

# Rebound Effect for Energy Consumption: The Case of Turkey

Recep Ulucak<sup>1</sup> ve Emrah Koçak<sup>2</sup>

## Abstract

Energy plays an important role in economic growth. However, the consumption of energy, particularly fossil fuel sources of energy, is associated with many problems including global warming and energy dependence. However, countries are not able to decrease dependence on fossil energy sources since alternative sources may have considerable costs. It is expected that technological advancement, thus total factor productivity may be solution to decrease resource usage since pollution and resource saving production process might be established through technology. On the other hand, Rebound effect foresees that resource usage rises due to increasing demand since technological advancement results in increased efficiency of production and resources usage process and leads prices to decline. So, resource usage and pollution will continue to increase. Considering the validity of Rebound effect, this study investigates the relationship between total factor productivity as a proxy for technological advancement and primary energy consumption for Turkey's data spanning from 1965-2014. Results Show that primary energy consumption simultaneously increases with total factor productivity.

**Key words:** Energy consumption, Rebound effect, Total factor productivity

**JEL codes:** Q5, O1, C5

## Enerji Tüketiminde Rebound Etkisi: Türkiye Örneği

### Özet

Küresel ısınmaya yönelik endişelerin yanı sıra ülkelerin enerjide dışa bağımlılığı ülkeleri önemli ölçüde bu alanla ilgili politikalar üretmeye sevk etmektedir. Ancak alternatif enerji kaynakları oluşturmanın maliyetlerinin yüksek olması ülkeler açısından bir başka açmaz olarak görülmekte ve fosil enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltamamaktadır. Teknoloji ve bu sayede ortaya çıkabilecek toplam faktör verimliliği artışı daha az kaynak kullanımı sağlayacağı beklentisiyle bu soruna yönelik bir çözüm olarak görülebilmektedir. Çünkü teknolojik gelişmeyle daha az girdi kullanan ve daha az atık oluşturan üretim süreçlerinin tesis edilebileceği öngörülmektedir. Diğer taraftan Rebound etkisi olarak bilinen yaklaşıma göre ise teknolojik gelişme sürecinin kaynak kullanımıyla birlikte maliyetleri de ucuzlatacağı ve bunun talebi tetikleyerek daha çok mal ve hizmet üretimine yol açacağı, dolayısıyla da kaynak kullanımı ve kirlilik üretiminin artmaya devam edeceği iddia edilmektedir. Bu iddiadan hareketle bu çalışma Türkiye'de toplam faktör verimliliği ve birincil enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi analiz etmektedir. Elde edilen sonuçlar Rebound etkisi yaklaşımının öngördüğü şekilde toplam faktör verimliliği arttıkça birincil enerji tüketiminin de arttığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Tüketimi, Rebound Etkisi, Toplam Faktör Verimliliği

**JEL Kodları:** Q5, O1, C5

<sup>1</sup> **Corresponding Author:**Erciyes Üniversitesi İİBF, [r.ulucak@erciyes.edu.tr](mailto:r.ulucak@erciyes.edu.tr)

<sup>2</sup> Erciyes Üniversitesi İİBF, [emrahkocak@erciyes.edu.tr](mailto:emrahkocak@erciyes.edu.tr)

