

## ENERJİ TÜKETİMİNİN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Murat ÇETİN\*  
Fahri SEKER\*\*

### Özet

*Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, politika yapıcılarını ve araştırmacıların yoğun ilgisini çekmektedir. Bu ilişkiyi ortaya koyan ampirik kanıtlar karmaşıktır ve ikna edici değildir. Bu çalışmada, Johansen-Juselius ve Stock-Watson eşbütünleşme testleri ile Toda-Yamamoto nedensellik testleri kullanılarak, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki Türkiye ekonomisi bağlamında 1970-2009 periyodunda incelenmektedir. Eşbütünleşme test sonuçları, değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin varlığını ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, enerji tüketimi ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve güçlü bir etkiye sahiptir. Ayrıca Toda-Yamamoto test sonuçları enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, Türkiye’de enerji darlığının ekonomik büyümeyi negatif olarak etkileyebileceğini ifade etmektedir.*

*Anahtar Kelimeler:* Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme, Eşbütünleşme, Nedensellik.

### The Impact of Energy Consumption on Economic Growth: The Case of Turkey

#### Abstract

*The relationship between energy consumption and economic growth has attracted a lot of interest from policy makers and researchers. Empirical evidence linking this relationship has been mixed and inconclusive. This study examines the link between energy consumption and economic growth for Turkish Economy over period 1970-2009 by employing Johansen-Juselius and Stock-Watson cointegration*

\* Doç. Dr., Bozok Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü.

\*\* Yrd. Doç. Dr., Bozok Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü.

*tests and Toda-Yamamoto causality tests. The results of cointegration tests show that there is a cointegration relationship between variables. In other words, energy consumption has a positive and strong affect on economic growth. Further, the results of Toda-Yamamoto test indicate that there is no causal relationship between energy consumption and economic growth. This results mean that energy shortness can affect economic growth negatively in Turkey.*

**Key Words:** *Energy Consumption, Economic Growth, Cointegration, Causality.*

## 1. GİRİŞ

Üretim ve tüketim faaliyetlerinin önemli bir kısmının girdi olarak enerjiyi gerekli kılması, enerjinin ekonomik büyümenin sürükleyici gücü olup olmadığı konusunu gündeme getirmiştir. Adam Smith'den bu yana geleneksel iktisatçılar sermaye, işgücü ve doğal kaynaklar üzerinde durmuşlar, bu girdiler 17 ve 18'nci yüzyıl ekonomilerinin temel bileşenleri olmuştur. Ancak, 19. yüzyılda sanayileşmiş ülkelerin ortaya çıkması dördüncü temel girdi olarak enerjiyi ön plana çıkarmıştır. 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizleri, enerjinin ekonomideki önemini daha da belirginleştirmiştir.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen teorik literatür farklı görüşleri gündeme getirmektedir. Dunkerley (1982); Ebohon (1996); Stern (1997) ve Templet (1999)'e göre ekonomik büyümenin temel kaynağı enerji tüketimidir. Bu yaklaşımda ekonomik ve teknolojik gelişmenin sağlanmasında işgücü ve sermayenin tamamlayıcısı olarak enerjinin önemli bir rol oynadığı kabul edilir. Yu ve Choi (1985) başta olmak üzere ikinci görüşü savunanlar ise enerjinin ekonomik büyümede asgari ya da nötr bir rol oynadığını düşünürler ve bunu “yansızlık hipotezi” olarak ortaya koyarlar. Bu hipotez, enerjinin bir ülkenin milli gelirinde oldukça küçük bir paya sahip olması nedeniyle ekonomik büyümeyi etkileyemeyeceğine öne sürer.

Teorik literatürde yaşanan bu tartışmalar, ampirik literatürde de kendisini hissettirmiştir. 1970'li yılların petrol krizlerini takiben özellikle Kraft ve Kraft (1978); Akarca ve Long (1979, 1980) enerji kullanımının GSYİH büyümesi ile pozitif yönde ilişki içinde olduğunu savunan argümanları desteklemeye çalışmıştır. Yu ve Hwang (1984) ile Yu ve Choi (1985)'nin çalışmaları ise değişkenler arasında her hangi bir ilişkinin bulunmadığını ortaya çıkarmıştır. Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki hakkında bir çok çalışma olmasına rağmen ampirik sonuçlar farklı bulgular ortaya çıkarmış ve bu konuda bir fikir birliği sağlanamamıştır.

Bu çalışmada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, Türkiye ekonomisi bağlamında ampirik olarak test edilmektedir. Çalışma

1970-2009 periyodunu kapsamakta, Johansen-Juselius (1990) ve Stock-Watson (1993) eş bütünlük testleri ile Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testlerini kullanmaktadır. Başka bir ifadeyle, burada bir eşbütünlük ve nedensellik ilişkisi analiz edilmektedir. Politika perspektifinden bakıldığında ise çalışmanın bulguları önemli politika çıkarımları sunabilecektir. Çalışmanın bundan sonraki bölümleri ise şu şekilde belirlenmiştir. İkinci bölümde enerji ile ekonomik büyüme ilişkisi teorik ve ampirik literatür bağlamında tartışılmaktadır. Üçüncü bölüm ekonometrik model ve veri seti, dördüncü bölüm ise ekonometrik metodoloji üzerinde yoğunlaşmaktadır. Beşinci bölümde ampirik analizlerin sonuçları ele alınmaktadır. Sonuç ve politika çıkarımları ile çalışma son bulmaktadır.

## **2. ENERJİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: TEORİK VE AMPİRİK LİTERATÜR**

### **2.1. Teorik Literatür**

Solow (1956) büyüme modeli başta olmak üzere ilk büyüme modelleri<sup>1</sup> teknolojik gelişmenin nasıl gerçekleşeceği konusunu açıklayamamış, dışsal teknolojik gelişmenin varlığını kabul etmiştir. Teknolojik gelişmeyi içselleştirmeye çalışan Arrow (1962)'un yaparak öğrenme modeli, teknolojinin modeldeki değişkenlerdeki değişimlere cevap vermesine imkân tanımıştır. Öte yandan, Rebelo (1991)'nin AK tipi büyüme modeli ise araştırma-geliştirme faaliyetlerini açık bir şekilde modelleyememiştir. Bu modelde büyüme oranı tasarruf oranı tarafından sürekli olarak etkilenmekte, tasarruf oranındaki artışlar ekonominin büyüme oranını yükseltmektedir.

Aghion ve Howitt (1998) gibi Schumpeteryan büyüme modellerinde sermaye malları endüstrisi aksak rekabet piyasası özelliği taşır ve firmalar monopolcü karı elde edebilmek için araştırma-geliştirme faaliyetlerine yatırım yaparlar. Yenilikler, yeni sermaye ve tüketim mallarında bulunur. Sermaye birikimi ve yenilikler uzun dönemli büyüme oranını belirler. Teknoloji daha kompleks olduğu için yenilik sektöründe azalan getiriler söz konusu olursa bu durumda ekonomi sabit bir büyüme oranına sahip olacaktır. Lucas (2002) büyüme modelinde endüstri öncesi toplumdan

---

<sup>1</sup> Neo-klasik iktisat sermaye, işgücü ve teknoloji olmak üzere üç temel üretim faktörü üzerine bina edilmiştir. Sermaye, ekonomide üretimin önemli bir parçasıdır. Neo-klasik iktisatçılar işgücünün nasıl yetiştirileceği konusunda ketumdur. Onlara göre işgücü dışsal olarak büyür. Teknoloji, bilgi stoku olarak tanımlanır. Ancak burada tüm ekonomik faaliyetlerin sürükleyicisi olan enerji faktörü göz ardı edilmiştir. Beşeri olmayan kaynaklardan olan enerji, ekonomiye bir ara girdi olarak dâhil olmuştur. Daha basit bir ifadeyle, enerji bir üretim faktörü değildir (Alam, 2006:1).

modern ekonomiye dönüşümde beşeri sermaye ve doğurganlık kararlarının rolüne vurgu yapar. Aghion ve Howitt (2009) modelinin de daha önceki ana akım ekonomik büyüme modelleri gibi üretim faktörü olarak enerjiyi dikkate almadığı söylenebilir.

