya, İngiltere ve Fransa'ya ait CO<sub>2</sub> emisyonu serileri birim kök içermektedir.

Panel verilerde serilerin durağanlıkları için uygulanan bir diğer 2. kuşak birim kök testi CIPS testidir.  $\overline{CADF}$  testi olarak da bilinen CIPS testi için istatistik değeri ve kritik tablo değerleri aşağıda verilmiştir.

Tüm ülkeler için; CIPS= -1.005

Kritik değerler; %1, %5 ve %10 seviyesinde sırasıyla -2.55, -2.31 ve -2.19'dur.

CIPS değeri Pesaran (2007) çalışmasının Tablo 2b’de (sabitli) yer alan kritik değerlerle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamsızdır. Dolayısıyla boş hipotezi reddedilemez ve tüm  $\beta_i$  katsayılarının birbirine ve 0’a eşit olduğu söylenebilir. Bu yüzden CO<sub>2</sub> emisyonu serisinin 1980-2011 yılları arasında çalışmaya konu olan G7 ülkelerinde durağan olmayan bir süreç içerisinde olduğu söylenebilir.

G7 ülkelerinde GDP değişkeni için yatay kesit bağımlılığını test etmek için yapılan CDLM testi sonuçları Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5: G7 Ülkelerinde GDP Değişkeni İçin Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

	t-istatistiği	Olasılık değeri
CD <sub>LM1</sub>	149.887	0.000
CD <sub>LM2</sub>	19.888	0.000
CD <sub>LM</sub>	3.545	0.000
Uyarlanmış CD <sub>LM1</sub>	7.105	0.000

Tablo 5’te CD<sub>LM1</sub>, CD<sub>LM2</sub>, CD<sub>LM</sub> ve Uyarlanmış CD<sub>LM1</sub> sonuçlarına göre p-değeri istatistiksel olarak anlamlı olduğu için boş hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla G7 ülkeleri için CO<sub>2</sub> emisyonu serisinde olduğu gibi GSYH serisinde de yatay kesit bağımlılığı bulunmaktadır.

Tablo 6’da G7 ülkelerinde GDP serisi için CADF birim kök testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 6: G7 Ülkelerinde GDP Değişkeni İçin CADF Test ve Kritik Değerleri

G7 Ülkeleri	CADF	Kritik Değerler		
		%1	%5	%10
Kanada	-0.418	-4.09	-3.34	-2.95
Fransa	-1.868	-4.09	-3.34	-2.95
Almanya	-0.785	-4.09	-3.34	-2.95
İtalya	-2.941	-4.09	-3.34	-2.95
Japonya	-2.049	-4.09	-3.34	-2.95
İngiltere	2.208	-4.09	-3.34	-2.95
ABD	-0.168	-4.09	-3.34	-2.95

Not: (\*\*\*) (\*\*), (\*) Sırasıyla %1 seviyesinde anlamlı, %5 seviyesinde anlamlı ve %10 seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir. Kritik tablo değerleri Pesaran (2007) Case II Intercept Only’den alınmıştır.

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

CIPS testi için istatistik değeri ve kritik tablo değerleri aşağıda verilmiştir.

Tüm ülkeler için; CIPS= -1.491

Kritik değerler; %1, %5 ve %10 seviyesinde sırasıyla -2.55, -2.31 ve -2.19’dur.

Test sonucuna göre GSYH serisinin 1980-2011 yılları arasında çalışmaya konu olan G7 ülkelerinde durağan olmayan bir süreç içerisinde olduğu söylenebilir. Son olarak enerji tüketimi için yatay kesit bağımlılığı testleri ve 2. kuşak panel birim kök testleri yapılmıştır. G7 ülkelerinde enerji tüketimi için yatay kesit bağımlılığı testi sonuçları Tablo 7 ve Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 7: G7 Ülkelerinde EC Değişkeni İçin Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

	t-istatistiği	Olasılık değeri
CD <sub>LM1</sub>	58.962	0.000
CD <sub>LM2</sub>	5.858	0.000
CD <sub>LM</sub>	-3.846	0.000
Uyarlanmış CD <sub>LM1</sub>	11.677	0.000



Tablo 7’de  $CD_{LM1}$ ,  $CD_{LM2}$ ,  $CD_{LM}$  ve Uyarlanmış  $CD_{LM1}$  sonuçlarına göre p-değeri istatistiksel olarak anlamlı olduğu için boş hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla G7 ülkeleri için enerji tüketimi serisinde yatay kesit bağımlılığı bulunmaktadır. Bu yüzden,  $CD_{LM}$  testleri için sıfır hipotezini reddedip alternatif hipotezi kabul edilir.

