

## Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Eşanlı Model\*

Pınar HAYALOĞLU<sup>1</sup>  
Seyfettin ARTAN<sup>2</sup>  
Selim Koray DEMİREL<sup>3</sup>

**ÖZ:** Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi son zamanlarda özellikle enerji literatüründe sıklıkla tartışılmaktadır. Ancak yapılan ampirik çalışma sonuçları analizde kullanılan yöntem, değişkene ve ülke grubuna göre farklılıklar göstermektedir. Ayrıca çalışmalarda enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimin büyük ölçüde ihmal edildiği görülmektedir. Bu çalışmada, eşanlı panel veri analiz yöntemi kullanılarak OECD ülkelerinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi 1990-2017 dönemi için araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, OECD ülkelerinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Buna göre, yüksek ekonomik büyüme yüksek enerji tüketimini gerektirdiği gibi yüksek enerji tüketimi yüksek ekonomik büyümeye neden olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme, Panel Eşanlı Denklem Sistemi  
**JEL Kodu:** P43, P48, C33

## Energy Consumption and Economic Growth: Panel Simultaneous Equation Models

**ABSTRACT:** The relationship between energy consumption and economic growth has recently been discussed, especially in the energy literature. However, the results of the empirical studies show differences according to the methods, variables and country groups used in the analysis. In addition, the interaction between energy consumption and economic growth has been largely ignored in the literature. In this study, the relationship between energy consumption and economic growth in OECD countries was investigated for the period 1990-2017 by using panel simultaneous equation systems. The results show that there is positive relationship exists between energy consumption and economic growth in OECD countries. Accordingly, high economic growth requires more energy consumption and more energy consumption needs higher level of economic growth.

**Keywords:** Energy Consumption, Economic Growth, Panel Simultaneous Equation  
**JEL Codes:** P43, P48, C33

Geliş Tarihi / Received: 20/08/2019

Kabul Tarihi / Accepted: 17/10/2019

\* Bu çalışma, 3-8 Ekim 2019 tarihlerinde Muğla/Bodrum'da düzenlenen 11. Uluslararası İstatistik Kongresi'nde sunulmuş olan aynı başlıklı bildirinin gözden geçirilmiş ve revize edilmiş halidir.

<sup>1</sup> Doç. Dr., Gümüşhane Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, pınarhayaloglu@gumushane.edu.tr, [orcid.org/0000-0001-7181-8801](https://orcid.org/0000-0001-7181-8801)

<sup>2</sup> Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, İİBF, İktisat Bölümü, artan@ktu.edu.tr, [orcid.org/0000-0003-4310-550X](https://orcid.org/0000-0003-4310-550X)

<sup>3</sup> Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi, SBE, İktisat Bölümü, skdemirel@ktu.edu.tr, [orcid.org/0000-0003-3051-8700](https://orcid.org/0000-0003-3051-8700)

## 1. Giriş

Enerji, üretim ve tüketim aktivitelerinin neredeyse tamamında temel girdi olarak yer almaktadır. Her türlü üretimi gerçekleştirmek için enerji kullanma gerekliliği enerji tüketimini ekonomik büyümenin potansiyel tetikleyicilerinden birisi haline getirmektedir (Paul ve Bhattacharya, 2004: 977; Omri, 2013: 657). Çünkü ekonomi açısından bakıldığında enerji, bir işi gerçekleştirebilmek için içinde yeterli gücü barındıran her türlü kaynak olarak tanımlanmaktadır (Sweeney, 2002: 1). Bu husus, enerjinin ekonomide üretim çarklarını harekete geçirebilme kapasitesini ortaya koymakta ve enerji tüketiminin büyüme üzerindeki potansiyel etkisini açıklamaktadır. Nitekim, enerji kullanımı ve büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen uygulamalı literatür ele alındığında enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini ortaya koyan oldukça fazla sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu, enerji kullanımının ekonomik büyüme üzerindeki pozitif etkisine dikkat çekmektedir. Buna göre sürdürülebilir yüksek ekonomik büyüme sağlamayı hedefleyen ülkeler yüksek enerji tüketimine ihtiyaç duyacaklardır. Nitekim enerji tüketimi son dönemde önemli ölçüde artış göstermiştir. Dünya Bankası verilerine göre 1970'li yıllardan günümüze kadar geçen sürede dünya enerji tüketimi yaklaşık %50 oranında artmıştır (World Bank, 2019). Bu oran sadece OECD ülkeleri göz önünde bulundurulduğunda daha da yüksektir. Enerji talebinde meydana gelen bu artış, ekonomik büyümenin de enerji tüketimini tetikleyip tetiklemediği sorusunu akıllara getirmektedir. Diğer yandan enerji elde etmek için dünyada yaygın olarak fosil yakıtlar kullanılmakta ve bu husus bir takım çevresel problemleri beraberinde getirebilmektedir. Bu doğrultuda, ekonomik büyümenin enerji tüketimi üzerindeki etkisinin ortaya konulması, enerji talebi potansiyeline ilişkin öngörülerini güçlendirerek, politika yapıcılara çevresel sorunlara odaklanabilmek adına daha sağlıklı bir perspektif sunabilecektir.