Smile (1994) gibi bazı ekonomi coğrafyacıları ile Wrigley (1988) ve Allen (2009) gibi ekonomi tarihçileri enerjiyi endüstri devriminin temel faktörü olarak gördüğü gibi, ekonomik büyümede de hayati bir rol oynadığına inanmaktadırlar. Wrigley (1988) Almanya ve Britanya ekonomilerindeki gelişmeleri tartışmış, sermaye birikimine olan bağımlılığı zayıflatan uygun yeni enerji kaynaklarına sahip enerji faktörü ile sermaye arasındaki düşük ikame edilebilirlik durumuna vurgu yapmıştır.

Enerjiyi ekonomik büyüme konusuna dahil edenler arasında ekolojik iktisatçıların oldukça önemli bir yeri vardır. Georgescu-Roegen (1971); Costanza (1980); Cleveland vd., (1984); Hall vd., (1986); Grever vd., (1986); Ebohon (1996); Stern (1997, 2010); Templet (1999); Ayres ve Warr (2005) enerjinin ekonomik büyümedeki rolü konusundaki görüşlerini ekonominin biyofiziksel temellerinden çıkarmaktadırlar<sup>2</sup>. Bu modeller, enerjiyi temel bir üretim faktörü olarak kabul eder. Bu bakış açısına göre tüm değerler sermaye ve işgücünün yönlendirdiği enerji aktivitesinden sağlanır. Ekonomide enerji akışı, terminolojide temel girdi olarak kabul edilen fosil yakıt birikimi ve güneşin bir hizmeti olarak kabul edilir.

Gever vd., (1986)'in geliştirdiği biyofiziksel ekonomi modelinde coğrafi kısıtlar enerji çıkarım düzeyini belirlemektedir. Cleveland vd., (1984) ve Hall vd., (1986) teknolojinin rolünü önemsememişler, artan enerji kullanımının verimlilik artışının nedeni olduğunu, yeniliklerin daha fazla enerji kullanımına izin vererek temelde verimlilik artışına neden olduğunu tartışmışlardır. Bu nedenle artan enerji kullanımı ekonomik büyümenin temel nedenidir görüşünü paylaşmaktadırlar.

Stern (1997) sermaye, doğal kaynaklar ve teknolojik gelişme arasındaki ikamenin kaynak kıtlığının giderilmesinde sınırlı bir rol oynayabileceğini tartışmıştır. Stern (2010) enerji girdisini ilave ederek Solow (1956) modelini geliştirmiştir. Bu modelde enerji, sermaye ve işgücü ile düşük ikamesi olan bir faktör konumundadır. Model, enerjinin

---

<sup>2</sup> Ayres ve Kneese (1969) bu termodinamik kanunları ele almışlardır. Koruma kanunu olarak bilinen ilk termodinamik kanunu, kütle denge prensibini ortaya koyar. Bu kanun, veri bir materyal çıktısı elde edebilmek için ona eşit düzeyde ya da daha büyük bir materyalin girdi olarak üretim sürecine katılmasını gerektirir. Bu nedenle herhangi bir materyal çıktısı üreten süreci için minimum düzeyde bir materyal girdisine gereksinim vardır. İkinci termodinamik kanunu, etkinlik kanunu olarak bilinmektedir ve maddenin dönüşümünün gerçekleşmesi için minimum düzeyde de olsa bir enerjiye gereksinim olduğunu ima eder. Bu nedenle, enerji için diğer üretim faktörlerinin ikamesinin sınırı olmalıdır. Tüm ekonomik süreçler, enerjiye ihtiyaç duymaktadır.

uygunluğuna ve teknolojik değişimin yapısına bağlı olarak enerjinin büyüme üzerinde bir kısıt ya da büyümenin bir destekleyicisi olduğunu ortaya koymaktadır. Model iki temel eşitlikten oluşur:

$$Y = \left[ (1 - \gamma) (A_L^\beta L^\beta K^{1-\beta})^\phi + \gamma (A_E E)^\phi \right]^{\frac{1}{\phi}} \quad (1)$$

$$\Delta K = s(Y - p_E E) - \delta K \quad (2)$$

1 no'lu eşitlik çıktı (Y) üretebilmek için sermaye (K), işgücü (L) ve enerji (E) girdilerinin yer aldığı bir Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu içerir.  $\phi = \frac{\sigma - 1}{\sigma}$  ve  $\sigma$  enerji ile toplam katma değer arasındaki ikame esnekliğini gösterir.  $p_E$  enerji fiyatını,  $\gamma$  enerji ve katma değer nispi önemini yansıtan parametreyi ifade eder.  $A_L$  ve  $A_E$  enerji ve işgücünün büyüme indeksini yansıtır. 2 no'lu eşitlik tıpkı Solow (1956) modelinde olduğu gibi sermaye talebi eşitliğini ifade eder. Burada sermaye aşınması sabit bir  $\delta$  oranında gerçekleşir. Bu varsayımlar, bir büyüme modelinde esnetilebilecek varsayımlardır. 1 no'lu eşitlik alan girdisini ihmal eder. Bu, aslında ekonominin endüstri sektörünü içeren bir model olarak görülebilir.  $\sigma = 1$  ve  $\gamma = 0$  olduğunda Solow modelinin özel bir hali ile karşı karşıya kalınır ki, bu durağan durumda K ve Y işgücü büyüme oranında artış gösterir. İlave olarak, enerjinin kıt ya da bol oluşuna bağlı olarak model ya Solow tipi bir davranış ya da enerji kısıtlamalı bir davranış sergiler. Veri bir ikame esnekliği için enerji oldukça bol olduğunda sermaye stoku ve çıktının durağan durum düzeyi, Solow modelindeki gibi belirlenir. Ancak, enerjinin nispeten kıt olması durumunda ise durağan durum, enerji arz düzeyi ile enerji tasarruf edici teknoloji düzeyine bağlıdır. Bu nedenle endüstri öncesi dönemde sınırlı alan faktörü nedeniyle enerji kıt olduğundan çıktının durağan durum düzeyi, enerji tasarrufu ya da enerji etkinliği ile belirlenmiştir. Endüstri devriminden sonra enerji bol bir üretim faktörü haline geldiğinden ekonominin uzun dönem davranışı Solow modelindeki gibi bir davranış sergilemeye başlamıştır.

Söz konusu büyüme modellerinin yanı sıra, Toman ve Jemelkova (2003) enerji ve ekonomik büyüme-kalkınma arasındaki ilişkiyi inceleyen literatürü ayrıntılı olarak incel çemiştir. Bu yazarlar, ekonomik kalkınmanın enerji kullanımını sürüklediği görüşünü kabul ederler. Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin ekonomik kalkınma sürecinin aşamalarında farklılık gösterebileceğini iddia ederek enerji gelişiminin ekonomik kalkınmanın önemli bir bileşeni olduğu sonucuna varmışlardır. Örneğin;

kalkınmanın düşük seviyelerinde enerji biyolojik kaynaklar ve beşeri çabalar ile elde edilir. Kalkınmanın orta düzeylerinde daha çok işlenmiş biyoyakıtlar, hayvan gücü ve bazı ticari fosil enerji kaynakları daha da önem kazanmaktadır. Kalkınmanın en ileri aşamalarında ise elektrik gibi ticari yakıtlar önemli bir rol oynamaktadır.

## 2.2. Ampirik Literatür

Bu teorik değerlendirmelerin yanı sıra, son yıllarda önemli sayıda ampirik çalışma enerji tüketimi ile ekonomik büyüme konularının farklı yönlerini araştırmaktadır. Ancak, literatürde enerji tüketiminin ekonomik büyümenin bir sonucu ya da bir nedeni olup olmadığı konusunda bir fikir birliği bulunmamaktadır.