Tablo 8’de G7 ülkelerinde EC serisi için CADF birim kök testi sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 8: G7 Ülkelerinde EC Değişkeni İçin CADF Test ve Kritik Değerleri**

G7 Ülkeleri	CADF	Kritik Değerler		
		%1	%5	%10
Kanada	-3.349	-4.09	-3.34	-2.95
Fransa	-2.211	-4.09	-3.34	-2.95
Almanya	-2.831	-4.09	-3.34	-2.95
İtalya	-1.558	-4.09	-3.34	-2.95
Japonya	-2.412	-4.09	-3.34	-2.95
İngiltere	1.964	-4.09	-3.34	-2.95
ABD	-2.854	-4.09	-3.34	-2.95

Not:(\*\*\*), (\*\*), (\*) 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 8’de gösterilen CADF birim kök testi sonuçlarına göre Kanada, Almanya, Japonya, ABD, İtalya, İngiltere ve Fransa’ya ait enerji tüketimi serileri birim kök içermektedir.

CIPS testi için istatistik değeri ve kritik tablo değerleri aşağıda verilmiştir.

Tüm ülkeler için; CIPS= -1.893

Kritik değerler; %1, %5 ve %10 seviyesinde sırasıyla -2.55, -2.31 ve -2.19’dur.

Enerji tüketimi serisinin 1980-2011 yılları arasında çalışmaya konu olan G7 ülkelerinde durağan olmayan bir süreç içerisinde olduğu söylenebilir.

CO<sub>2</sub> emisyonunun bağımlı değişken olduğu, G7 ülkeleri için yatay kesit bağımlılığı sonuçları Tablo 9’da gösterilmiştir.

**Tablo 9: G7 Ülkelerinde Model İçin Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları**

	t-istatistiği	Olasılık değeri
$CD_{LM1}$	98.612	0.000
$CD_{LM2}$	11.976	0.000
$CD_{LM}$	6.533	0.000
Uyarlanmış $CD_{LM1}$	13.219	0.000

Tablo 9’da göre  $CD_{LM1}$ ,  $CD_{LM2}$ ,  $CD_{LM}$  ve Uyarlanmış  $CD_{LM1}$  testleri istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Dolayısıyla G7 ülkeleri için yatay kesit bağımlılığı olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilir.

#### 4.2. G7 Ülkelerinde 1980-2010 Yıllık Veriler İçin Panel Eşbütünleşme Test Sonuçları

Çalışmada, değişkenlerin düzeyde durağan olmadıkları; değişkenlerin birinci farkları alındığında ise durağan oldukları anlaşılmıştır. Düzeyde durağan olmayan değişkenler için eşbütünleşme testi yapılmıştır. Çalışmada, kullanılan değişkenler arasında eşbütünleşme olup olmadığını sinamak için Westerlund Error Correction (2007) panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır. G7 ülkeleri için Error-Correction panel eşbütünleşme testi sonuçları Tablo 10’da gösterilmiştir.

Tablo 10: G7 Ülkelerinde Error-Correction Panel Eşbütünleşme Test Sonuçları

Test	t-istatistik değeri	Olasılık değeri <sup>a</sup>
G <sub>t</sub>	-0.093	0.934
G <sub>a</sub>	2.381	0.989
P <sub>t</sub>	8.666	0.999
P <sub>a</sub>	2.782	0.989

Not: Tüm testler sabitli olarak uygulanmıştır. (a) Olasılık değeri bootstrap yöntemine göre yapılan testi ifade etmektedir. Çalışmada 10.000 bootstrap tekrarlama kullanılmıştır.