Bu çalışmanın amacı, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki karşılıklı ilişkilerin ortaya konmasıdır. Bu amaç doğrultusunda panel veri analizi kullanılmış ve eşanlı denklem sistemi ile bu karşılıklı ilişkilerin varlığı araştırılmıştır. 1990-2017 dönemi verileri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmanın kapsamını 23 OECD ülkesi oluşturmaktadır. Çalışmanın literatüre katkısı, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin karşılıklı olarak panel eşanlı denklem sistemiyle ele alınmasıdır.

Çalışmanın organizasyonu şu şekildedir: ikinci bölümde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri analiz eden uygulamalı literatür incelenmiştir. Üçüncü bölümde ise öncelikle çalışmada kullanılan model ve değişkenler tanımlanmış, ardından tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiş ve bölüm uygulanan modelin bulgularının açıklanmasıyla sonlandırılmıştır. Bunu takiben, çalışmanın genel bir değerlendirmesi yapılmıştır.

## 2. Literatür

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ele alan literatür son otuz yıldır giderek büyümektedir. Ekonomik büyüme sürecinde, artan enerji tüketiminin çevre sorunlarını beraberinde getirmesi çevre bilincinin artmasına yol açmış ve söz konusu ilişki daha çok dikkat çeker hale gelmiştir. Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini ele alan literatür incelendiğinde enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi etkilediği yönündeki görüş üzerinde önemli ölçüde uzlaşma olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, az sayıda da olsa bu ilişkinin olmadığını ileri süren çalışmalar mevcuttur. Öte yandan, bu ilişkiyi ele alan çalışmaları panel veri analizi ve zaman serisi analizini kullanan çalışmalar olarak ikiye ayırmak mümkündür. Panel veri analizi kullanan çalışmaların daha çok değişkenler arasındaki tek yönlü ilişkiyi incelediği ancak sınırlı sayıda çalışmanın enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki karşılıklı ilişkiyi incelediği söylenebilir.

Enerji-büyüme ilişkisini panel veri analizi ile ele alan çalışmalardan Omri (2013), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonu, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri 14 MENA ülkesi için panel eşanlı denklem sistemi ile incelemiştir. 1990-2011 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmada enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında iki yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca CO<sub>2</sub> emisyonu ile ekonomik büyüme arasında da iki yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, enerji tüketiminden CO<sub>2</sub> emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığı ortaya konmuştur. Omri vd., (2014), CO<sub>2</sub> emisyonu, doğrudan yabancı yatırım (DYY) ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkilerini 54 ülke için yine 1990-2011 dönemi verilerinden faydalanarak ele almıştır. Dinamik panel eşanlı denklem sisteminin kullanıldığı çalışmada Kuzey Asya ve Avrupa hariç DYY ile ekonomik büyüme arasında ve DYY ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasında her bir ülke grubu için iki yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca, CO<sub>2</sub> emisyonundan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi mevcuttur.

Omri ve Kahouli (2014) ise Omri vd., (2014)'ten farklı olarak CO<sub>2</sub> emisyonu yerine enerji tüketimi verisini kullanmış ve enerji tüketimi, DYY ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkilerini dinamik panel eşanlı denklem sistemi ile 65 ülke için araştırmışlardır. Çalışmada, 1990-2011 dönemi verileri kullanılmıştır. Yüksek gelir, orta gelir ve alt gelir grupları için ayrı ayrı yapılan analiz sonuçları, yüksek gelirli ülkelerde tüm değişkenler arasında iki yönlü nedensellik ilişkisini ortaya koymaktadır. Orta gelir grubundaki ülkelerde de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü, yine DYY ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü, DYY'den enerji tüketimine doğru ise tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Düşük ülke grubunda ise enerji tüketiminden ekonomik büyümeye, DYY'den enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi mevcuttur. DYY ile ekonomik büyüme arasında ise iki yönlü bir nedensellik ilişkisinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bekhet vd., (2017) de enerji tüketimi, ekonomik büyüme, finansal gelişmişlik ve CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkiyi ele almışlardır. Körfez

Arap Ülkeleri İşbirliği Konseyi'ne üye ülkelerini kapsayan çalışmada dinamik panel eşanlı denklem sistemi kullanılmıştır. 1980-2011 dönemi için elde edilen bulgular, Birleşik Arap Emirlikleri haricindeki tüm ülkelerde CO<sub>2</sub> emisyonu, reel kişi başı gelir, enerji tüketimi ve finansal gelişmişlik arasındaki uzun dönemli ilişkiyi ortaya koymaktadır.