Bu alandaki öncü çalışmalardan birisi olarak kabul edilen Kraft ve Kraft (1978) 1947-1974 periyodu için Amerikan ekonomisinde GSMH'den enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik bulgusuna rastlamışlardır. Granger nedenselliği üzerinde duran Yu ve Hwang (1984) ile Yu ve Choi (1985) Amerikan ekonomisi için herhangi bir ilişki tespit edememişlerdir. Masih ve Masih (1996) Pakistan ekonomisi için çift yönlü bir nedenselliğin olduğuna dair kanıtlar sunar. Asafu-Adjaye (2000) Hindistan ekonomisi bağlamında enerji tüketiminden GSYİH'ya doğru işleyen tek yönlü bir nedenselliğin varlığını ispat etmiştir.

Shiu ve Lum (2003) Çin ekonomisinde elektrik tüketimi ile reel GSYİH arasındaki ilişkiyi test etmiştir. Çalışmada iki değişken arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, elektrik tüketiminden reel GSYİH'ya doğru işleyen tek yönlü bir nedenselliğe rastlanmıştır.

Yemane (2004) kişi başına elektrik tüketimi ve kişi başına reel GSYİH arasındaki uzun dönemli nedensellik ilişkisini onyeddi Afrika ülkesi için 1971-2001 döneminde analiz etmiştir. Çalışma Pesaran vd., (2001) sınır testini ve Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testini kullanır. Çalışmanın ampirik sonuçları, dokuz ülke ekonomisinde değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkiyi tespit etmiştir. Altı ülkede kişi başına reel GSYİH'den kişi başına elektrik tüketimine doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik, üç ülkede ise ters yönlü bir nedenselliğin varlığı ortaya konulmuştur.

Wietze ve Kees (2005) 1970-2003 periyodunda yıllık verileri kullanarak enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Türkiye ekonomisi bağlamında araştırmıştır. Engle-Granger (1987) eşbütünleşme testi ve hata düzeltme modelinin kullanıldığı bu çalışmanın ampirik bulguları, iki değişken arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunu göstermektedir. Çalışma, aynı zamanda GSYİH'den enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedenselliğin varlığını kanıtlar.

Haipeng vd., (2005) elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyebilmek için eşbütünlük testi ve hata düzeltme modelini kullanmıştır. 1953-2003 dönemi yıllık verilerinin kullanıldığı ve Çin ekonomisinin analiz edildiği bu çalışmanın ampirik bulgusuna göre, reel GSYİH ile elektrik tüketimi arasında bir eşbütünlük ilişkisinin varlığı belirlenmiştir. Çalışma, ayrıca elektrik tüketiminden reel GSYİH'ye doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik tespit etmiştir.

Altınay ve Karagöl (2005) 1950-2000 periyodu için Türkiye ekonomisi bağlamında elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini araştırmıştır. Granger (1969) nedensellik testlerinin kullanıldığı çalışmanın ampirik sonuçları, elektrik tüketiminden GSYİH büyümesine doğru işleyen tek yönlü bir nedenselliği ortaya çıkarmaktadır.

Squalli ve Wilson (2006) Körfez Arap Ülkeleri İşbirliği Konseyi altı üyesi için elektrik tüketimi ile GSYİH büyümesi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma, Pesaran vd., (2001) sınır testini ve Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testini kullanır. Burada, ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi arasında uzun dönemli bir ilişki bulunmuştur.

Aitor ve Aioha (2007) enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki lineer ve nonlineer nedensellik ilişkisini İspanya ekonomisi için test etmiştir. 1971-2005 dönemine ilişkin yıllık verilerin kullanıldığı çalışma GSYİH büyümesinden enerji tüketimine doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik tespit etmiştir. Ancak, değişkenler arasında nonlineer nedensellik ilişkisi kanıtlanamamıştır.

Noor ve Siddiqi (2010) 1971-2006 döneminde beş Güney Asya ülkesi için enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini inceler. Çalışma, kısa ve uzun dönem tahminleri için panel eşbütünlük tekniğini ve panel vektör hata düzeltme modelini kullanır. Kısa dönemde kişi başına GSYİH'den kişi başına enerji tüketimine doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Sonuçlar, kişi başına enerji tüketimindeki %1'lik bir artışın kişi başına düşen GSYİH'de %0.13'lük bir azalışa neden olduğunu göstermektedir. Bu sonuca göre, enerji kullanımı ekonomik büyümeyi caydırmaktadır.

Abaidoo (2010) GSYİH büyüme hızı ile enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisini Gana ekonomisi için araştırmıştır. Çalışma, 39 yıllık çeyreklik veriler ile Granger (1969) ve Sims (1972) nedensellik testlerini kullanır. Ampirik sonuçlara göre, Gana ekonomisinde değişkenler arasında iki yönlü bir nedenselliğe dair kanıt tespit edilmiştir.

Aydın (2010) enerji tüketimi ile büyüme ilişkisini önce toplulaştırılmış denklemlerle incelemiş daha sonra ayrıştırılmış denklemler kullanarak birincil enerji tüketimini oluşturan kaynakların ekonomik büyüme üzerindeki etkisini analiz etmiştir. İlk analizde 1996:01-2004:04 dönemine

ait üçer aylık veriler; ikinci analizde ise 1980-2004 dönemi yıllık verileri kullanılarak zaman bakımından bir sınırlama getirilmiştir. Toplulaştırılmış denklemlerle yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki söz konusudur. Enerji tüketimindeki %1’lik bir artış ekonomik büyümede %1.03’lük bir artışa neden olmaktadır. Dolayısıyla, çalışma enerji odaklı ekonomik büyüme hipotezini kanıtlar niteliktedir.

### 3. EKONOMETRİK MODEL VE VERİ SETİ

Bu çalışmada enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişkiyi test etmek için aşağıdaki gibi bir lineer çoklu regresyon modeli kullanılmıştır:

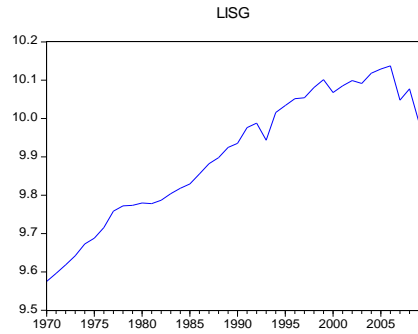
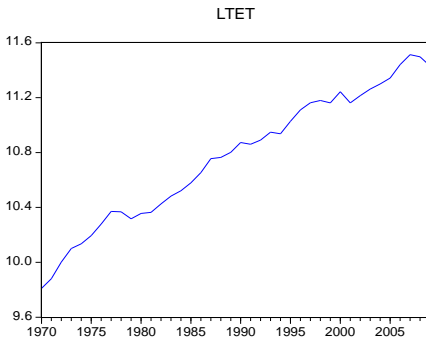
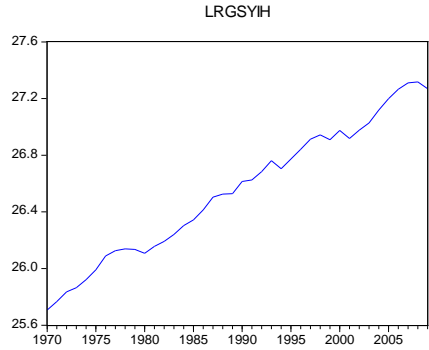
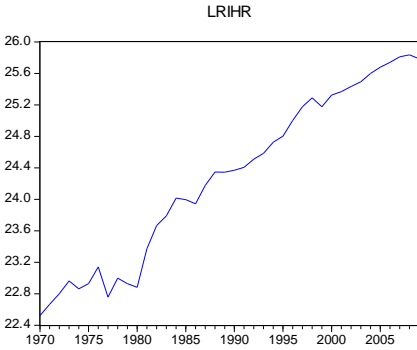
$$LRGSYIH_t = f(LTET_t, LRIHR_t, LISG_t) \quad (3)$$

Çalışmanın veri seti, 1970-2009 dönemine ilişkin Reel Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (RGSYİH), Toplam Enerji Tüketimi (TET), Reel İhracat (RIHR) ve İşgücü (ISG) değişkenlerinden oluşur. Türkiye ekonomisine ait söz konusu zaman serileri, Dünya Bankası ile Birleşmiş Milletler istatistiklerinden elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler, Tablo 1’de ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Logaritması alınarak analizlere dâhil edilmiş olan serilerin grafiksel gösterimi aşağıda görülmektedir.

