

## Enerjide Dışa Bağımlılık ve Ekonomik Büyümenin Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği

İsmail KAVAZ<sup>1</sup>, Hatice Kübra KÖROĞLU<sup>2</sup>

### ÖZET

**Amaç:** Çalışmanın temel amacı, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı ve ekonomik büyümesinin ülkedeki enerji verimliliği düzeyi üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

**Yöntem:** Çalışmada, 1980-2020 yılları arasındaki dönem ele alınırken, ekonometrik model olarak, ARDL Sınır Testi yöntemi kullanılmaktadır. Ampirik sonuçlar kısa ve uzun dönem için ayrı ayrı elde edilmiştir.

**Bulgular:** Elde edilen bulgular, kısa vadede gelir düzeyindeki artışın enerji verimliliğini artırdığı, enerjide dışa bağımlılığı ise azalttığı yönündedir. Uzun dönemde ise enerjide dışa bağımlılık istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla, dışa bağımlılık enerji verimliliğini sadece kısa dönemde etkilemektedir. Ayrıca, gelir düzeyindeki bir artış, kısa vadede olduğu gibi uzun vadede de enerji verimliliğini desteklemektedir.

**Özgünlük:** Bu çalışmada, enerjide dışa bağımlılık, GSYH ve enerji verimliliği arasındaki ilişki değerlendirilmektedir. Literatürde Türkiye için bu değişkenlerin ilişkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla, çalışmanın ilgili alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Verimliliği, Dışa Bağımlılık, Ekonomik Büyüme, ARDL Sınır Testi, Türkiye.

**JEL Kodları:** C51, F43, O13, Q40.

## The Effects of Foreign Energy Dependency and Economic Growth on Energy Efficiency: The Case of Türkiye

### ABSTRACT

**Purpose:** The main purpose of this study is to analyze the effects of foreign energy dependency and economic growth on energy efficiency level of Türkiye.

**Methodology:** In the study, while the period between 1980-2020 is discussed, the ARDL Bounds Test method is used as an econometric model. The empirical results were obtained for the short- and long-term, separately.

**Findings:** The obtained findings present that in the short-term, while a rise in the income level increases energy efficiency, the foreign energy dependency decreases it. In the long term, on the other hand, foreign energy dependency is found as statistically insignificant, which means that the foreign dependency effects energy efficiency only in the short term. Furthermore, a growth in income level increases the energy efficiency in the long term likewise that of the short term.

**Originality:** In this study, the relationship among foreign energy dependency, GDP and energy efficiency is evaluated. There is no study examining the relationship of these variables for Türkiye in the literature. Therefore, it is thought that the study will contribute to the related field.

**Keywords:** Energy Efficiency, Foreign Dependency, Economic Growth, ARDL Bound Test, Türkiye.

**JEL Codes:** C51, F43, O13, Q40.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Bölümü, Elazığ, Türkiye, i.kavaz@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3044-795X (Sorumlu Yazar-Corresponding Author).

<sup>2</sup> Bilim Uzmanı, Ankara, Türkiye, hatice.kubraa44@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4531-7477.

DOI: 10.51551/verimlilik.1176428

Araştırma Makalesi / Research Article | Geliş Tarihi / Submitted Date: 19.09.2022 | Kabul Tarihi / Accepted Date: 02.03.2023

Atf: Kavaz, İ. ve Köroğlu, H.K. (2023). "Enerjide Dışa Bağımlılık ve Ekonomik Büyümenin Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkileri: Türkiye Örneği", *Verimlilik Dergisi*, 57(2), 253-272.

**EXTENDED ABSTRACT**

In the modern world, the searches for new and alternative energy sources are increasing gradually. One of the most important concepts among these searches is energy efficiency. Efficiency is critical for the sustainability of development at the point of raising the living standards of individuals and increasing their welfare level. In this context, energy efficiency is a concept that lies at the heart of the economy.

In Türkiye, studies on energy efficiency have started to be given more importance after the 2000s. The country's foreign dependency, especially in terms of fossil fuels, leads Türkiye to develop alternative strategies for energy. In this sense, energy efficiency has the ability to be the most important equity for Türkiye.