Tablo 10'da göre bootstrap dağılımına göre yapılan panel istatistiği ve grup istatistiği için yapılan dört test istatistiksel olarak anlamsızdır. Çalışmada G7 ülkeleri için yapılan CD<sub>LM</sub> testlerinde, G7 ülkelerinde yatay kesit bağımlılığı olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden bootstrap dağılımına göre yapılan testlerin sonuçlarının dikkate alınmıştır. Bootstrap dağılımına göre yapılan testler istatistiksel olarak anlamlı olmadığı için değişkenler arasında eşbütünleşme olmadığını belirten sıfır hipotezi kabul edilir.

Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunduktan sonra uzun dönem ilişkinin büyüklüğü ve yönünü belirlemek amacıyla panel DOLS tahmincisi kullanılabilir. Tablo 11'de uzun dönem katsayıların tahmininde panel DOLS tahmincisi sonuçlarına yer verilmektedir.

Tablo 11: G7 Ülkeleri İçin Panel DOLS Sonuçları

Değişken Adı	Bağımlı Değişken: lnCO <sub>2</sub>	
	Katsayı	t-istatistiği
lnGDP	-0.13	-1.47
lnEC	0.92*	8.82
Diagnostik İstatistikler	Gözlem Sayısı: 224 Ülke Sayısı: 7 R <sup>2</sup> : 0.50 F: 55.8026* D-W ist: 1.6885	

Not: (\*) işareti %1 Önem Düzeyine Göre Anlamlılığı Temsil Etmektedir.

Panel DOLS tahmincisine göre GDP değişkeninin katsayısının işareti beklendiğinin aksine negatif çıkmış ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Enerji tüketimi değişkeninin katsayısı pozitif işaretli ve % 1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Dolayısıyla, G7 ülkelerinde enerji tüketimindeki % 1'lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunu % 0.90 artırmaktadır.

Tablo 11'de diagnostik istatistikler modelin altında verilmiştir. Buna göre model için açıklama gücünü gösteren R<sup>2</sup> değeri 0.50'dir.

### 4.3. G7 Ülkelerinde Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Test Sonuçları

CO<sub>2</sub> emisyonu, GSYH ve enerji tüketimine ait seriler için birim kök testleri ve eşbütünleşme testleri yapıldıktan sonra Dumitrescu-Hurlin (2012) nedensellik testi yapılmıştır. Bu testte nedensellik ilişkisi için HNC asimptotik (T>N iken) ve HNC semi-asimptotik (N>T iken) dağılımı kullanılmaktadır.

Çalışmada, T>N olduğu için  $Z_{N,T}^{HNC}$  testinin dikkate alınmıştır. G7 ülkeleri için Dumitrescu-Hurlin Panel Granger nedensellik testi sonuçları Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12: G7 Ülkelerinde Dumitrescu-Hurlin Granger Nedensellik Test Sonuçları

Nedensellik Yönü	$W^{HNC}$	$Z_{NT}^{HNC}$	$Z_N^{HNC}$
CO <sub>2</sub> →GDP	0.000 (5.121)	0.000*** (4.129)	3.254 (0.002)
GDP→CO <sub>2</sub>	0.002 (3.241)	0.103* (1.642)	0.200 (1.173)
CO <sub>2</sub> →EC	0.022 (2.401)	0.347 (0.531)	0.387 (0.243)
EC→CO <sub>2</sub>	0.004 (2.966)	0.176 (1.278)	0.273 (0.868)
GDP→EC	0.000 (6.835)	0.000*** (6.397)	0.000 (5.151)
EC→GDP	0.000 (5.046)	0.000*** (4.029)	0.002 (3.171)

Not:Tüm değişkenler için 4 gecikme uzunluğu dikkate alınmıştır. (\*\*\*) , (\*\*), (\*) sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlam seviyesini göstermektedir. Parantez içindeki değerler t-istatistik değerini göstermektedir.

Dumitrescu-Hurlin nedensellik testi sonuçlarına göre, G7 ülkelerinde CO<sub>2</sub> emisyonu ile GSYH ve GSYH ile enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Enerji tüketimi ve GSYH arasındaki nedensellik ilişkileri, literatürde Pao ve Tsai (2010)'nın BRIC ülkeleri, Apergis ve Payne (2009)'nin 6 Orta Amerika ülkesi ve Lean ve Smyth (2010)'nun ASEAN ülkeleri, Jaunky (2011)'nin 36 ülke, Alam vd. (2012)'nin Bangladeş için yapmış olduğu panel veri analizi sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Gelişmeye bağlı olarak artan ekonomik büyüme, enerji talebini artırmaktadır. Bu sonuçlar, enerjinin insanların yaşamlarını sürdürmelerinde ve sanayi üretimi gibi ekonomik faaliyetlerin yürütülmesinde gerekli ve önemli bir faktör olmasından kaynaklanmaktadır.