## 1. Giriş

Modern ekonomilerde üretim süreçlerinin tamamı bir dönüşüm veya hareket içermekte olup, bu dönüşüm veya hareket mutlaka enerji kullanımı ile gerçekleşmektedir. Diğer bir ifadeyle enerji, diğer üretim faktörleri ile kesin bir ikame sınırına sahiptir. Bu nedenle enerji, tüm ekonomiler için hayati öneme sahip bir üretim faktörüdür (Bilgili vd. 2017a). Dünya bu ihtiyacının önemli bir kısmını fosil ya da yenilenemez kaynaklar olarak adlandırılan petrol, doğal gaz ve kömür ile karşılamaktadır. IEA (2016) raporlarına göre, 2015 yılında dünya enerji ihtiyacının %80'inin fosil enerji kaynaklardan gidermektedir. Bu oran yüksek gelirli ülkelerde %79 iken, düşük ve orta gelirli ülkelerde %89 düzeyindedir. Dünya net olarak fosil enerji kaynaklarına bağımlı bir yapı sergilemektedir. Ancak fosil kaynaklara olan bağımlılık çok ciddi küresel endişelere neden olmaktadır. Bugün küresel ısınma ve iklim değişikliği, enerji güvenliği ve fosil enerji kaynakların tükenme riski gibi sorunlar hem ulusal hem de uluslararası düzeyde enerji politikalarının gözden geçirilmesini zorunlu bir hale getirmiştir. Küresel sorunların çözümü konusunda politikalar iki önemli çıkış yolu sunmaktadır. Birincisi uzun vadede fosil enerji kaynaklarının yenilenebilir enerji kaynakları ile ikamesidir (Koçak ve Şarkgüneşi, 2017). İkincisi ise mevcut enerji kaynaklarının ilgili teknolojik gelişmeler yoluyla daha verimli kullanılmasıdır.

Bu çalışma alternatif iki politika seçeneğinden enerji verimliliğinin etkisi üzerinde duracaktır. Enerji verimliliğinin temel göstergesi enerji yoğunluğundaki azalmadır. Enerji yoğunluğu, bir birim hâsılayı üretmek için eskiye göre daha az enerji kullanımı anlamına gelmektedir. Enerji tüketiminin GSYİH' ya oranı olarak ya da bir birim hâsıla üretmek için ne kadar enerji kullanıldığının ölçüsü olarak tanımlanan bir göstergedir. Bu gösterge ayrıca, bir ülkenin sanayi yapısı ve teknoloji düzeyi hakkında genel bir fikir sağlamaktadır (Liu ve Xi, 2013; Bilgili vd. 2017b). Bu nedenle enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması küresel çevre sorunları ve enerji bağımlılığa karşı mücadelede kritik rol oynamaktadır. Diğer taraftan literatür enerji verimliliğinin önemi yanında "Rebound Etkisi" olarak adlandırılan bir noktaya dikkat çekmektedir. Temelde enerji verimliliğindeki artış enerji kullanımında tasarruf sağlamaktadır. Ancak rebound etkisine göre, teknolojik gelişmeler bir birim enerji kullanımında etkinlik sağlarken, ekonomi genelinde enerji fiyatlarında ve enerji hizmetlerinin maliyetlerinde düşmeye de neden olur (Herring ve Roy, 2006; Zhang vd., 2015). Enerji verimliliği sonucu enerji kullanımında tasarruf sağlanırken, enerji fiyatları ve maliyetleri düşmesi ile toplam enerji kullanımında daha büyük oranda bir artış ortaya çıkar. Kısacası enerji verimliliği uzun dönemde toplam enerji talebini üzerinde arttırıcı bir etkiye neden olmaktadır.

Rebound etkisinin varlığı son dönemlerde ampirik araştırmalarda da incelenmektedir. Ampirik bulgular sırasıyla şöyle özetlenebilir: Small ve Van Dender (2006), 1966-2001dönem ABD eyaletlerinde motorlu taşıtlardaki yakıt verimliliği ile yakıt tüketimi arasındaki ilişkiyi panel veri yöntemi ile incelemiştir. Panel veri analiz bulguları, hem kısa hem de uzun vadede motorlu taşıtlar için rebound etkisini doğrulamaktadır. Lin ve Liu (2012), 1981-2009 dönemi Çin'de

teknolojik gelişme, enerji verimliliği ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi Malmquist endeks yardımı ile tahmin etmiştir. Tahmin sonuçları rebound etkisini destekler şekilde ilgili dönem aralığında teknolojik gelişmelerin enerji tüketimi üzerinde %53'lük bir artışa neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Shahbaz vd., (2017), 1972-2011 dönemi çeyreklik veri ile Pakistan'da nüfus, teknolojik gelişme ve refahın enerji talebi üzerindeki etkisini zaman serisi analiz yöntemi ile araştırmıştır. Araştırma sonucunda teknolojik gelişmelerin enerji talebi üzerinde pozitif bir etkisi olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Bu sonuç ilgili dönem aralığında Pakistan için rebound etkisi hipotezini desteklemektedir.