Farklı bir enerji türünü dikkate alan Adewuyi ve Awodumi (2017), biyoenerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO<sub>2</sub> emisyonu ilişkisini incelemişlerdir. Çalışmada panel eşanlı denklem sistemi kullanılmıştır. 1980-2010 dönemi verilerinden faydalanılan çalışmada, Batı Afrika Ülkeleri'nde ekonomik büyüklük, biyoenerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonu değişkenlerinin her biri arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Son olarak Tiba ve Frikha (2018) gelir, ticari dışa açıklık ve enerji tüketimi ilişkisini yine panel eşanlı denklem sistemiyle 1990-2011 dönemi verilerinden faydalanarak incelemişlerdir. Çalışmada 24 orta ve yüksek gelirli ülke verisinden faydalanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, hem yüksek gelirli hem de orta gelirli ülkelerde enerji tüketimi-gelir ve ticari dışa açıklık-gelir arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur. Ayrıca, yüksek gelirli ülkelerde ticari açıklıktan enerji tüketimine, orta gelirli ülkelerde ise enerji tüketiminden ticari dışa açıklığa doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Lee ve Chang (2008), enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1971-2002 dönemi verilerini kullanarak 16 Asya ülkesi için irdelemiştir. Panel eş bütünleşme ve nedensellik analizinin kullanıldığı çalışmada uzun dönemde reel GSYH ve enerji tüketiminin eş bütünleşik olduğu, kısa dönemde ise herhangi bir nedensellik ilişkisinin tespit edilemediği görülmektedir. Ancak uzun dönemde enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi mevcuttur. Asafu ve Adjaye (2000) de enerji tüketimi ile gelir arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 1971-1995 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmada Hindistan, Filipinler, Endonezya ve Tayland ele alınmıştır. Çalışmada eş bütünleşme ve Granger nedensellik analizi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Hindistan ve Endonezya'da enerji tüketiminden gelire doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisini, Tayland ve Filipinler'de ise bu iki değişken arasında iki yönlü nedensellik ilişkisini göstermektedir.

Sadorsky (2012) ise panel eş bütünleşme ve nedensellik analizini kullandığı çalışmasında 7 Afrika ülkesi için enerji tüketimi, üretim ve uluslararası ticaret ilişkisini ele almıştır. Çalışmada, 1980-2007 dönemi verileri kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, kısa dönemde enerji tüketimi ve ihracat arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur. Ayrıca yine kısa dönemde, enerji tüketiminden ithalata doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uzun dönemde ise ithalat-ihracat ile enerji tüketimi arasındaki ilişki çalışmanın ulaştığı bir diğer bulgudur. Panel eş bütünleşme analizinin kullanıldığı bir diğer çalışmada Apergis ve Payne (2009), enerji tüketimi ile büyüme ilişkisini incelemişlerdir. 1980-2004 dönemi için 6 Orta Amerika ülkesinin ele alındığı çalışmada panel eş bütünleşme analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, enerji

tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır. Apergis ve Payne (2010) bir diğer çalışmalarında yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ele almışlardır. 20 OECD ülkesi için gerçekleştirilen araştırmada 1985-2005 dönemi verileri kullanılmıştır. Gerçekleştirilen analize göre, yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı ortaya konmuştur. Enerji türlerini sınıflandırdıkları çalışmalarında ise Tuğcu vd., (2012), yenilenebilir enerji ve yenilenemeyen enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi G7 ülkeleri için ele almışlardır. 1980-2009 dönemi için panel eş bütünleşme ve nedensellik analizinin kullanıldığı çalışmada her iki enerji türü tüketiminin ekonomik büyümeyi etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini tek bir ülke için ele alan çalışmalardan Belloumi (2009), Tunus için kişi başı enerji tüketimi ve kişi başı gelir arasındaki ilişkiyi Johansen eşbütünleşme ve Granger nedensellik analizi ile araştırmıştır. 1971-2004 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmada uzun dönemli bir ilişkinin varlığı ortaya konmuş, kısa dönemde ise kişi başı enerji tüketiminden kişi başı gelire doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Tsani (2010) ise Yunanistan için 1960-2006 dönemi verilerinden faydalanarak enerji tüketimi-büyüme ilişkisini ele almıştır. Toda-Yamamoto nedensellik analizinin kullanıldığı çalışmada, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. Ang (2007) Fransa için gerçekleştirdiği analizde 1960-2000 dönemi için CO<sub>2</sub> emisyonu, enerji tüketimi ve üretim arasındaki ilişkiyi ele almıştır. Eş bütünleşme ve dinamik nedensellik analizinin kullanıldığı çalışmada; kısa dönemde enerji tüketiminin çıktının bir nedeni olduğu, uzun dönemde ise çıktıdan enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu ortaya konulmuştur.