The main purpose of this study is to examine the effect of foreign energy dependency and economic growth on the level of energy efficiency in Türkiye. Energy dependency and economic growth appear as two important factors to analyze the efficiency issue.

The reasons of choosing these variables are first, the foreign energy dependency is considered as a serious risk factor in terms of ensuring continuous and sustainable energy supply security. Therefore, the effect of this variable on energy efficiency should be analyzed carefully. The second variable addressed in the study is economic growth. Economic growth is seriously affected by changes in energy consumption. Therefore, energy, which is a production input, is accepted as an indicator of economic growth.

In this study, the effects of foreign energy dependency and economic growth on energy efficiency are examined in the period between 1980-2020 for Türkiye. For this purpose, the ARDL Bounds Test approach is used as an econometric model.

The empirical results are obtained for the short and long-term, separately. In the short term, foreign dependency in energy positively affects energy intensity, and thus, a 1% increase in foreign dependency reduces energy efficiency by 0,82%. In addition, a 1% increase in income reduces/increases energy intensity/efficiency by 0,90%. According to these findings, while foreign dependency in energy affects energy efficiency negatively, there is a positive effect of the economic growth on energy efficiency for the short term. In the long run, a 1% increase in GDP growth reduces energy intensity by 0,97%. On the other hand, the effect of foreign energy dependency on energy efficiency is statistically insignificant.

Empirical findings of the study reveal that economic growth has a positive effect on energy efficiency in each period. In fact, the increases in energy efficiency are almost at the level of the economic growth trend. On the other hand, dependence on external suppliers in energy resources has a serious negative effect on energy efficiency, especially in the short term. As a result, the economic growth should be sustained, and foreign dependency should be reduced for the development of energy efficiency in Türkiye.

In Türkiye the supply and demand stability issue is extremely crucial for ensuring the economic growth and increasing the welfare. In this sense, energy security and increasing the production potential by using domestic resources are considered important. Therefore, the priority in energy policies in Türkiye is to use energy effectively and efficiently, to benefit from the advantages of geostrategic location and to reduce foreign dependency in energy. In this context, one of the most important implications of the study is to change the dependent structure of the country's economy on foreign resources in energy.

Finally, although there is a very large literature on energy efficiency in the international arena, the number of scientific studies examining energy efficiency economically for Türkiye is quite low when compared to the world. Therefore, there is a serious lack of literature in the country in the context of academic studies investigating energy efficiency from an economic perspective. In this sense, it is aimed to contribute to the gap in the mentioned literature with the related study. Moreover, in terms of the variables examined in the study, no other research was found that examined the relationship among energy efficiency, foreign dependency in energy and GDP. In this context, the study can be developed using a wider data set and different econometric methods by adding variables such as technological development to the model.

## 1. GİRİŞ

Enerji, ekonomideki en önemli girdilerden biri niteliğindedir. Sanayiden ulaşıma, ticaretten üretime kadar neredeyse her alanda kullanılan enerji kaynakları esas itibarıyla günümüz dünyasının vazgeçilemez unsurları arasında sayılmaktadır. Bu bağlamda enerji kaynaklarına olan gereksinim giderek artan bir eğilim izlemektedir. Bahse konu olan enerji kaynakları arasında ise kullanım açısından en büyük pay yaklaşık %80 ile fosil yakıtlara aittir (EnerData, 2022). Buna karşın fosil kaynakların kullanım ömürlerinin giderek azalması, artan tüketim eğilimini tehlikeye sokmaktadır. Öyle ki mevcut durumda fosil yakıt rezervlerinden petrolün 55 yıl, doğal gazın 48 yıl ve kömürün 280 yıl sonra tükeneceği öngörülmektedir (BP, 2022). Buradan hareketle, küresel enerji piyasalarında yeni ve alternatif kaynak arayışlarının giderek artması dikkat çekmektedir.

Söz konusu arayışlar arasında öne çıkan en önemli kavramlardan biri verimliliktir. Verimlilik, bireylerin yaşam standartlarının yükselmesi ve refah düzeylerinin artması noktasında kalkınmanın sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, verimlilik, ekonominin temelinde yer alan bir kavramdır.