**Tablo 1. Değişkenlerin Tanımlanması**

Değişkenler	Tanımları
RGSYIH	Reel Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (2005=100; TL)
RIHR	Reel İhracat (2005=100; TL)
TET	Toplam Enerji Tüketimi (Petrol Eşdeğeri Kt.)
ISG	Toplam İşgücü
LRGSYIH	Logaritması Alınmış RGSYIH
LRIHR	Logaritması Alınmış RIHR
LTET	Logaritması Alınmış TET
LISG	Logaritması Alınmış ISG
ΔLRGSYIH	Birinci Farkı Alınmış LRGSYIH
ΔLRIHR	Birinci Farkı Alınmış LRIHR
ΔLTET	Birinci Farkı Alınmış LTET
ΔLISG	Birinci Farkı Alınmış LISG





## 4. EKONOMETRİK METODOLOJİ

Çalışmanın temel amacı, Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişkinin analiz edilmesidir. Bu nedenle değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki, Johansen-Juselius (1990) ve Stock-Watson (1993) eşbütünlüme testleriyle değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin analiz edilmesinde Toda-Yamamoto (1995) nedensellik testine başvurulmuştur.

### 4.1. Birim Kök Analizi: Phillips-Perron ve Dickey-Fuller (GLS) Testleri

Yukarıda ifade edilen testlerin yapılmasında değişkenlerin bütünlüme derecelerinin belirlenmesi yani birim kök analizi bir ön hazırlık niteliğinde olduğundan öncelikle birim kök testleri dikkate alınmıştır.

Ekonometri literatüründe uzun bir süredir tanınmakta olan Dickey-Fuller (DF) (1979) ve Augmented Dickey-Fuller (ADF) (1981) testleri düşük

bir güce<sup>3</sup> sahip oldukları için önemli derecede eleştiri almaktadır. Bu nedenle çalışmada Phillips-Perron (1988) ve Dickey-Fuller (GLS) (1996) testleri tercih edilmiştir.

Phillips ve Perron (PP) 1988 yılında özellikle finansal zaman serilerinin analizinde popüler olan birkaç birim kök testi geliştirmiştir. Bu testler, hata terimlerindeki seri korelasyon ve heteroskedastisite problemlerine bakış açıları itibarıyla ADF testlerinden ayrılmaktadır. PP testlerinin ADF testlerine önemli bir üstünlüğü, PP testlerinin  $u_t$  hata terimindeki genel heteroskedastisite formlarına karşı daha dirençli olmasıdır (Hamilton, 1994). Bir diğer avantajı, kullanıcının test regresyonları için spesifik bir gecikme uzunluğuna sahip olmayışıdır. Bu testlerde maksimum gecikme uzunluğu, Newey-West kriteri dikkate alınarak belirlenir (Newey ve West, 1994). PP testlerinde temelde aşağıdaki regresyon denklemi kullanılmaktadır:

$$\Delta y_t = \beta' D_t + \pi y_{t-1} + u_t \quad (5)$$

Burada  $u_t I(0)$  ya da heteroskedastik olabilir. PP testlerinde hata terimlerindeki herhangi bir seri korelasyon ve heteroskedastisite sorunu  $t_{\pi=0}$  ve  $T_{\pi}$  istatistikleri modifiye edilerek düzeltilir. Bu istatistiklerin modifiye edilmiş hali  $Z_t$  ve  $Z_{\pi}$  olarak gösterilir ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Z_t = \left( \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\lambda}^2} \right)^{1/2} t_{\pi=0} - \frac{1}{2} \left( \frac{\hat{\lambda}^2 - \hat{\sigma}^2}{\hat{\lambda}^2} \right) \left( \frac{T \cdot SE(\hat{\pi})}{\hat{\sigma}^2} \right)$$

$$Z_{\pi} = T_{\pi} - \left( \frac{1}{2} \frac{T^2 \cdot SE(\hat{\pi})}{\hat{\sigma}^2} \right) (\hat{\lambda}^2 - \hat{\sigma}^2)$$

$\hat{\sigma}^2$  ve  $\hat{\lambda}^2$  aşağıda ifade edilen varyans parametrelerinin uyumlu tahminleridir:

$$\hat{\sigma}^2 = \lim(T \rightarrow \infty) T^{-1} \sum_{t=1}^T E[u_t^2]$$

<sup>3</sup> Bir testin gücü, yanlış olan hipotezi red etme olasılığı ile ölçülür. Dickey-Fuller (1979) testlerinin bu açıdan gücü düşüktür. Çünkü bu testler, birim kök ve yakın birim kökü ayırtmada yetersiz kalmaktadırlar.

$$\lambda^2 = \lim(T \rightarrow \infty) \sum_{t=1}^T E[T^{-1} S_T^2]$$

Burada  $S_T = \sum_{t=1}^T u_t$ . En küçük karelerin örnek varyansı  $\hat{u}_t$ ,  $\sigma^2$  nin uyumlu bir tahminidir ve  $\hat{u}_t$ ' yi kullanan Newey-West'in uzun dönemli varyans tahmini ( $u_t$ ),  $\lambda^2$  nin uyumlu bir tahminidir.  $\pi = 0$  sıfır hipotezi altında PP'nin  $Z_t$  ve  $Z\pi$  istatistikleri ADF test istatistiklerinde olduğu gibi benzer asimptotik dağılımlar sergiler. Hem PP hem de ADF testlerinde sıfır hipotezi birim kökün varlığını ifade ederken, alternatif hipotez durağanlık hipotezidir.

Bu çalışmada kullanılan bir diğer birim kök testi, Elliott vd., (1996) tarafından geliştirilmiştir. DF testlerinin gücünün düşük olması nedeniyle Elliott vd., (1996) tarafından alternatif bir birim kök testi önerilmiştir. Modifiye edilmiş Dickey-Fuller testi olarak da bilinen bu test genelde DF-GLS testi olarak isimlendirilmektedir. Bu test aşağıdaki regresyon denklemini kullanır:

$$(1-L)y_{t-1}^{\tau} = a_{0t-1}^{\tau} + \sum_{j=1}^p a_j (1-L)y_{t-1}^{\tau} + u_t \quad (6)$$

,Burada  $u_t$  beyaz gürültü sürecine tabi hata terimini ifade eder.  $y_{t-1}^{\tau} = y_t - \bar{\beta}' z_t$ ,  $z_t = (1, t)$  ve  $\bar{\beta}$ ,  $\tilde{y}_t$  nin  $\tilde{z}_t$  üzerine olan regresyonunun katsayısını ifade eder.

$$(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \dots, \tilde{y}_T) = [\tilde{y}_1, (1 - \bar{\alpha}L)y_2, \dots, (1 - \bar{\alpha}L)y_T],$$

$$(\tilde{z}_1, \tilde{z}_2, \dots, \tilde{z}_T) = [\tilde{z}_1, (1 - \bar{\alpha}L)z_2, \dots, (1 - \bar{\alpha}L)z_T],$$

$H_0: a_0=0$  hipotezini  $H_1: a_0 < 0$  hipotezine karşı test eden t-testi, DF-GLS $_{\tau}$  test istatistiğini verir. Kritik değerler, Elliott vd., (1996) Tablo 1'den elde edilir. DF-GLS $_{\tau}$  testinin asimptotik dağılımı, geleneksel DF testlerinde olduğu gibidir.