Literatürde enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi etkilemediğini tespit eden çalışmalar da mevcuttur. Payne (2009), Amerika Birleşik Devletleri için 1949-2006 dönemi verilerinden faydalanarak gerçekleştirdiği çalışmasında, yenilenebilir enerji ile reel GSYH arasındaki ilişkiyi Toda-Yamamoto nedensellik analizi ile irdelemiştir. Elde edilen sonuçlar yenilenebilir enerji ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir. Öztürk ve Acaravcı (2010) ise analizlerini Türkiye için gerçekleştirmişlerdir. 1968-2005 dönemi verilerinin kullanıldığı çalışmada ekonomik büyüme, CO<sub>2</sub> emisyonu, enerji tüketimi ve istihdam oranı arasındaki nedensellik ilişkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Türkiye’de CO<sub>2</sub> emisyonundan ve enerji tüketiminden kişi başı gelire doğru kısa dönemde bir nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir. Ancak istihdam oranı, kısa dönemde kişi başı gelirin nedenidir. Son olarak, Zhang ve Cheng (2009), Çin için 1960-2007 dönemi verilerinden faydalanarak gerçekleştirdikleri Granger nedensellik analizinde enerji tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri ele almışlardır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki genel eğilimden farklı olarak enerji tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonundan ekonomik büyümeye doğru bir nedensellik ilişkisinin varlığını ortaya

koymamaktadır. Bununla birlikte, enerji tüketiminden CO<sub>2</sub> emisyonuna ve ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi mevcuttur.

### 3. Ekonometrik Analiz

#### 3.1. Metodoloji ve Veri Seti

Çalışmada enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki 1990-2017 yıllarını kapsayan dönemde 24 OECD ülkesi<sup>4</sup> için araştırılmıştır. Söz konusu ilişkiyi araştırmak için aşağıdaki modeller oluşturulmuştur.

$$LEU_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDP_{it} + \alpha_2 'X_{it} + u_{it} \quad (1)$$

$$LGDP_{it} = \beta_0 + \beta_2 LEU_{it} + \beta_2 'Y_{it} + u_{it} \quad (2)$$

1 ve 2 numaralı denklemlerde; *i* ve *t* sırasıyla ülke ve zamanı, *L* ise ilgili değişkenin logaritmasının alındığını ifade etmektedir. *X*<sub>*it*</sub> ve *Y*<sub>*it*</sub> ise modellere ilave edilen kontrol değişkenlerini temsil etmektedir. Görüldüğü üzere 1 numaralı denklemin bağımsız değişkeni LGDP, 2 numaralı denklemin bağımlı değişkenidir. Aynı şekilde 2 numaralı denklemin bağımsız değişkeni LEU de 1 numaralı denklemin bağımlı değişkenidir. Yani LEU ve LGDP değişkenleri birbirini karşılıklı etkilemektedir. Bağımlı değişkenler birbiriyle içsellik oluşturduğu için her iki model ayrı ayrı tahmin edildiğinde içsellik göz ardı edilmiş olacak ve bu durum parametrelerin sapmalı olmasına yol açacaktır. Bu nedenle analiz, bu modelleri bir sistem olarak ele alan panel eşanlı denklem sistemi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan eşanlı denklem sistemi aşağıdaki gibidir:

$$LEU_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LGDP_{it} + \alpha_2 LCO2_{it} + \alpha_3 TRD_{it} + \alpha_4 UPOP_{it} + u_{it} \quad (3)$$

$$LGDP_{it} = \beta_0 + \beta_1 LEU_{it} + \beta_2 GFC_{it} + \alpha_3 \beta SCH_{it} + \beta_4 INF_{it} + u_{it} \quad (4)$$

Eşanlı denklem sisteminde LGDP ve LEU içsel değişkenler; LCO<sub>2</sub>, TRD, UPOP, GFC, SCH ve INF de dışsal değişkenlerdir. Aşırı belirlenmiş denklem tahmini için iki aşamalı EKK yöntemi kullanılmıştır. Birinci aşamada, yapısal denklemdeki tüm içsel değişkenler için indirgenmiş form denklemleri oluşturulmuş ve her denkleme en küçük kareler yöntemi uygulanarak içsel değişkenlerin tahmini değerleri elde edilmiştir. İkinci aşamada ise ilk aşamada elde edilen içsel değişkenlerin tahmin değerleri yapısal denklemde yerine yazılmış (yani tahmin değerleri araç değişken olarak kullanılmış) ve elde edilen dönüştürülmüş yapısal denklemlere en küçük kareler yöntemi uygulanmıştır. Bu sayede analiz, birbiri ile içsellik oluşturan LGDP ve LEU değişkenlerinin içsellik sorunu dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

<sup>4</sup> Bu ülkeler Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Japonya, Lüksemburg, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Portekiz, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleridir.