Bu çalışmanın amacı rebound etkisi hipotezini Türkiye için test etmektir. Bu amaç çerçevesinde 1960-2014 dönemi Türkiye'de teknolojik gelişmenin/enerji verimliliğinin enerji tüketimi üzerindeki etkisi ekonometrik yöntemler ile tahmin edilecektir. Tahmin için teknolojik gelişme/enerji verimliliği, Türkiye ekonomisindeki toplam faktör verimliliği (TFV) göstergesi ile temsil edilecektir. Bu çalışmanın önemi ve literatüre katkısı iki yöndedir: Birincisi, literatürde rebound etkisine yönelik yeterli ampirik araştırma bulunmamaktadır. Türkiye için elde edilecek olan bulgular literatüre bu yönde bir katkı sağlayacaktır. İkincisi, Türkiye enerji ihtiyacının önemli bir kısmını (2015 yılı itibariyle %87) fosil enerji kaynaklardan sağlamakta olup, bu ihtiyacını temelde ithalat ile karşılamaktadır. Ayrıca küresel karbon salınımında azımsanmayacak bir payı bulunmaktadır (Koçak ve Şarkgüneşi, 2018). Bu çalışmanın sonuçlarının Türkiye'nin enerji politikalarının tasarlanmasında bir katkı sağlaması beklenmektedir.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir: Girişten sonraki ikinci bölümde model ve veri seti açıklanacaktır. Üçüncü bölümde ekonometrik yöntem ele alınacaktır. Dördüncü bölümde bulgulara yer verilecektir. Beşinci bölüm çalışmanın sonuç kısmından oluşmaktadır.

## 2. Model ve Veri Seti

Araştırma için aşağıdaki gibi bir fonksiyon tahmin edilecektir:

$$EC = f ( TFV, Y, UR, TR) \quad (1)$$

(1) numaralı fonksiyonda EC, TFV, Y, UR ve TR sırasıyla enerji tüketimini, toplam faktör verimliliği, ekonomik büyüme, kentleşme ve ticaret değişkenlerini göstermektedir. Bu fonksiyon, ekonometrik tahmin için aşağıdaki gibi bir logaritmik-doğrusal bir modele dönüştürülmüştür.

$$\ln EC_t = \beta_0 + \beta_1 \ln TFV_t + \beta_2 \ln Y_t + \beta_3 \ln UR_t + \beta_4 \ln TR_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