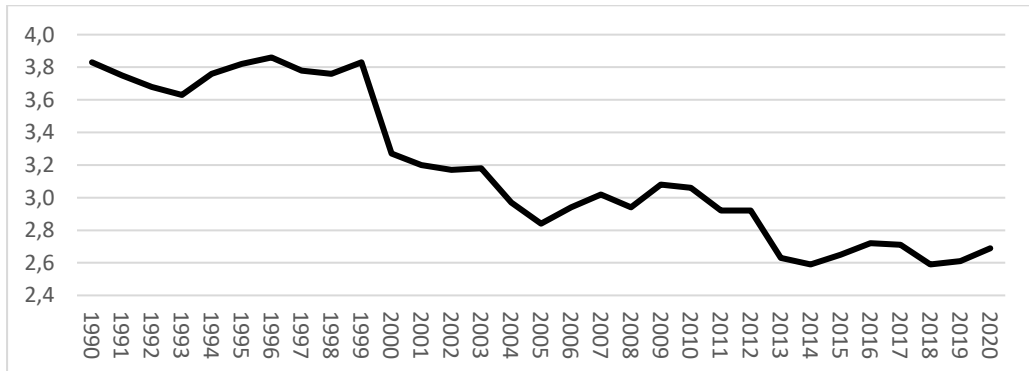
Enerji verimliliği alanında pozitif bir ivme yakalanması, kaynakların daha efektif ve düşük miktarlarda tüketilmesine, enerjide arz güvenliğinin sağlanmasına, mal ve hizmetlerin tasarrufu önceleyecek şekilde ve düşük maliyetli olarak üretilmesine ve enerji kullanım miktarlarındaki azalma neticesinde çevre tahribatının kısıtlanmasına katkı sunmaktadır (Patterson, 1996). Ekonomik ve sosyal gelişmelerin önemli bir parçası olan enerji verimliliği, daha az (veya aynı) kaynak kullanılarak, aynı (veya daha çok) çıktı miktarı elde edilmesi bağlamında hassasiyetle değerlendirilmesi gereken kavramlar arasında sayılmaktadır.

Ekonomik büyüme ve sürdürülebilir kalkınma açısından bakıldığında enerjinin rolü oldukça mühimdir. Bu sebeple enerji kaynaklarına erişim süreci ülkelerin uluslararası politikalarına yön vermektedir. Yukarıda da bahsedildiği üzere, dünya üzerindeki enerji kaynaklarının giderek azalması ülkeleri enerji ile ilgili alternatif politikalar geliştirmeye zorlamaktadır. Bu politikaların odak noktası ise ekonomik büyüme ve artan nüfus ile enerjisiye olan ihtiyacın eşgüdümlü bir şekilde ilerlemesi ve sürecin sürdürülebilir olmasıdır. Dolayısıyla, uluslararası rekabet, enerji kaynaklarına sahip olma ve bu kaynakları verimli kullanma yönünde evrilmektedir.

Türkiye’de ise enerji verimliliği ile ilgili çalışmalara 2000’li yıllardan sonra daha fazla önem verilmeye başlanmıştır. Özellikle fosil yakıtlar açısından dışa bağımlı yapısı ülkeyi enerji konusunda alternatif stratejiler geliştirmeye yöneltmektedir. Bu kapsamda enerji verimliliği hususu Türkiye’nin üzerinde ciddiyle durması gereken bir başlıktır. Zira, enerji verimliliği Türkiye açısından en önemli öz kaynak olma yetisine sahiptir.

Türkiye’nin enerji verimliliği alanındaki ilerlemesini daha net bir şekilde görmek için ülkenin enerji yoğunluğu indeksini incelemek yerinde olacaktır. Söz konusu indeks birim GSYH başına tüketilen enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır (Zaim ve Aras, 2020). Ayrıca bu indeks enerji verimliliği ile ters orantılı olduğundan dolayı buradaki düşüşler enerji verimliliği noktasında artış yaşanması anlamına gelmektedir.