GSYH'nin CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki nedensellik ilişkileri, Saboori vd. (2012)'nin Malezya ekonomisi için yaptığı zaman serisi analizi ve Lotfalipour vd. (2010) İran için ve Lean ve Smyth (2010)'nun ASEAN ülkeleri için yapmış olduğu panel veri analizi sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. GSYH ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin tespit edilmesi, çalışmaya konu olan G7 ülkelerinde ilgili dönemde ekonomik büyümenin yapılan üretim ve tüketim faaliyetlerinden kaynaklanan çevre kirliliğini artırdığını ortaya koymaktadır.

### 5.Sonuç

Bu çalışmada, 1988-2011 dönemine ait yıllık verileri kullanarak, G7 ülkeleri için enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO<sub>2</sub> emisyonu değişkenleri arasında karşılıklı bir ilişki olup olmadığını 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. CADF ve CIPS birim kök testi sonuçlarına göre Kanada, Almanya, Japonya, ABD, İtalya, İngiltere ve Fransa'ya ait CO<sub>2</sub> emisyonu, GSYH ve enerji tüketimi serileri farklı anlamlılık seviyelerinde birim kök içermektedir. Dolayısıyla CO<sub>2</sub> emisyonu, GSYH ve enerji tüketimi serilerinin 1980-2011 yılları arasında çalışmaya konu olan G7 ülkelerinin tamamında durağan olmayan bir süreç içerisinde olduğu söylenebilir.

Çalışmada, kullanılan değişkenler arasında eşbütünleşme olup olmadığını sınamak için Westerlund Error Correction (2007) panel eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Eş bütünleşme testi sonuçlarına göre CO<sub>2</sub> emisyonu, GSYH ve enerji tüketimi serileri arasında eş bütünleşme ilişkisi bulunmamaktadır. Panel DOLS tahmincisine göre, G7 ülkelerinde enerji tüketimindeki % 1'lik artış CO<sub>2</sub> emisyonunu % 0.90 artırmaktadır. Çalışmanın Dumitrescu-Hurlin Panel Granger nedensellik testi sonuçlarına göre G7 ülkelerinde GSYH ile CO<sub>2</sub> emisyonu ve GSYH ile enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu görülmüştür.

Ekonominin üretim ölçeğindeki artışları gösteren GSYH ve enerji tüketimi arasında ve aynı zamanda GSYH ce CO2 emisyonu arasındaki çift yönlü nedensellik ilişkileri küresel düzeyde kabul edilen çevre sözleşmelerine rağmen gelişmiş G7 ülkelerinde çevre dostu politikaların yeterince uygulanmadığını göstermektedir. Ekonomik faaliyetler ile çevre kirliliği arasında karşılıklı bağımlılık mevcuttur. Hızlı sanayileşme olgusu ve beraberinde getirdiği enerji tüketiminin büyüklüğü, doğal kaynaklar üzerindeki baskı ve bunlardan kaynaklanan çevre kirliliği sorunlarının çözümünde politika yapımcıların stratejik bir yaklaşım benimsemeleri gerekmektedir. Bu açıdan ülkeler açısından çevre sorunlarının çözümünde kamu kesimi, iş dünyası, akademi ve sivil toplum kuruluşlarının içinde yer alacağı çok taraflı müzakerelerin sürekli hale getirilmesi kaçınılmaz bir gerekliliktir. Bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak yapılacak diğer bir politika önerisi, enerji verimliliğindeki artışın teknolojik açıdan önceliklendirilmesi, daha temiz üretim kaynaklarının geliştirilmesi ve çevre dostu politikalarda ortak hareket planları kullanılmasıdır.