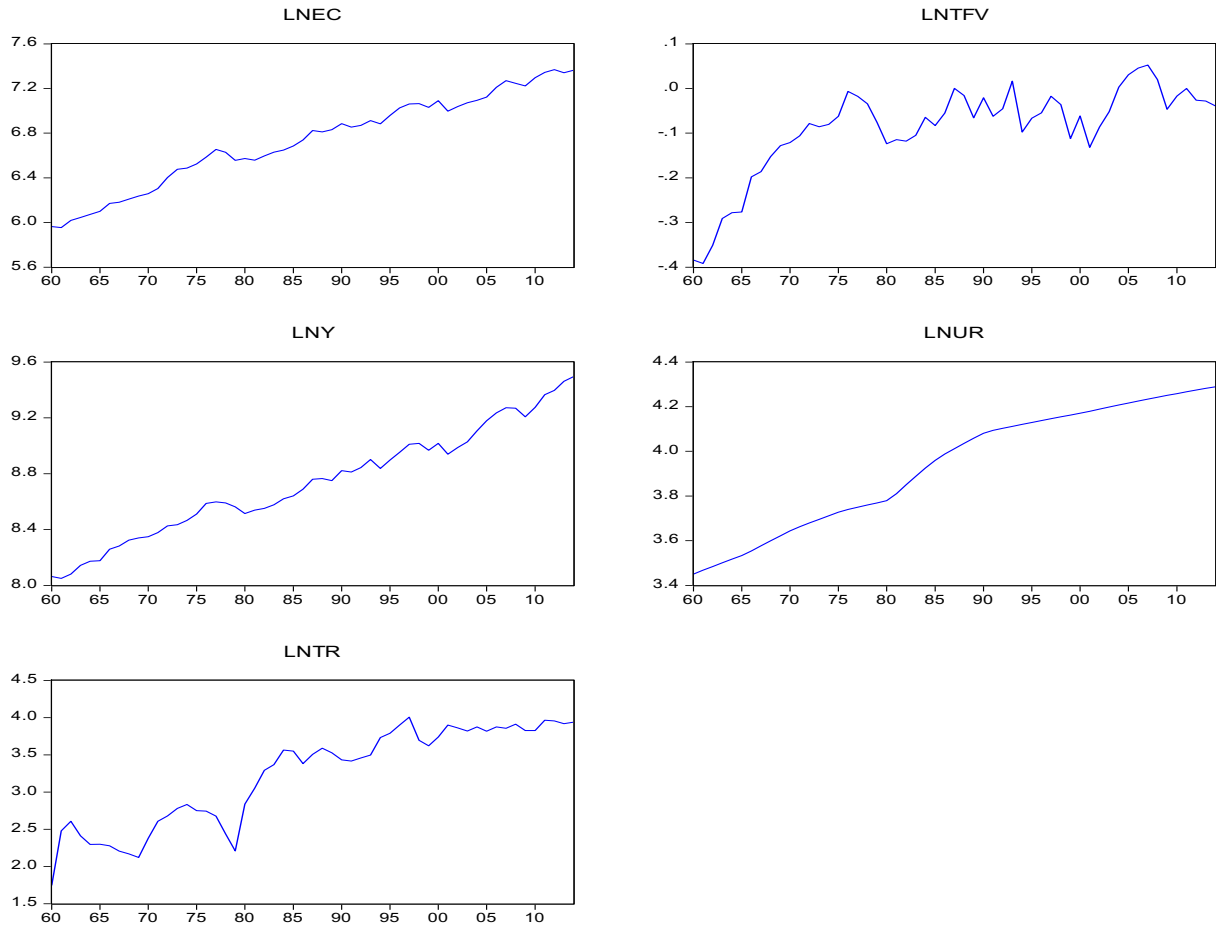
(3) numaralı modelde; (1)  $\beta_0$  sabit terimi, (2)  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_4$  ise değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan tahmin katsayılarını ve (3) t ve  $\varepsilon$ , zaman periyodu ( $t = 1960, \dots, 2014$ ) ve hata terimini göstermektedir. (4)  $\ln EC$  bağımlı değişken,  $\ln TFV$  açıklayıcı değişken ve  $\ln Y, \ln UR$  ve  $\ln TR$  kontrol değişkenlerdir. Tablo 1'de değişkenlere ait veri setine yönelik açıklamalar

gösterilmektedir. Tahmin sonuçlarına göre  $\beta_1 > 0$  ve istatistiki olarak anlamlı ise rebound etkisi hipotezi doğrulanacaktır. Modele kontrol değişken olarak ilave edilen değişkenler, literatür çerçevesinde enerji talebi üzerinde arttırıcı etkisi olduğu düşünülen göstergelerdir. Bu nedenle bu göstergelerin beklenen işareti pozitiftir. Tablo 1’de değişkenlere ait veri setine yönelik açıklamalar ve şekil 1’de verilerin zamana göre değişimleri gösterilmektedir.