## 4.2. Eşbütünleşme Analizi: Johansen-Juselius ve Stock-Watson Testleri

Johansen-Juselius (1990) prosedürü, iki adımlı Engle-Granger (1987) prosedüründen daha üstün özelliklere sahiptir. Johansen ve Juselius tarafından önerilen maksimum olabilirlik metodolojisi aşağıdaki gibi bir VAR modeline dayanır:

$$X_t = \mu + \Pi_1 X_{t-1} + \Pi_2 X_{t-2} + \dots + \Pi_p X_{t-p} + u_t \quad (7)$$

Burada  $X$  (nx1) boyutunda bir değişkenler vektörü,  $\mu$  (nx1) boyutunda bir sabit terimler vektörü,  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_p$  (nxn) boyutunda sabit matrisleri,  $u$  sıfır ortalama ve sabit değişkenlere sahip (nx1) boyutunda bir hata terimleri vektörünü ifade eder. (7) no'lu denklem aşağıdaki gibi de ifade edilebilir:

$$\Delta X_t = \mu + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta X_{t-i} + \Gamma X_{t-p} + e_t \quad (8)$$

Burada  $\Gamma_1 = -I + \Pi_1 + \dots + \Pi_p$  ( $i = 1, 2, \dots, p-1$ ), ve  $\Gamma = -I + \Pi_1 + \dots + \Pi_p$ . Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi belirleyen  $\Gamma$  matrisinin rankı,  $r$ 'nin simgelediği bağımsız eşbütünleşik vektörler sayısına eşittir.  $r=0$  olduğunda  $X$  değişkenleri durağan değildir. (8) no'lu denklem birinci farkında klasik bir VAR sistemini niteler. Bunun yanı sıra  $\Gamma$  matrisinin rankı= $n$  ve  $r=n$  olduğunda  $X$  değişkenleri durağan olur.  $r=1$  ise  $\Gamma$   $X_{t-p}$  hata düzeltme faktörüdür.  $r$ ,  $n$ 'den küçük ve  $1$ 'den büyük olduğu durumlarda çoklu eşbütünleşme vektörleri söz konusudur. Eş bütünleşme vektörlerinin sayısı,  $\Gamma$ 'nin karakteristik köklerinin anlamlılığı kontrol edilerek belirlenebilir.

Johansen-Juselius prosedürü, eşbütünleşme vektörlerinin sayısını tespit edebilmek için iki test istatistiği önerir: İz istatistiği ve maksimum özdeğer istatistiği. İz testi, matris rankının  $r$ 'ye eşit ya da  $r$ 'den küçük olduğunu ifade eden  $H_0$  hipotezini test eder. Diğer test istatistiği olan maksimum özdeğer test istatistiği ise, eşbütünleşme vektörünün  $r$  olduğunu ifade eden  $H_0$  hipotezini,  $r+1$  olduğunu ifade eden alternatif hipoteze karşı test eder. Her iki test istatistiğinin kritik değerleri, Johansen ve Juselius (1990) tarafından geliştirilen asimptotik kritik değerler ile karşılaştırılır. Her iki test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$J_{iz} = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$

$$J_{\max} = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1})$$

Bir diğer eşbütünleşme testi olan Stock-Watson (1993) Dinamik En Küçük Kareler (DEKK) yöntemi ise EKK tahmincisindeki sapma ve içsellik sorununu gidermek için modele açıklayıcı değişkenlerin düzeyleriyle, farklarının gecikmelerinin ve öncüllerinin eklenmesini önerir. Bu şekilde elde edilecek tahminlerden standart istatistikleri ve tablo değerlerini kullanarak istatistiksel çıkarım yapılabilmektedir. Bu süreç, Johansen ve Juselius (1990) sürecine göre daha avantajlıdır. Ayrıca Johansen sisteminde bir denklemdaki parametre tahmini diğer bir denklemdaki model kurma hatasından etkilenmekteyken, burada tek bir denklemle çalışıldığı için bu durumla karşılaşmaz. DEKK tahmincilerinin özellikle küçük örneklerde diğerlerine göre daha iyi bir performans sergilediği gösterilmiştir. DEKK tahmincilerinin kullanılabilmesi için bağımlı değişken ve açıklayıcı değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olması gerekmektedir. Analizde kullanılacak değişkenlerin hepsi I(1) olabileceği gibi daha yüksek dereceden I(d) de olabilirler.

Stock-Watson (1993) tarafından geliştirilen DEKK yöntemi değişkenlerin bütünleşme derecesi farklı ve yüksek olduğu durumda eşbütünleşme vektörlerinin etkin tahminine izin verir. DEKK tahmincilerine dayalı Wald istatistikleri asimptotik olarak standard  $X^2$  dağılımı gösterirler.

Stock-Watson eşbütünleşme vektörlerinin çok basit biçimde tahmini için iki alternatif tahminci geliştirmiştir. Başka çalışmalarda değişkenlerin hepsinin I(1) olduğu durumda kullanılan bu tahmincileri Stock-Watson I(d) durumu için genelleştirmiştir. Değişkenlerin hepsinin I(1) olduğu ve tek bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğu durumda, bağımlı değişkenin diğer değişkenlerin cari dönemleri, farklarının öncül ve gecikmeli değerleri ve sabit terim üzerine regresyonu yapılarak EKK tahmincilerin yardımıyla parametre tahminleri elde edilir. Bu şekilde uygulanan DEKK sürecinin asimptotik olarak Johansen ve Juselius tahmincisine eşdeğer olduğu gösterilmiştir.

Burada DEKK süreci ile değişkenler arasındaki uzun dönem ilişki şu regresyonla ele alınmıştır:

$$LRGSYIH_t = \alpha + \sum_{i=-(q-1)}^{q-1} \delta_i \Delta LTET_{t-i} + \sum_{i=-(m-1)}^{m-1} \varphi_i \Delta LRIHR_{t-i} + \sum_{i=-(n-1)}^{n-1} \gamma_i \Delta LISG_{t-i}$$

$$+ \beta_1 LTET_t + \beta_2 LIHR_t + \beta_3 LISG_t + u_t \quad (9)$$

Budenklemde,  $LRGSYIH_t = \alpha + \beta_1 LTET_t + \beta_2 LRIHR_t + \beta_3 LISG_t$  eşitliği eş bütünleşme ilişkisini verir. Dikkat edilirse sağ tarafta sadece açıklayıcı değişkenlerin öncülleri ve gecikmelerinin yer almasına izin verilir.

### 4.3. Nedensellik Analizi: Toda-Yamamoto Testi

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini test etmede kullanılan Toda-Yamamoto (1995) prosedürü,  $k$  gecikmeli VAR modeli parametrelerine kısıtlama testleri uygulamak için geliştirilmiş bir Wald testine (MWALD) dayanır.  $k$  serbestlik dereceli asimptotik olarak  $X^2$  dağılımı sergileyen ve serilerin düzey değerlerine uygulanabilen bu test başlıca iki aşamadan oluşur. Birinci aşamada, optimal  $k$  gecikme uzunluğu ve sistemdeki seriler için maksimum bütünleşme derecesi ( $d_{\max}$ ) belirlenir. Optimal gecikme uzunluğu ( $k$ ) ve maksimum bütünleşme derecesinin ( $d_{\max}$ ) belirlenmesiyle birlikte toplamda  $k+d_{\max}$  gecikme uzunluğuna sahip geliştirilmiş VAR modeli tahmin edilir. Toda-Yamamoto prosedürünün ikinci aşamasında, Granger nedenselliği hakkında çıkarım yapabilmek için  $k$  gecikmeli VAR katsayı matrisine Wald testleri uygulanır.