Şekil 1’den söz konusu indeksin zaman içerisindeki değişimine bakıldığında, Türkiye’de bu değer 2,5 ile 4 aralığında olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle, Türkiye’de 1 birim GSYH üretmek için 2,5 ila 4 birim değerleri arasında enerji tüketimi yapılmak durumundadır. Bu göstergelerle Türkiye dünya ortalamasının üzerine çıkarken, İrlanda, İsviçre, Danimarka ve Lüksemburg gibi gelişmiş ülkelere daha düşük bir pozisyona sahiptir (Dünya Bankası, 2022a).



Şekil 1. Türkiye’nin birincil enerji yoğunluğu (MJ/ \$2017 SGP GSYH, Dünya Bankası, 2022a )

Küresel anlamda enerji verimliliğinde ortaya çıkan ortak temalardan biri genel olarak yıllar içinde enerji yoğunluğunun azaldığı ve enerji verimliliğinin arttığıdır. Türkiye için de böylesi bir tespiti yapmak

mümkündür. Şekil 1'den de görülebileceği üzere Türkiye'de yıllar içinde enerji yoğunluğunun azaldığı ve/veya enerji verimliliğinin arttığı gözlemlenmektedir.

Bu bilgiler ışığında Türkiye'de enerji verimliliğindeki artışlar ve/veya yoğunluğundaki azalmalar yavaş olsa bile, ülkenin enerji yoğunluğu performansının küresel ortalamasının üzerinde olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, bu durum ilerleyen dönemlerde Türkiye'nin katılacağı küresel iklim müzakerelerinde sunulacak taahhütlerin ağırlığını sınırlama adına bir fırsat olarak görülmektedir.

Enerji verimliliği alanında daha iyi bir performans sergileyebilmek için Türkiye'de kamusal ve yasal düzenlemeler yapılmaktadır. Bu doğrultuda hayata geçirilen ilk düzenlemelerden birisi Tablo 1'den de görülebileceği üzere 2007 yılında yapılan *5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu* olmuştur. Sonrasında ise binalar ve ulaşımda enerji verimliliği ile ilgili farklı düzenlemeler yapılmıştır. 2010 yılında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından düzenlenen *Türkiye İklim Değişikliği Strateji Belgesi* ile enerji verimliliği, iklim ve çevre sorunları konusunda yapılacaklar değerlendirilmiştir. Devamında *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2013* ve *Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı* Türkiye'de gerçekleştirilen enerji verimliliği çalışmalarının omurgasını oluşturmuştur. 2017'de kamuoyuna tanıtılan *Milli Enerji ve Maden Politikası* ve yine aynı yıl ortaya koyulan *Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı* ile enerji alanındaki verimliliğin artırılması konusunda yapılacak yatırımlar ve izlenilecek yol haritası belirlenmiştir. Ayrıca 2018'de yayımlanan *Enerji Verimliliği Denetim Yönetmeliği* sayesinde yukarıda bahsedilen yatırım ve stratejiler bağlamındaki yasal zemin güçlendirilerek kontrol mekanizmasının işlevliliği artırılmıştır. Yakın geçmişte ortaya koyulan *11. Kalkınma Planı* ve *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı* belgelerinde enerji verimliliğine ayrı bir başlık açılarak bu alandaki düzenlemelerin devlet politikası olduğu vurgulanmıştır.

**Tablo 1. Türkiye'de enerji verimliliği konusunda yapılan düzenlemeler**

Yıl	Düzenleme
2007	5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu
2008	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği
2008	Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik
2010	Türkiye İklim Değişikliği Strateji Belgesi
2011	Enerji Kaynaklarının ve Enerji Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik
2012	Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2013
2012	Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı
2017	Milli Enerji ve Maden Politikası
2017	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
2018	Enerji Verimliliği Denetim Yönetmeliği
2019	11. Kalkınma Planı
2020	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı (2019-2023)

*Kaynak:* Yazarlar tarafından derlenmiştir.