**Tablo 1:** Değişkenler ve Veri Setine Yönelik Açıklamalar

Değişken	Kısaltma	Birimi	Veri Kaynağı	Açıklama
Enerji Tüketimi	lnEC	Kg eşdeğer petrol/nüfus	Dünya Bankası	Kişi başına düşen enerji tüketiminin doğal logaritması
Toplam Faktör Verimliliği	lnTFV	Endeks (girdi/çıktı)	Penn World Table	Reel toplam faktör verimliliği endeksinin doğal logaritması
Ekonomik Büyüme	lnY	2010 yılı sabit fiyatlar ile ABD Doları (\$)	Dünya Bankası	Kişi başına düşen gelirin doğal logaritması
Kentleşme	lnUR	Yüzde (%)	Dünya Bankası	Kentlerdeki nüfusun toplam nüfus içindeki payının doğal logaritması
Ticaret	lnTR	Yüzde (%)	Dünya Bankası	İhracat ve ithalat toplamının GSYH oranının doğal logaritması

Şekil 1: Değişkenlerin Zamana Göre Değişimleri



### 3. Ekonometrik Yöntem

Ekonometrinin temel ilgi alanı ekonomik değişkenler arasındaki ilişkilerin regresyon analizleri ile tahmin edilmesidir. Tahmin için genellikle en küçük kareler (EKK) tahmincileri kullanılır. Bu tahmincilerin anlamlılığı geleneksel F. t ve  $R^2$  istatistikleri ile değerlendirilir. Ancak bu tahminlerde analizde kullanılan değişkene ait zaman serisinin birim kök içermesinden kaynaklanan sahte regresyon sorunu ortaya çıkar. Diğer bir ifadeyle, EKK tahminlerinde geleneksel F. t ve  $R^2$  istatistikleri anlamlı da olsa model sonuçları önem ifade etmez. Bu nedenle zaman serisi analizlerinde ilk aşamada birim kök testleri uygulanmalıdır.

Dickey ve Fuller (ADF, 1981) ile Phillips ve Perron (PP, 1988) tarafından geliştirilen birim kök testleri yaygın kullanılmaktadır. ADF ve PP testleri için “seri birim kök içermektedir/ durağan değildir” boş hipotezi “seri birim kök içermemektedir/seri durağandır” alternatif hipotezine karşı sınanmaktadır. ADF ve PP test istatistikleri kritik değerlerden büyük ise boş hipotez reddedilir. Eğer serinin birim kök içermediğine karar verilirse, regresyon modeli EKK ile tahmin edilir. Ancak seri birim kök içeriyorsa, serinin ilk farkı alınıp tekrar test edilmelidir. İlk fark alındığında seriler durağansa, yani  $I[0]$  ise, değişkenler arasındaki ilişkinin tahmininden

önce eş-bütünleşme ilişkisi aranmalıdır. Engle ve Granger (1987), Johansen (1988; 1991), Johansen ve Jusellius (1990) ve Pesaran vd. (2001) eş-bütünleşme testleri ekonometrik araştırmalarda yaygın kullanılmaktadır. Bu çalışmada Johansen (1988; 1991) ve Johansen ve Jusellius (1990) eşbütünleşme testi (JJ testi) kullanılacaktır. JJ testi “Değişkenler arasında eş-bütünleşme yoktur” boş hipotezini, iz ve maksimum özdeğer istatistikleri ile sınamaktadır. Boş hipotezin reddedilmesi durumunda değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin varlığı kabul edilmektedir. Bu durumda regresyon modeli tahmin edilebilir. Tahmin için genellikle normalleştirme yöntemi kullanılmaktadır. Ancak bulguların güvenilirliği açısından alternatif tahmincilerle sağlamlık kontrolü yapmakta fayda vardır. Bu çalışma sağlamlık kontrolü için Stock ve Watson (1993) tarafından geliştirilen dinamik en küçük kareler (DOLS) yöntemini kullanacaktır.

#### 4. Bulgular

Tablo 2’de birim kök test sonuçları gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, değişkenlerin tamamı düzey değerlerinde durağan değilken, ilk farklarında durağandır (I[1]). Bu nedenle regresyon modelini tahmin etmeden önce değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin varlığı test edilmelidir.