#### Kaynakça

- Akay, E. Ç., Abdieva, R. ve Oskonbaeva, Z. (2015, Eylül). *Yenilenebilir Enerji Tüketimi, İktisadi Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu Arasındaki Nedensel İlişki: Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkeleri Örneği*, Sözel Bildiri, International Conference On Eurasian Economies 2, Russia, Kazan.
- Alam, M. J., Begum, I. A., Buysse, J., Rahman, S. ve Huylbroeck, G. V. (2011). Guido Van Huylbroeck Dynamic Modeling of Causal Relationship Between Energy Consumption, CO2 Emissions And Economic Growth in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (15), 243– 3251.
- Alam, M. J., Begum, I. A., Buysse, J. ve Huylbroeck, G. V. (2012), Energy Consumption, Carbon Emissions and Economic Growth Nexus in Bangladesh: Cointegration and Dynamic Causality Analysis. *Energy Policy*, (45), 217-225.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2009). CO2 Emissions, Energy Usage and Output in Central America. *Energy Policy*, (37), 3282-3286.
- Breusch, T. S. ve Pagan, A.R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Çınar, S., Yılmaz, Ç. ve Arpaçlı Fazlılar, T. (2012). Kirlilik Yaratan Sektörlerin Ticareti ve Çevre: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler Karşılaştırması. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 13 (2), 212- 226.
- Ergün, S., Polat, M. A. (2015). OECD Ülkelerinde Co2 Emisyonu, Elektrik Tüketimi ve Büyüme İlişkisi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (45), 115-141.
- Farhani, S. ve Rejeb, J. B. (2012). Energy Consumption, Economic Growth and CO2 Emissionas: Evidence from Panel Data for MENA Region. *International Journal of Energy, Economics and Policy*, 2(2), 71-81.
- Guha, R. (2000). *Environmentalism: A Global History*. Longman, USA.: Pearson.
- Hossain, M. S. (2011). Panel Estimation for CO2 Emissions, Energy Consumption Economic Growth Trade Openness and Urbanization of Newly Industrialized Countries. *Energy Policy*, (39), 6991–6999.
- Jalil, A. ve Mahmud, S. F. (2009). Environment Kuznets Curve for CO2 Emissions: A Cointegration Analysis for China. *Energy Policy*, (37), 5167–5172.
- Jaunky, V. C. (2011), The CO<sub>2</sub> Emissions-Income Nexus: Evidence From Rich Countries. *Energy Policy*, (39), 1228-1240.

- Lean, H. H., Smyth, R. (2010). CO2 Emissions, Electricity Consumption and Output in ASEAN. *Applied Energy*, (87), 1858-1864.
- Lotfalipour, M., Falahi, M. A. ve Ashena, M. (2010). Economic Growth, CO2 Emissions, and Fossil Fuels Consumption in Iran. *Energy Policy*, (35), 5115-5120.
- Menegaki, A. N. (2011). Growth and Renewable Energy in Europe: A Random Effect Model With Evidence for Neutrality Hypothesis. *Energy Economics*, (33), 257-263.
- Niu, S., Ding, Y., Niu, Y., Li, Y. ve Luo, G. (2011). Economic Growth, Energy Conservation and Emissions Reduction: A Comparative Analysis Based On Panel Data For 8 Asian-Pacific Countries". *Energy Policy*, (39), 2121-2131.
- Pao, H.-T. ve Chung-Ming, T. (2010). CO2 Emissions , Energy Consumption And Economic Growth in BRIC Countries. *Energy Policy*, (38), 7850-7860.
- Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22 (2), 265-312.
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *University of Cambridge Working Paper Series*, 0435, 1-39
- Pesaran, M. H., Ullah, A., Yamagata, T. (2008). "A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence, *Econometrics Journal*, 11, 105-127.
- Saboori, B., Sulaiman, A., Mohd, S. (2012). Economic Growth and CO<sub>2</sub> Emissions in Malaysia: A Cointegration Analysis of The Environmental Kuznets Curve. *Energy Policy*, 51, 184-191
- Stern, D. I. (2004), "Environmental Kuznets Curve", *Encyclopedia of Energy*, (2), 517-525.
- Tatoğlu, F. Y. (2012). *İleri Panel Veri Analizi*, İstanbul: Beta Basım.
- Tiwari, A. K. (2011a). Energy Consumption, Co2 Emissions And Economic Growth: Evidence From India. *Journal of International Business and Economy* , 12(1), 85-122.