Tablo 1’de modelde kullanılan değişkenler yer almaktadır. Eşanlı denklem sisteminde iki adet içsel değişken bulunmaktadır. Bunlar, LGDP ile ifade edilen Reel Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) ve LEU ile ifade edilen kişi başına kilogram petrol eşdeğeri cinsinden enerji kullanımı değişkenleridir. Karbondioksit emisyonları (LCO2) fosil yakıtların yanmasından ve çimento üretiminden kaynaklanan emisyonlardır. Dışa açıklık (TRD) mal ve hizmet ithalat ve ihracatının GSYH içindeki payını göstermektedir. Kentsel nüfus (UPOP), ulusal istatistik ofisleri tarafından tanımlanan kentsel alanlarda yaşayan insanları ifade etmektedir. Gayri safi sabit sermaye yatırımları (GFC), GSYH içindeki yatırımların yıllar itibariyle yüzde olarak büyüme oranını, yükseköğretim okullaşma oranı (SE) ise yaşa bakılmaksızın ortaokuldan ayrıldıktan sonraki beş yıllık yaş grubunun toplam nüfusa yüzdesini göstermektedir. Son olarak, enflasyon oranı (INF) GSYH deflatörü cinsinden hesaplanan yıllık enflasyon oranını temsil etmektedir. Çalışmada kullanılan değişkenler Dünya Bankası veri tabanından elde edilmiştir.

Tablo1’den de görüldüğü üzere çalışmada kullanılan değişkenleri içsel ve dışsal değişkenler olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. İçsel değişkenler, birbiriyle içsellik oluşturan LGDP ve LEU değişkenleridir. Dışsal değişkenler ise her iki eşitlikte kullanılan ve içsel değişkenleri etkileyen diğer değişkenleri temsil etmektedir.

**Tablo 1: Kullanılan Değişkenler**

Değişken Türü	Değişkenin Adı	Değişkenin Tanımlanması
İçsel Değişkenler	LGDP	Reel GSYH
	LEU	Enerji Kullanımı (Kişi Başına Kilogram Petrol Eşdeğeri)
Dışsal Değişkenler (Eşitlik 1)	LCO2	CO <sub>2</sub> Emisyonu (kt)
	TRD	Dışa Açıklık (İhracat+İthalat)/GSYH
	UPOP	Urban population (% of total)
Dışsal Değişkenler (Eşitlik 2)	GFC	Gayri safi sabit sermaye yatırımı (% GSYH)
	SCH	Okullaşma, Yükseköğretim (brüt%)
	INF	Enflasyon Oranı GSYH Deflatör (yıllık % değişme)

### 3.2. Tanımlayıcı İstatistikler

Tablo 2’de çalışmada kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler sunulmuştur. İçsel değişkenlerden GDP’nin ortalama değeri analize konu olan ülkelerde ilgili dönemde 27.07, minimum değeri 22.85 ve maksimum değeri 30.48’dir. Enerji kullanımını ifade eden EU değişkeninin ortalama değeri ise yaklaşık 8.34 olarak gerçekleşmiştir. Bu değer en düşük 6.85, en yüksek 9.80’dir. Bunların dışında kalan tüm kontrol değişkenlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler yine Tablo 2’de görülebilmektedir.

**Tablo 2:** Tanımlayıcı İstatistikler

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
<b>GDP</b>	27.07867	1.473748	22.85258	30.48202
<b>EU</b>	8.345996	0.4906425	6.854097	9.807975
<b>CO2</b>	11.71294	1.640342	7.477318	15.5716
<b>TRD</b>	80.38364	56.5343	16.01388	423.9863
<b>UPOP</b>	77.87183	10.26196	47.915	97.961
<b>GFC</b>	22.09814	3.35842	11.51858	35.67209
<b>SCH</b>	57.2577	20.6302	4.79002	126.3826
<b>INF</b>	3.825171	10.72246	-5.20503	143.693

Çalışmada kullanılan değişkenler arasındaki korelasyon ilişkileri ise Tablo 3'te sunulmuştur. Kullanılan içsel ve dışsal değişkenlere ilişkin korelasyon katsayılarının çoğunlukla pozitif ve ortalama değerlerde olduğu tabloda görülebilmektedir.