Toda-Yamamoto prosedürü, enerji girdisini içeren ekonomik büyüme modelimiz dikkate alınarak, aşağıdaki denklemler ile ifade edilebilir:

$$LRGSYIH_t = \alpha_0 + \beta_{1i} \sum_{i=1}^k LRGSYIH_{t-i} + \beta_{2j} \sum_{j=k+1}^{d_{\max}} LRGSYIH_{t-j} + \gamma_{1i} \sum_{i=1}^k LISG_{t-i} + \gamma_{2j} \sum_{j=k+1}^{d_{\max}} LISG_{t-j} + \phi_{1i} \sum_{i=1}^k LRIHR_{t-i} + \phi_{2j} \sum_{j=k+1}^{d_{\max}} LRIHR_{t-j} + \lambda_{1i} \sum_{i=1}^k LTET_{t-i} + \lambda_{2j} \sum_{j=k+1}^{d_{\max}} LTET_{t-j} + \varepsilon_{1t} \quad (10)$$

$$LTET_t = \alpha_0 + \beta_{1i} \sum_{i=1}^k LTET_{t-i} + \beta_{2j} \sum_{j=k+1}^{d_{\max}} LTET_{t-j} + \gamma_{1i} \sum_{i=1}^k LISG_{t-i} + \gamma_{2j} \sum_{j=k+1}^{d_{\max}} LISG_{t-j} + \phi_{1i} \sum_{i=1}^k LRIHR_{t-i} + \phi_{2j} \sum_{j=k+1}^{d_{\max}} LRIHR_{t-j} + \lambda_{1i} \sum_{i=1}^k LRGSYIH_{t-i} + \lambda_{2j} \sum_{j=k+1}^{d_{\max}} LRGSYIH_{t-j} + \varepsilon_{2t} \quad (11)$$

Burada  $\varepsilon_{1t}$  ve  $\varepsilon_{2t}$  hata terimlerinin sıfır ortalama, sabit varyansa sahip ve oto korelasyonun olmadığı bir beyaz gürültü (white noise) sürecine tabi olduğu varsayılır. (10) no'lu denklemde şayet  $\lambda_{1i}$  bir bütün olarak anlamlı ise LTET değişkeni, LRGSYIH değişkeninin Granger nedenidir denir. (11) no'lu denklemde şayet  $\lambda_{1i}$  bir bütün olarak anlamlı bulunduğu

LRGSYIH değişkeni LTET değişkeninin Granger nedeni olduğu sonucuna varılır. Şayet her iki denklemde de  $\lambda_i$  ler bir bütün olarak anlamlı ise bu durumda değişkenler arasında çift yönlü bir nedenselliğin olduğu kanısına varılır.

## 5. AMPİRİK SONUÇLAR

Bu bölümde, ekonometrik testlerden elde edilen ampirik sonuçlar değerlendirilmektedir. Değişkenlerin bütünleşme derecelerinin tespit edilmesinde kullanılan PP testleri sabitli, sabitli-trendli ve sabitsiz-trendsiz olmak üzere üç model dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Ampirik sonuçlar, Tablo 2’de sunulmuştur. Bu sonuçlara göre her üç modelde de değişkenlerin düzey değerlerinde durağan olmadığı, birinci farkları alındığında durağan hale geldikleri, yani I(1) oldukları görülmektedir.

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

	Sabitli	Sabitli-Trendli	Sabitsiz-Trendsiz
<b>Panel A: Düzey</b>			
RGSYIH	-1.109 (2)	-3.016 (1)	5.873 (2)
LRIHR	-0.863 (3)	-2.624 (3)	4.013 (3)
LISG	-2.433 (2)	1.472 (1)	2.099 (3)
LTET	-2.172 (2)	-2.774 (2)	5.135 (0)
SONUÇ	Birim Kök	Birim Kök	Birim Kök
<b>Panel B: Birinci Fark</b>			
$\Delta$ LRGSYIH	-5.599 (2)*	-5.596 (2)*	-3.524 (4)*
$\Delta$ LRIHR	-6.884 (3)*	-6.817 (3)*	-5.447 (5)*
$\Delta$ LISG	-6.557 (3)*	-7.566 (2)*	-6.045 (4)*
$\Delta$ LTET	-4.922 (2)*	-5.247 (3)*	-3.328 (3)*
SONUÇ	Durağan	Durağan	Durağan

Not: \* %1 düzeyinde anlamlılığı gösterir. Değişkenlere ait ilk değerler test istatistiğini, parantez içindeki değerler ise Newey-West optimal uyarlama gecikmelerini verir.

Değişkenlerin bütünleşme derecelerinin belirlenmesinde DF-GLS testlerinden de yararlanılmıştır. Tablo 3’ten görüleceği gibi, DF-GLS test sonuçları, sabitli ve sabitli-trendli olmak üzere iki farklı model dikkate alındığında, değişkenlerin birinci farklarında durağan olduklarını ortaya koymaktadır.

**Tablo 3. DF-GLS Birim Kök Test Sonuçları**

	Sabitli	Sabitli-Trendli
<b>Panel A: Düzey</b>		
LRGSYIH	1.404 (0)	-2.836 (0)
LRIHR	0.660 (1)	-3.240 (3)
LISG	-0.518 (0)	-0.594 (0)
LTET	0.906 (0)	-2.116 (0)
SONUÇ	Birim Kök	Birim Kök
<b>Panel B: Birinci Fark</b>		
$\Delta$ LRGSYIH	-5.670 (0)*	-5.588 (0)*
$\Delta$ LRIHR	-3.481 (3)*	-3.543 (3)**
$\Delta$ LISG	-6.358 (0)*	-7.156 (0)*
$\Delta$ LTET	-5.030 (0)*	-5.353 (0)*
SONUÇ	Durağan	Durağan

Not: Değişkenlere ait ilk değerler test istatistiğini, parantez içindeki değerler ise optimal gecikme uzunluğunu verir. \* ve \*\* sırasıyla; %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı gösterir.

Değişkenlerin birim kök test sonuçlarından I(1) olduklarının tespit edilmesi, eşbütünleşme analizinin gerçekleştirilmesine izin vermektedir. Johansen-Juselius testi için, değişkenlerin düzey değerleriyle kurulan VAR modeli dikkate alınarak, optimal gecikme uzunluğu AIC ve FPE kriterlerine göre 5 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4. Johansen-Juselius Eşbütünleşme Testi İçin  
Optimal Gecikme Uzunluğu**

Lag	AIC	FPE	Otokorelasyon (LM Testi)	Değişen varyans (White Testi)
0	-7.232	8.50e-09	-	-
1	-13.207	2.17e-11	16.595 (0.412)	105.611 (0.029)
2	-13.118	2.47e-11	14.782 (0.540)	186.169 (0.076)
3	-12.954	3.23e-11	22.567 (0.125)	253.750 (0.259)
4	-13.155	3.25e-11	9.313 (0.899)	327.473 (0.374)
5	-13.969*	2.12e-11*	10.253 (0.745)	314.241 (0.325)

Not: \* optimal gecikme uzunluğunu gösterir. Parantez içindeki değerler ise olasılık değerini verir.

Johansen-Juselius eşbütünleşme test sonuçları, %1 anlamlılık düzeyinde değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkisinin varlığını göstermektedir. Tablo 5'te ifade edilmiş olan eşbütünleşme denklemine göre; LTET ile LRGSYIH değişkenleri arasında istatistikî olarak anlamlı,



pozitif ve güçlü bir ilişki söz konusudur. Yani, uzun dönemde toplam enerji tüketimindeki %1'lik bir artış ekonomik büyüme üzerinde %1.005'lik bir artışa neden olmaktadır.