---

## THE CAUSALITY RELATIONSHIP BETWEEN CO<sub>2</sub> EMISSION-ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC GROWTH: AN ECONOMETRICAL ANALYSIS ON G7 COUNTRIES

---

### **Extended Abstract**

**Aim:** Today, efforts for alleviating the side effects of global warming and the fact that the environmental pollution is increasing bring about the use of energy sources that cause CO<sub>2</sub> emission. Economic growth and economic development that take place in the preceding stages increase the use of energy sources. This process leads to the drain of country's energy reserves while it also leads to an increase in the levels of CO<sub>2</sub>. For this reason, variables should be formulated at an optimal level from the perspective of reducing CO<sub>2</sub> emissions, saving energy, and adjusting economic performance. In this study, it was studied whether there is a relationship among CO<sub>2</sub> emission, energy consumption, and economic growth in G7 countries.

**Method(s):** In this study, the long-term relationship among CO<sub>2</sub> emission, energy consumption and real GDP as well as the dynamic causality relationship among these variables were analysed through panel data method. For this end, cross-sectional independency tests were performed initially and the stationarity of the variables was analysed through second generation panel unit root tests by taking the previous results into consideration. In order to test whether there is a long-term relationship among the variables in the panel, Error-Correction panel co-integration test was carried out. After determining that there is co-integration among the variables, panel DOLS

estimator was used in order to determine the magnitude and the direction of the long-term relationship. Finally, whether there is a causality relationship among the variables used in the study was analysed by the Dumitrescu-Hurlin causality test. With this respect, the panel co-integration, cross-section dependency tests, and Dumitrescu-Hurlin causality tests were explained through the tests used for stationarity in panel data.

**Findings:** According to the results of CDLM test that is carried out for testing the cross-sectional dependency of CO<sub>2</sub> emission, energy consumption, and GDP in G7 countries, there is cross-sectional dependency among these three series. According to the CADF and CIPS unit root tests, the CO<sub>2</sub> emission, GDP and energy consumption series of Canada, Germany, Japan, the USA, Italy, the UK, and France include unit root at different levels. Therefore, it can be concluded that the series of CO<sub>2</sub> emission, GDP, and energy consumption have a non-stationary condition for the period between 1980-2011 in these G7 countries.

In the study, a co-integration test was carried out for variables that are not stationary at level. To test whether there is co-integration among the variables used, Westerlund Error Correction (2007) panel co-integration test was used. According to the test results, there is no co-integration relationship among the series of CO<sub>2</sub> emission, GDP, and energy consumption. Also, according to the DOLS estimator, a 1% increase in energy consumption in G7 countries leads to a 0.90% increase in the CO<sub>2</sub> emission.

According to the Dumitrescu-Hurlin Panel Granger causality test results, it was seen that there is a bilateral causality relationship between GDP and CO<sub>2</sub> emission and between GDP and energy consumption.

**Conclusion:** The causality relationship between energy consumption and GDP shows similarities with the data analysis results of Pao and Tsai's (2010) study on BRIC countries, of Apergis and Payne's (2009) study on 6 American countries and of Lean and Smyth's (2010) study on ASEAN countries. In parallel to the development, developing economy increases the energy demand. Meanwhile, the increase in the energy demand depends mostly on the economic development. The causality relationship from the GDP towards energy consumption, aforementioned in the literature review section, shows similarities with Alam et al.'s (2012) time series analysis results for Bangladesh economy and with Jaunky's (2011) panel data analyses. Also, the existence of causality from economic growth towards electricity consumption originates from the fact that it is an important factor in executing the economic activities of human beings such as industry. The causality relationship between GDP and CO<sub>2</sub> emission shows similarity with the time series analysis of Saboori et al (2012) for Malaysian economy, with panel data analysis of Lotfaripour et al. (2010) for Iranian economy and with the panel data analysts of Lean and Smyth (2010) for ASEAN countries.

The detection of bilateral causality relationship between GDP and CO<sub>2</sub> emission reveals that the economic growth lead to an increased in the environmental pollution that is caused by the production activities in G7 countries for the period under discussion.

The results obtained from the study show that even though the world-wide accepted environmental conventions, the environment friendly policies are not applied successfully in developed countries. There is a dependency between economic activities and environmental pollution. It is required that these countries allocate more importance for cleaner energy sources in their environmental policies and that they behave on common environment-friendly policies.