**Tablo 3:** Korelasyon Matrisi

	LGDP	LEU	LCO2	TRD	UPOP	GFC	SCH	INF
<b>LGDP</b>	1.0000							
<b>LEU</b>	-0.2590	1.0000						
<b>LCO2</b>	0.9560	-0.2854	1.0000					
<b>TRD</b>	-0.4994	0.3000	-0.5254	1.0000				
<b>UPOP</b>	-0.0720	0.6163	-0.0999	0.1281	1.0000			
<b>GFC</b>	0.0394	-0.1010	0.0332	-0.1164	-0.1276	1.0000		
<b>SCH</b>	0.1381	0.2566	0.0913	-0.1929	0.2615	-0.2205	1.0000	
<b>INF</b>	-0.0664	-0.4054	0.0090	-0.1295	-0.2301	0.0891	-0.3080	1.0000

### 3.3. Analiz Sonuçları

Enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkinin analiz edildiği panel eşanlı denklem sistemine ait tahmin sonuçları Tablo 4'de yer almaktadır. Eşanlı denklem sisteminde uygulanan Hausman testi sonucuna göre her iki eşitlik için sabit etkiler tahmincisinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Birinci eşitliğin tahmin sonuçlarına bakıldığında, LGDP ile LEU arasında pozitif ve istatistiki olarak %1 seviyesinde anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu bulgu ele alınan ülkelerde ekonomik büyümedeki artışın enerji tüketimini arttırdığını göstermektedir. Benzer şekilde LCO2 ile LEU arasında pozitif ve istatistiki olarak %1 seviyesinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. LEU'nun TRD ve UPOP değişkenleri ile arasında ise negatif yönlü ilişki söz konusudur.

İkinci eşitliğin tahmin sonuçlarına göre, LEU ile LGDP arasında pozitif ve istatistiki olarak %1 seviyesinde anlamlı bir ilişki mevcuttur. Bu bulguya göre ele alınan ülkelerde enerji tüketimindeki artış ekonomik büyümeyi arttırmaktadır. Diğer yandan GFC ve SCH ile LGDP arasında pozitif ve istatistiki olarak %1 seviyesinde anlamlı bir ilişki tespit edilmişken INF ile LGDP arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir.



Sonuç olarak LGDP ile LEU arasında karşılıklı pozitif ilişki bulunmaktadır. Bir diğer anlatımla ele alınan ülke grubunda enerji tüketimi ve büyüme arasında karşılıklı bir ilişki bulunmaktadır.

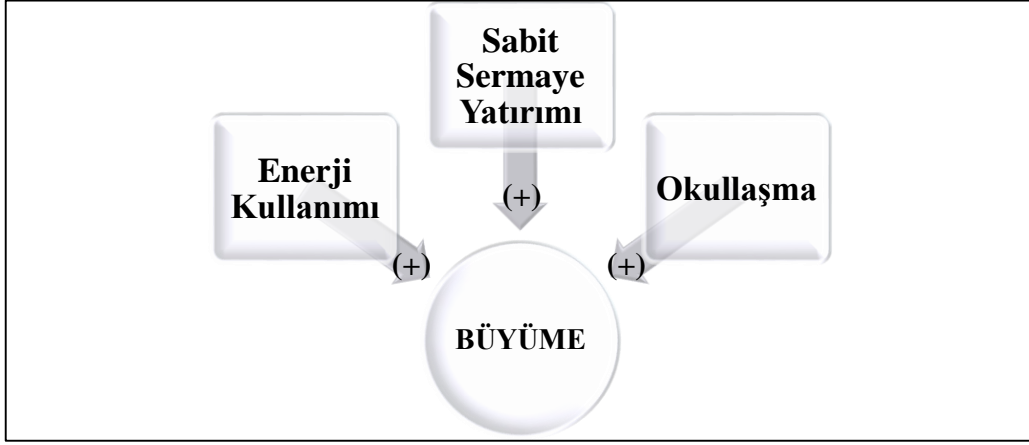
**Tablo 4:** Analiz Sonuçları

Değişkenler	<u>Esitlik 1</u>	<u>Esitlik 2</u>
	Bağımlı Değişken: EU	Bağımlı Değişken: LGDP
<b>LGDP</b>	0.2127*** (0.044)	
<b>LEU</b>		0.3727*** (0.095)
<b>LCO2</b>	0.4548*** (0.035)	
<b>TRD</b>	-0.0005* (0.0003)	
<b>UPOP</b>	-0.0058*** (0.001)	
<b>GFC</b>		0.0165*** (0.002)
<b>SCH</b>		0.0091*** (0.0004)
<b>INF</b>		-0.001 (0.0006)
<b>SABİT</b>	-2.2151** (0.894)	22.987*** (0.761)
<b>R Kare</b>	0.49	0.61
<b>F Test</b>	585.63 [0.000]	2424.46 [0.000]
<b>Hausman Test</b>	324.89 [0.000]	14.63 [0.005]

Notlar: (1) \*, \*\* ve \*\*\* sırasıyla % 10, % 5 ve % 1 seviyelerindeki istatistiksel anlamlılık düzeyini göstermektedir. (2) Parantez içindeki değerler t değerlerini, köşeli parantez içindeki değerler ise anlamlılık düzeylerini göstermektedir. (3) Eşitlik 1 için LGDP içsel değişken; LCO2, TRD, UPOP, GFC, SCH, INF araç değişkenlerdir. Eşitlik 2 için LEU içsel değişken, GFC, SCH, INF, LCO2, TRD, UPOP araç değişkenlerdir.