**Tablo 5. Johansen-Juselius Eşbütünlük Test Sonuçları**

Hipotez	$J_L$ istatistiği	Kritik değer (%5)	$J_{max}$ istatistiği	Kritik değer (%5)
$H_0: r=0, H_a: r=1$	74.388 (0.000)	47.856	32.912 (0.009)	27.584
$H_0: r \leq 1, H_a: r=2$	41.476 (0.001)	29.797	27.341 (0.005)	21.131
$H_0: r \leq 2, H_a: r=3$	14.134 (0.079)	15.494	13.170 (0.073)	14.264
$H_0: r \leq 3, H_a: r=4$	0.964 (0.326)	3.841	0.964 (0.326)	3.841
Eşbütünlük Denklemi Katsayıları				
LRGSYIH	Sabit	LRIHR	LISG	LTET
	11.038	-0.145	0.828	1.005
t-istatistiği	-	3.767	-2.030	-5.988

Not: Parantez içindeki değerler, olasılık değerini gösterir.

Tablo 6'da Stock-Watson testi için optimal gecikme uzunluğunun nasıl belirlendiği görülmektedir. AIC ve SC kriterlerine göre optimal gecikme uzunluğu 3 olarak bulunmuştur. Tablo 7'de ifade edildiği gibi, katsayı testi olarak da bilinen Wald-F testine göre %1 anlamlılık düzeyinde değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. Stock-Watson DEKK analizinden elde edilen ampirik sonuçlara göre toplam enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif, istatistiki olarak anlamlı ve güçlü bir ilişkinin varlığına dair ampirik bir kanıt elde edilmiştir. Bu sonuç, ekonomik büyümenin enerji elastikiyetinin 1'den büyük olduğunu göstermektedir.

**Tablo 6. Stock-Watson DEKK İçin Optimal Gecikme Uzunluğu**

Lag	AIC	SC	Otokorelasyon (B-G LM Testi)	Değişen varyans (B-P-G Testi)
1	-3.871	-3.305	1.108 (0.347)	0.539 (0.867)
2	-4.445	-3.600	2.042 (0.166)	1.105 (0.423)
3	-4.741*	-3.607*	1.167 (0.373)	0.298 (0.989)

Not: \* optimal gecikme uzunluğunu gösterir. Parantez içindeki değerler, olasılık değerini verir.

**Tablo 7. Stock-Watson DEKK Tahmin Sonuçları**

Değişkenler	Katsayılar	t-istatistiği
Sabit	15.515	3.884 (0.004)
LRIHR <sub>t</sub>	-0.274	-1.796 (0.110)
LISG <sub>t</sub>	0.004	0.006 (0.994)
LTET <sub>t</sub>	1.634	3.064 (0.015)
Wald Katsayı (F) Testi		1590.520 (0.000)
Tanımlayıcı İstatistikler		
R <sup>2</sup>		0.999
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>		0.996
F-istatistiği		426.995 (0.000)
Breush-Godfrey LM Testi		1.167 (0.373)
Breush-Pagan-Godfrey Testi		0.298 (0.989)
Jarque-Bera Testi		0.940 (0.624)

Not: Parantez içindeki değerler, olasılık değerini verir.

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir eşbütünlüşme ilişkinin varlığının belirlenmesi, nedensellik ilişkisinin de araştırılmasına izin vermektedir. Bu bağlamda, klasik VAR modeline dayalı ancak “geliştirilmiş Granger nedensellik testi” olarak bilinen Toda-Yamamoto testlerine başvurulmuştur. Birim kök testinden elde edilen maksimum bütünlüşme dereceleri klasik VAR analizinden elde edilen optimal gecikme uzunluğuna eklenerek  $k+d_{max}$  gecikmeli geliştirilmiş VAR modeli elde edilmiş ve bu modelde  $k$  gecikmeli değerlere Wald istatistiği uygulanarak nedenselliğin olup olmadığı tespit edilmiştir. Wald istatistiğinin olasılık değerleri dikkate alındığında, %5 anlamlılık seviyesinde değişkenler arasında her hangi bir nedensellik ilişkisine rastlanılmamıştır.

**Tablo 8. Toda-Yamamoto Test Sonuçları**

Hipotezler	$k+d_{max}$	Wald istatistiği $\chi^2$	P-değeri	Sonuç
LRGSYIH=f(LTET)	3+1=4	3.620	0.305	Nedensellik yok
LTET=f(LRGSYIH)		6.416	0.093	Nedensellik yok

Çalışmanın ampirik sonuçlarını diğer çalışmalar ile karşılaştırmak mümkündür. Wietze ve Kees (2005); Shiu ve Lum (2003); Haipeng vd., (2005); Squalli ve Wilson (2006); Aydın (2010) enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığını kanıtlamışlardır.

Çalışmamızın eş bütünleşme sonuçları, bu çalışmaların ampirik bulgularıyla örtüşmektedir. Diğer taraftan çalışmamızda herhangi bir nedensellik ilişkisine rastlanılmaz iken; Shiu ve Lum (2003) elektrik tüketiminden reel GSYİH'ya doğru, Wietze ve Kees (2005) GSYİH'den enerji tüketimine doğru, Haipeng vd., (2005) elektrik tüketiminden reel GSYİH'ya doğru, Altınay ve Karagöl (2005) elektirik tüketiminden GSYİH büyümesine doğru, Aitor ve Aioha (2007) GSYİH büyümesinden enerji tüketimine doğru, Noor ve Siddiqi (2010) kişi başına GSYİH'den kişi başına enerji tüketimine doğru işleyen tek yönlü bir nedensellik tespit etmişlerdir.

## **6. SONUÇ VE POLİTİKA ÇIKARIMLARI**

Wrigley (1988), Smile (1994) ve Allen (2009) gibi iktisatçılar enerjinin ekonomik büyümenin önemli bir unsuru olduğunu kabul etmektedirler. Ebohon (1996); Templet (1999); Stern (2010); Ayres ve Warr (2005) gibi enerjinin ekonomik büyümedeki rolü konusundaki görüşlerini ekonominin biyofiziksel temellerinden çıkaran ekolojik iktisatçılar da aynı görüşü paylaşmakta yani enerjiyi temel bir üretim faktörü olarak kabul etmektedirler.

Bu teorik temeller dikkate alınarak, bu çalışmada Türkiye ekonomisi için enerji tüketimi-ekonomik büyüme ilişkisi eşbütünleşme ve nedensellik analizi bağlamında test edilmiştir. 1970-2009 dönemini kapsayan çalışmada PP ve DF-GLS birim kök test sonuçları, her bir serinin birinci farkında durağan olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuca binaen Johansen-Juselius ve Stock-Watson eşbütünleşme analizleri gerçekleştirilmiştir. Eşbütünleşme test sonuçlarına göre, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde güçlü ve pozitif bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Yani, ekonomik büyümenin enerji elastikiyeti 1'den büyük olarak bulunmuştur. Ayrıca, gerçekleştirilen Toda-Yamamoto nedensellik testlerine göre, %5 anlamlılık düzeyinde değişkenler arasında her hangi bir nedensellik ilişkisi belirlenememiştir. Kraft ve Kraft (1978) Amerikan ekonomisinde ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru, Asafu-Adjaye (2000) Hindistan ekonomisi bağlamında enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedenselliğin varlığını ispat etmişlerdir. Masih ve Masih (1996) ise Pakistan ekonomisi için çift yönlü bir nedenselliğin varlığını ortaya koymuşlardır.