Yapılan bu çalışmalar ile enerji verimliliği konusunun Türkiye'nin enerji politikalarında oldukça önemli bir konuma geldiği görülmektedir. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı ile birlikte Türkiye'nin potansiyeli bakımından gerçekçi hedefler belirlenmektedir. ETKB tarafından yapılan hesaplamalara göre enerji verimliliği için 2023 yılına kadar yaklaşık 10 milyar dolar yatırım yapılarak, 2033 yılında üç kat daha fazla tutarda tasarruf sağlanması hedeflenmektedir (ETKB, 2017).

Elbette ki enerji verimliliğini tek başına ele alıp buna göre değerlendirmelerde bulunmak yeterli değildir. İktisadi olarak enerji verimliliğini etkileyen etmenlerin de söz konusu değerlendirmeye dahil olması daha bütüncül bir yaklaşımı beraberinde getirecektir. Bu anlamda dışa bağımlılık ve ekonomik büyüme iki önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'deki enerjide dışa bağımlılık ve ekonomik büyümenin ülkedeki enerji verimliliği düzeyi üzerindeki etkisinin incelenmesidir.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ilk olarak enerji verimliliği, enerjide dışa bağımlılık ve ekonomik büyümenin iktisat politikalarındaki yeri kavramsal açıdan değerlendirilmektedir. Sonrasında literatürde konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelenerek, bu çalışmaların konusu, kullandıkları yöntem ve ulaştıkları sonuçlar özetlenmektedir. Ardından, çalışmada kullanılan veri seti ve metodoloji tanıtılıp elde edilen ampirik bulgulara yer verilmektedir. Bu bağlamda ekonomik büyüme ve enerjide dışa bağımlılık olgularının enerji verimliliği üzerindeki etkilerinin yönü, şiddeti ve anlamlılığı kısa ve uzun dönemler için ayrı ayrı ele alınmaktadır. Son olarak sonuç bölümünde yapılan analizde değişkenlerin enerji verimliliğini nasıl ve ne derece etkilediği üzerinde durulmaktadır. Ayrıca, çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda birtakım politika önerileri sunulmaktadır.

## 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Enerji kavramını bir sistemin iş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanmak mümkündür. Dolayısıyla, enerji üretim için olduğu gibi modern insan yaşamı için de fazlasıyla gerekli bir unsurdur. İnsanlar hayatın olağan akışı içinde birçok alanda enerjiden faydalanmaktadır. Bu bağlamda enerji günümüz dünyasının vazgeçilmez bir unsuru olarak sınıflandırılabilir.

Enerji verimliliği ise kullanılan enerji miktarının üretim sürecindeki kaliteyi ve çıktı miktarını azaltmadan, ekonomik büyüme ve refah üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olmadan azaltılması şeklinde ifade edilmektedir (Uzun ve Değirmen, 2018). Dolayısıyla, söz konusu kavramın hem “tüketim” hem de “üretim” boyutları ile ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir. Arz tarafındaki enerji verimliliği, enerjinin üretimi, iletimi veya dağıtımını esnasında meydana gelen kayıpları önleme ile ilgilidir ve bu sürecin enerji sürdürülebilirliği açısından muhakkak önemli katkıları bulunmaktadır. Ancak, genelde enerji iktisadi literatürü, özelde ise bu çalışma, tüketimde enerji verimliliği üzerine odaklanmaktadır.

Diğer taraftan, toplam enerji tüketimindeki azalışı, enerji verimliliğinde bir artış olarak görmek de doğru değildir. Tüketilen toplam enerji miktarındaki azalışı ifade eden kavram “enerji korunumu” (*energy conservation*) kavramıdır ve bu kavram çerçevesindeki birincil amaç toplam enerji talebinin azaltılmasıdır. Buna mukabil, enerji verimliliğindeki artışlar, bir enerji hizmeti sunulurken tüketilen enerjinin azaltılması ile ilgilidir (Ryan ve Campbell, 2012). Dolayısıyla, enerji sürdürülebilirliğine katkıda bulunması beklenen, enerji korunumu değil, enerji verimliliğidir. Zira, herhangi bir ekonomik aktivitede bulunulmadığında enerji tüketimi gerçekleşmeyeceğinden, enerji tüketimi azaltılmış ve enerji korunumu sağlanmış olur. Ancak, bunun neticesinde ortaya çıkartılan herhangi bir ekonomik değer yoktur. Öte yandan, ısıtma, soğutma, aydınlatma, ulaştırma, imalat gibi bir enerji hizmeti sunulurken, yani bir ekonomik değer oluşturulurken, daha az enerjinin kullanılması, enerji verimliliğinde bir artış ifade eder ve bu durum, sürdürülebilir kalkınma ve refah artışı açısından arzu edilen bir sonuçtur.