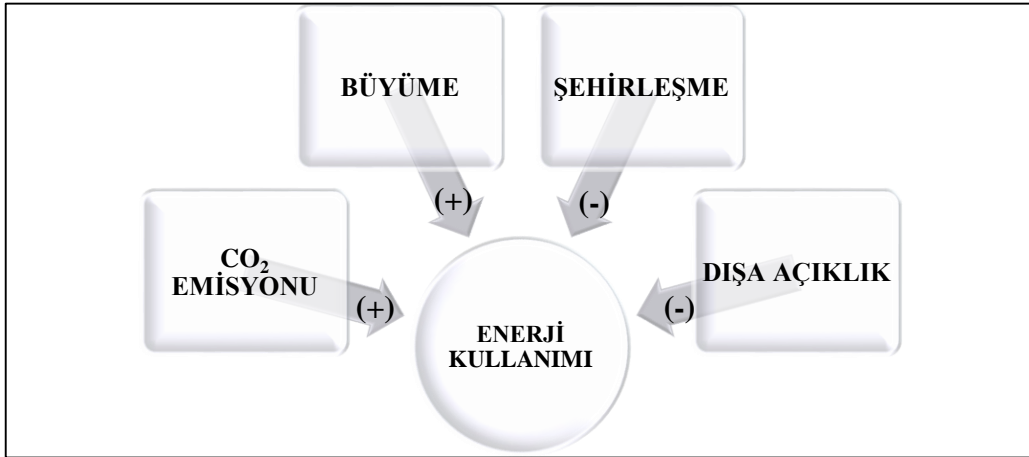
Çalışmanın ulaştığı bulgular Şekil 1 ve Şekil 2’de daha açık bir biçimde sunulmuştur. Şekil 1’de, elde edilen bulgular ışığında ekonomik büyümenin belirleyicileri gösterilmektedir. Buna göre okullaşma oranındaki, sabit sermaye yatırımlarındaki ve enerji kullanımındaki artışlar ekonomik büyümeyi pozitif bir biçimde etkilemektedir.

Şekil 1: Ekonomik Büyümenin Belirleyicileri



Şekil 2’de ise enerji kullanımının belirleyicileri görülmektedir. Buna göre CO<sub>2</sub> emisyonu ve ekonomik büyümede meydana gelen artışlar enerji kullanımını pozitif bir biçimde etkilemekte, şehirleşme ve ticari dışa açıklıkta meydana gelen artışlar ise enerji kullanımını negatif bir biçimde etkilemektedir.

Şekil 2: Enerji Kullanımının Belirleyicileri



Şekil 1 ve Şekil 2 birlikte değerlendirildiğinde dikkat çeken nokta ise enerji kullanımı ve ekonomik büyümenin karşılıklı olarak etkileşim halinde olmasıdır. Yani enerji kullanımı ekonomik büyümeyi, ekonomik büyüme de enerji kullanımını artırmaktadır.

#### 4. Sonuç

Enerji, ekonomik faaliyetlerin temel girdilerinden birisidir. Gerek enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri gerek ekonomik büyümenin enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin anlaşılması bu yüzden önem arz etmektedir. Bu çalışmada, enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişki 23 OECD ülkesi için

panel eşanlı denklem sistemi yardımıyla araştırılmıştır. Enerji tüketimi ve büyüme değişkenlerinin birbiriyle içsellik oluşturması nedeniyle bu problemi ortadan kaldırmak üzere iki denklem bir arada ele alınmış ve eşanlı olarak tahmin edilmiştir. Eşanlı denklem sistemindeki birinci eşitliğe ait bulgulara göre, büyümenin enerji tüketimi üzerinde pozitif bir etkisi mevcut iken ikinci eşitliğe göre enerji tüketiminin de büyüme üzerinde pozitif bir etkisi söz konusudur. Yani, ele alınan ülkelerde enerji tüketimi ve büyüme arasında karşılıklı bir ilişki mevcuttur. Bunun yanı sıra sabit sermaye yatırımlarındaki ve okullaşma oranındaki artış da büyümeyi pozitif bir biçimde etkilemektedir. Enerji kullanımını ise büyüme dışında, CO<sub>2</sub> emisyonu pozitif, şehirleşme ve ticari dışa açıklığı negatif olarak etkilemektedir.