Türkiye ekonomisi bağlamında kanıtlanmış olan bu uzun dönemli ilişkinin varlığı, enerji tüketiminin ekonomik büyümede oldukça kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Enerji sektöründe yaşanabilecek darboğazlar üretim ve istihdamı dolayısıyla ekonomik büyümeyi negatif yönde etkileyebilecektir. Türkiye enerji sektörünü geliştirme politikalarını

uygulamaya devam etmelidir. Enerjide önemli ölçüde dışa bağımlı bir ülke olan ve ithalatını da sınırlı sayıda ülke ile gerçekleştiren Türkiye enerji arz güvenliğini sağlamalı yani enerji kaynaklarını çeşitlendirmelidir. Ayrıca, enerji tüketiminde verimliliğin artırılması, fosil yakıtlar ile ilgili stratejik depolama olanaklarının geliştirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarına önem verilmesi ve nükleer enerjiden yararlanılması Türkiye ekonomisinin gelişimi için atılması gereken diğer adımlardır. Diğer taraftan, enerji sektöründe yerli katma değer arttırılabilir. Bu amaçla, yerli ve yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerjinin payı yükseltilmelidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi için ulusal firmalara teşvik yöntemleri geliştirilmeli ve var olan teşvikler de cazip hale getirilmelidir. Hükümetin enerji politikalarında uzun dönemli, ülkenin enerji potansiyelini dikkate alan, teknolojik ve ar-ge faaliyetlerini destekleyen bir strateji belirlenmesi gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

- Abaidoo, R. (2010), “Economic Growth and Energy Consumption in An Emerging Economy: Augmented Granger Causality Approach”, *Research in Business and Economics Journal*, 1-15.
- Aghion, P. and Howitt, P. (2009), *The Economics of Growth*, MIT Press. Cambridge, MA.
- Aitor, C. A. and Ainhoa, Z. A. (2007), “Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Spain”, *BILTOKI Series*, number 200701.
- Akarca, A. T. and Long, T. V. (1979), “Energy and Employment: A Time Series Analysis of the Causal Relationship”, *Resources and Energy*, 5: 326-331.
- Akarca, A.T. and Long, T.V. (1980), “On the Relationship between Energy and GNP: A Re-examination”, *Journal of Energy and Development*, 5: 326-331.
- Alam, M. S. (2006), “Economic Growth with Energy”, *MPRA Paper*, 1260: 1-25,
- Allen, R. C. (2009), *The British Industrial Revolution in Global Perspective*, Cambridge University Press. Cambridge.
- Altınay, G. and Karagol, E. (2005), “Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Turkey”, *Energy Economics*, 27: 849-856.
- Arrow, K. J. (1962), “The Economic Implications of Learning by Doing”, *Review of Economic Studies*, 29(3): 155-173.
- 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.
- Aydın, F. H. (2010), “Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 35, Ocak-Temmuz, 317-340.
- Ayres, R. U. and Allen, V. K. (1969), “Production, Consumption and Externalities”, *American Economic Review*, 59 (3): 282-297.

- Ayres, R. U. and Warr, B. (2005), "Accounting for Growth: The Role of Physical Work", *Structural Change and Economic Dynamics*, 16: 181-209.
- Cleveland, C. J., Costanza, R., Hall, C. A. S. and Kaufmann, R. K. (1984), "Energy and The U.S. Economy: A Biophysical Perspective", *Science*, 225: 890-897.
- Costanza, R. (1980), "Embodied Energy and Economic Valuation", *Science*, 210: 1219-1224.
- Dickey, D. A. and Fuller, W. A. (1979), "Distribution of the Estimator for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Journal of the American Statistical Association*, 74: 427-431.
- Dunkerley, J. (1982), "Estimating Energy Demand: The Developing Countries", *Energy Journal*, 23: 79-99.
- Ebohon, O. J. (1996), "Energy, Economic Growth and Causality in Developing Countries: A Case Study of Tanzania and Nigeria", *Energy Policy*, 24: 447-453.
- Elliot, G., Rothenberg, T. J. and Stock, J. H. (1996), "Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root", *Econometrica*, 64: 813-826.
- Engle, R. and Granger, C. W. J. (1987), "Cointegration and Error-Correction Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, 55: 251-276.
- Georgescu-Roegen, N. (1979), "Energy and Matter in Mankind's Technological Circuit", *Journal of Business Administration*, 10: 107-127.
- Gever, J., Kaufmann, R. K., Skole, D. and Vörösmarty, C. (1986), *Beyond Oil: The Threat to Food and Fuel in the Coming Decades*, Ballinger. Cambridge, MA.
- Haipeng W., Peng, T. and Ping, J. (2005), "Electricity Consumption and Economic Growth in China", *IEEE*, 2: 1331-1334.
- Hall, C.A.S., Cleveland, C. J. and Kaufmann, R. K. (1986), *Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process*, Wiley Interscience. New York.
- Hamilton, J.D. (1994), *Time Series Analysis*, Princeton University Press, New Jersey.
- Johansen, S. and Juselius, K. (1990), "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Application to The Demand for Money", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52: 169-210.
- Kraft, J. and Kraft, A. (1978), "On The Relationship between Energy and GNP", *Journal of Energy and Development*, 3: 401-403.
- Lucas, R. E. (2002), *The Industrial Revolution: Past and Future*, In *Lectures on Economic Growth*, R. E. Lucas: 109-188, Harvard University Press. Cambridge, MA.
- Masih, A. M. M. and Masih, R. (1996), "Electricity Consumption, Real Income and Temporal Causality: Results from A Multi-Country Study based on Cointegration and Error Correction Modeling Techniques", *Energy Economics*, 18: 165-183.

- Newey, W. K. and West, K. D. (1994), "Automatic Lag Selection in Covariance Matrix Estimation", *Review of Economic Studies*, 61(4): 631-53.
- Noor S. and Siddiqi, M. W. (2010), "Energy Consumption and Economic Growth in South Asian Countries: A Co-integrated Panel Analysis", *International Journal of Human and Social Sciences*, 5(14): 921-926.
- Phillips, P. C. B. and Perron, P. (1988), "Testing for Unit Root in Time Series Regression", *Biometrika*, 75: 335- 346.
- Rebelo, S. T. (1991), "Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth," *Journal of Political Economy*, 99(3): 500-521.
- Shiu, A. and Lum, P. L. (2003), "Electricity Consumption and Economic growth in China", *Energy Policy*, 32(1): 47-54.
- Smile, V. (1994), *Energy In World History*, Westview Press.
- Squalli, J. and Wilson, K. (2006), "A Bounds Analysis of Electricity Consumption and Economic Growth in the GCC", *Working Paper -06-09, EPRU*, Zayed University, Abu Dhabi.
- Solow, R. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 70: 65-94.
- Stern D. I. (1997), "Limits to Substitution and Irreversibility in Production and Consumption: A Neoclassical Interpretation of Ecological Economics", *Ecological Economics*, 21: 197-215.
- Stern, D. A. (2010), "The Role of Energy in Economic Growth", *CCEP Working Paper*, 3: 1-50.
- Stock, J. H. and Watson, M. W. (1993), "A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems", *Econometrica*, 61: 783-820.
- Templet, P. H. (1999), "Energy, Diversity and Development in Economic Systems: An Empirical Analysis", *Energy Policy*, 30: 223-233.
- Toda, H. Y. and Yamamoto, T. (1995), "Statistical Inference in Vector Autoregressions with possibly Integrated Processes", *Journal of Econometrics*, 66: 225-250.
- Toman, M. A. and Jemelkova, B. (2003), "Energy and Economic Development: An Assessment of the Atate of Knowledge", *Energy Journal*, 24 (4): 93-112.
- Wietze, L. and Kees, Van M. (2005), "Energy Consumption and GDP in Turkey: Is there a Co-integration Relationship?," *Energy Economics*, 27(6): 849-856.
- Wrigley, E. A. (1988), *Continuity, Chance, and Change: The Character of the Industrial Revolution in England*, Cambridge University Press. Cambridge.
- Yemane W. R. (2004), "Electricity Consumption and Economic Growth: A Timeseries Experience for 17 African Countries", *Energy Policy*, 34(10): 1106-1114.
- Yu, S. H. and Choi, J. Y. (1985), "The Causal Relationship Between Energy and GNP: An International Comparison", *Journal of Energy and Development*, 10 (2): 249-272.
- Yu, E. S. H. and Hwang, B. K. (1984), "The Relationship between Energy and GNP: Further Results", *Energy Economics*, 6: 186-190.