**Tablo 2:** Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	ADF test istatistiği	PP test istatistiği
lnEC	-1,209	-1,271
lnTFV	-2,112	-2,129
lnY	0,218	0,229
lnUR	-1,870	-2,066
lnTR	-2,137	-2,033
$\Delta$ lnEC	-7,155 <sup>a</sup>	-7,163 <sup>a</sup>
$\Delta$ lnTFV	-8,189 <sup>a</sup>	-8,186 <sup>a</sup>
$\Delta$ lnY	-7,209 <sup>a</sup>	-7,206 <sup>a</sup>
$\Delta$ lnUR	-3,771 <sup>a</sup>	-4,294 <sup>a</sup>
$\Delta$ lnTR	-7,265 <sup>a</sup>	-7,356 <sup>a</sup>

Not: a, %1 istatistiki anlamlılığı ve  $\Delta$ , ilk fark işlemcisini göstermektedir.

Tablo 3’de JJ eş-bütünleşme test sonuçları gösterilmektedir. Eş-bütünleşme testi için gecikme uzunluğu bilgi kriterleri dikkate alınarak 2 belirlenmiştir. İlgili gecikme uzunluğunda değişen varyans ve otokorelasyon olmadığı görülmüştür. Eş-bütünleşme test sonuçlarına göre hem iz istatistiği hem de maksimum özdeğer istatistiği değişkenler arasında en az bir eş-bütünleşme olduğunu ortaya koymaktadır. Bir sonraki aşamada normalleştirme yöntemi ile uzun dönem katsayıları tahmin edilecektir.

**Tablo 3: Eş-bütünleşme Test Sonuçları****İz Testi (Trace Test)**

Boş Hipotez [No, of CE(s)]	Özdeğer	İz (Trace) İstatistiği	0,05 Kritik Değer	Olasılık
Yok *	0,5732	87,254	69,818	0,001
En az 1	0,343	42,969	47,856	0,133
En az 2	0,209	21,075	29,797	0,352
En az 3	0,135	8,862	15,494	0,378
En az 4	0,024	1,294	3,841	0,255

**Maksimum Özdeğer Testi (Maximum Eigenvalue)**

Boş Hipotez [No, of CE(s)]	Özdeğer	İz (Trace) İstatistiği	0,05 Kritik Değer	Olasılık
Yok *	0.573	44.284	33.876	0.002
En az 1	0.343	21.893	27.584	0.225
En az 2	0.209	12.213	21.131	0.526
En az 3	0.135	7.565	14.264	0.424
En az 4	0.024	1.294	3.841	0.255

Tablo 4’de normalleştirme işlemi ile tahmin edilen uzun dönem katsayıları gösterilmektedir. Tahmin sonuçlarına göre, TFV bir artış enerji tüketimi üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahiptir. Diğer bir ifadeyle, Türkiye için elde edilen bulgular rebound etkisi hipotezini desteklemektedir. Buna ilaveten, kişi başına düşen gelirden, kentleşme ve ticaret düzeyinde meydana gelen artış enerji tüketimini arttırmaktadır. Kontrol değişkenlere ait sonuçlar iktisadi beklentilere uygundur.

**Tablo 4: Normalleştirilmiş Eş-bütünleşme Vektörü**

	lnEC	lnTFV	lnY	lnUR	lnTR
<b>Normalleştirilmiş katsayılar</b>	1	-0,956* [-8,920]	-0,645* [-8,746]	-0,503* [-3,017]	-0,328* [-7,317]
<b>EC = f ( TFV, Y, UR, TR)</b>					
<b>lnEC = 2,101 + 0,956 lnTFV + 0,645 lnY + 0,503 lnUR + 0,328 lnTR</b>					
*, %1 istatistiksel anlamlılığı ve köşeli parantez t istatistikini göstermektedir.					

Tablo 5’de sağlamlık kontrolü için alternatif tahmin (DOLS) sonuçları gösterilmektedir. Tahmin sonuçlarının normalleştirilmiş eş-bütünleşme sonuçları ile büyük oranda tutarlı olduğu

görülmektedir. DOLS sonuçları da Türkiye için rebound etkisi hipotezini doğrulamaktadır. Benzer şekilde kişi başına düşen gelirden ve kentleşme düzeyindeki artışların, enerji tüketimi üzerinde pozitif bir etkisi olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, ilk tahmin sonuçları ile farklı olarak ticaret ile enerji tüketimi arasında beklenenin aksine anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