Elde edilen bulgular, enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin karşılıklı olarak birbirini etkilemesi açısından önemlidir. Enerji kullanımı arttıkça ekonomik büyüme hız kazanmakta, ekonomik büyüme hızlandıkça enerji tüketimi artmaktadır. Nihai olarak bu döngü, olumlu bir olgu gibi görünmektedir. Ancak ekonomik büyüme enerji kullanımını tetikledikçe, fosil yakıtların kullanım oranına bağlı olarak bu durum olumsuz çevresel sonuçlara yol açma potansiyeli taşımaktadır. Bu nedenle yüksek enerji tüketiminin yol açacağı muhtemel çevresel sorunları minimize etmek için politika uygulayıcılarının çevre dostu enerji kaynaklarına yönelmeleri önem arz etmektedir. Büyümenin sürdürülebilir ve sağlıklı bir nitelik kazanabilmesi, büyüme yolunda çevresel faktörlerin de dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu yüzden politika yapıcılar, enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki bu karşılıklı ilişkiyi göz önünde bulundurarak temiz enerji kullanımını teşvik etmeli, geleceğe ilişkin vizyonlarını temiz enerji yönünde revize etmelidirler.

### Kaynaklar

- Adewuyi, A. O., Awodumi, O. B. (2017), "Biomass Energy Consumption, Economic Growth and Carbon Emissions: Fresh Evidence from West Africa Using a Simultaneous Equation Model", *Energy*, 119, 453-471.
- Ang, J. B. (2007), "CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, and Output in France", *Energy Policy*, 35, 4772-4778.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2010), "Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence From a Panel of OECD Countries", *Energy Policy*, 38, 656-660.
- Apergis, N. ve Payne, J. E. (2009), "Energy Consumption and Economic Growth in Central America: Evidence from a Panel Cointegration and Error Correction Model", *Energy Economics*, 31, 211-216.
- Asafu-Adjaye, J. (2000), "The Relationship between Energy Consumption, Energy Prices and Economic Growth: Time Series Evidence from Asian Developing Countries", *Energy Economics*, 22, 615-625.

- Bekhet, H. A., Matar, A. ve Yasmin, T. (2017) "CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, and Financial Development in GCC Countries: Dynamic Simultaneous Equation Models", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 117-132.
- Belloumi, M. (2009), "Energy Consumption and GDP in Tunisia: Cointegration and Causality Analysis", *Energy Policy*, 37, 2745-2753.
- Lee, C.-C. ve Chang, C.-P. (2008), "Energy Consumption and Economic Growth in Asian Economies: A More Comprehensive Analysis Using Panel Data", *Resource and Energy Economics*, 30, 50-65.
- Omri, A. (2013), "CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption and Economic Growth Nexus in MENA Countries: Evidence from Simultaneous Equations Models", *Energy Economics*, 40, 657-664.
- Omri, A. ve Kahouli, B. (2014), "Causal Relationships between Energy Consumption, Foreign Direct Investment and Economic Growth: Fresh Evidence from Dynamic Simultaneous-Equations Models", *Energy Policy*, 67, 913-922.
- Omri, A., Nguyen, D. K. ve Rault, C. (2014), "Causal Interactions between CO<sub>2</sub> Emissions, FDI, and Economic Growth: Evidence from Dynamic Simultaneous-Equation Models", *Economic Modelling*, 42, 382-389.
- Ozturk, I. ve Acaravcı, A. (2010), "CO<sub>2</sub> Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Turkey", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 3220-3225.
- Paul, S., ve Bhattacharya, R. N. (2004). "Causality between Energy Consumption and Economic Growth in India: a Note on Conflicting Results", *Energy economics*, 26 (6), 977-983.
- Payne, J. E. (2009), "On the Dynamics of Energy Consumption and Output in the US", *Applied Energy*, 86, 575-577.
- Sadorsky, P. (2012), "Energy Consumption, Output and Trade in South America", *Energy Economics* 34, 476-488.
- Sweeney, J. L. (2002), "Economics of Energy", <http://www.stanford.edu/~jswee/paper/Energy%20Economics.PDF> (Erişim Tarihi: 06.07.2019)
- Tiba, S. ve Frikha, M. (2018), "Income, Trade Openness and Energy Interactions: Evidence from Simultaneous Equation Modeling", *Energy*, 147, 799-811.
- Tsani, S. Z. (2010), "Energy Consumption and Economic Growth: A Causality Analysis for Greece", *Energy Economics*, 32, 582-590.
- Tugcu, C. T., Ozturk, I. ve Aslan, A. (2012), "Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence from G7 Countries", *Energy Economics*, 34, 1942-1950.

World Bank (2019), World Development Indicators, <https://www.worldbank.org/> (Erişim 12.06.2019).

Zhang, X.-P. ve Cheng, X.-M. (2009), “ Energy Consumption, Carbon Emissions, and Economic Growth in China”, *Ecological Economics*, 68, 2706-2712.