**Tablo 5:** Alternatif Tahminci: DOLS

<b>Bağımlı Değişken: lnEC</b>			
<b>Değişken</b>	<b>Katsayı</b>	<b>t istatistiği</b>	<b>Olasılık</b>
lnTFV	0,373 <sup>a</sup>	2,859	0,006
lnY	0,606 <sup>a</sup>	6,897	0,000
lnUR	0,458 <sup>b</sup>	2,419	0,019
lnTR	0,037	0,832	0,408
B <sub>0</sub> (Sabit)	-0,490	-1,095	0,278
<b>Tanımsal Testler</b>			
Düzeltilmiş R <sup>2</sup> = 0,987, Durbin-Watson = 1,66, Standart Hata = 0,037			

Not: a ve b, %1 ve %5 istatistiki anlamlılığı göstermektedir.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada 1960-2014 dönemi Türkiye’de rebound etkisinin geçerliliği araştırılmıştır. Araştırma için birim kök, eş-bütünleşme ve uzun dönem katsayı tahmin yöntemleri takip edilmiştir. Tahmin sonuçları, uzun dönemde TFV artışlarının enerji tüketimi üzerinde arttırıcı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç Türkiye’de rebound etkisi hipotezinin geçerliliğini desteklemektedir.

Araştırma sonuçları çerçevesinde; (a) fosil enerji bağımlılığı dikkate alındığında Türkiye’de yenilenebilir ve alternatif enerji ile enerji verimliliği teşvik politikalarının kesintiye uğramadan takip edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. (b) Sürdürülebilir gelişme için enerji verimliliği kritik öneme sahiptir. (c) Ancak rebound etkisi göz önüne alındığında politika otoritelerinin enerji verimliliği yanında karbon salınımını ve fosil enerji bağımlılığını azaltacak teşvik, önlem ve düzenlemeleri hayata geçirmesi gereklidir.

## Kaynakça

- Bilgili, F., Koçak, E., Bulut, Ü., & Kuşkaya, S. (2017a). Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 830-845.
- Bilgili, F., Koçak, E., Bulut, Ü., & Kuloğlu, A. (2017b). The impact of urbanization on energy intensity: Panel data evidence considering cross-sectional dependence and heterogeneity. *Energy*, 133, 242-256.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1057-1072.



- Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
- Herring, H., & Roy, R. (2007). Technological innovation, energy efficient design and the rebound effect. *Technovation*, 27(4), 194-203.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of economic dynamics and control*, 12, 2, 231-254.
- Johansen, S. (1991). Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1551-1580.
- Johansen, S., Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration—with applications to the demand for money." *Oxford Bulletin of Economics and statistics* 52.2: 169-210.
- Koçak, E., & Şarkgüneşi, A. (2017). The renewable energy and economic growth nexus in Black Sea and Balkan countries. *Energy Policy*, 100, 51-57.
- Koçak, E., & Şarkgüneşi, A. (2018). The impact of foreign direct investment on CO2 emissions in Turkey: new evidence from cointegration and bootstrap causality analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(1), 790-804.
- Lin, B., & Liu, X. (2012). Dilemma between economic development and energy conservation: Energy rebound effect in China. *Energy*, 45(1), 867-873.
- Liu, Y., & Xie, Y. (2013). Asymmetric adjustment of the dynamic relationship between energy intensity and urbanization in China. *Energy economics*, 36, 43-54.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326.
- Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Shahbaz, M., Chaudhary, A. R., & Ozturk, I. (2017). Does urbanization cause increasing energy demand in Pakistan? Empirical evidence from STIRPAT model. *Energy*, 122, 83-93.
- Small, K. A., & Van Dender, K. (2005). The Effect of improved fuel economy on vehicle miles traveled: estimating the rebound effect using US State Data, 1966-2001.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 783-820.

Zhang, Y. J., Peng, H. R., Liu, Z., & Tan, W. (2015). Direct energy rebound effect for road passenger transport in China: a dynamic panel quantile regression approach. *Energy Policy*, 87, 303-313.