Enerji verimliliğinin makro düzeyde ölçülmesinde kullanılan temel gösterge ise enerji yoğunluğudur (*energy intensity*). Enerji yoğunluğu, genel olarak, bir ülkede bir dönemde gerçekleşen toplam enerji tüketiminin aynı dönemdeki Gayrisafi Yurtiçi Hasıla'ya (GSYH) bölünmesiyle elde edilir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve Avrupa Çevre Ajansı (EEA) gibi pek çok uluslararası kurum ülkeler için enerji verimliliğinin düzeyini izlerken bu göstereyi kullanır.

Enerji verimliliğinin artmasının bireysel, endüstriyel, ulusal ve uluslararası düzeyde pek çok etkileri bulunmaktadır. İktisat perspektifinden değerlendirildiğinde, enerji verimliliğinin etkilediği önemli değişkenlerden birisi ekonomik büyümedir. Enerji verimliliği-ekonomik büyüme ilişkisi ile ilgili yapılan deneysel çalışmalar, farklı ülkelere ait farklı zaman dilimlerini kapsayan verileri kullanarak çeşitli yöntemlerle analizler yapmıştır. Burada belirtilmelidir ki, enerji verimliliği-ekonomik büyüme ilişkisinin; karşılıklı-bağımlı, karmaşık dinamik sistemlerden oluşan bir ekonomide, neden-sonuç ilişkisi çerçevesinde tespit edilmesi deneysel olarak oldukça zordur (Gillingham ve diğerleri, 2016). Söz konusu ilişkinin tahmin edildiği deneysel çalışmalarda iki farklı yaklaşımın kullanıldığı görülmektedir. Bunlar makroekonomik tahminlemeler ve hesaplanabilir genel denge modelleri olarak sınıflandırılmaktadır. Her iki yöntemin de kendine has avantajları ve avantajları vardır. Bu yöntemler kullanılarak yapılan deneysel analizlerin genel sonucu, enerji verimliliğindeki artışların üretimi artırdığı, işsizliği azalttığı ve ekonomik büyümeye pozitif katkıda bulunduğudur. Sürdürülebilir kalkınma perspektifinden ele alındığında, ulaşılan bu sonuçlar oldukça önemlidir ve karar alıcılar tarafından politika yapımında dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmanın incelediği bir diğer değişken olan enerjide dışa bağımlılık kavramı; bir ülkenin enerjide kendi kendine yetememesi ve ihracat yapabilmek için gerçekleşen üretimin başka ülkelere bağlı olması anlamına gelmektedir. Yerel kaynakların kullanımının artırılması, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması için öncelikli bir unsurdur. Ülkeler enerji gereksinimleri için ilk olarak ulusal kaynaklara yönelmektedir. Ulusal kaynakların yetersiz olduğu durumda enerji ihtiyaçları dış tedarikçiler vasıtasıyla karşılanmaktadır. Bu da enerjide dışa bağımlılık durumuna neden olmaktadır. Dolayısıyla, enerji arz güvenliğinin sürekli ve sürdürülebilir olarak sağlanması noktasında enerji kaynaklarında dışa bağımlılık durumu ciddi bir risk unsuru olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmada ele alınan son değişken ise ekonomik büyümedir. Genel itibarıyla ekonomideki mal ve hizmet üretimindeki artış olarak tanımlanan bu kavram, işgücü, beşerî sermaye, teknoloji ve sermaye mallarındaki artış şeklinde değerlendirilmektedir. Ekonomik büyüme, GSYH ile elde edilen çıktının toplam piyasa değerindeki artışı şeklinde ölçülmektedir. Bunların yanı sıra, ekonomik büyüme, enerji tüketimindeki değişimlerden ciddi ölçüde etkilenmektedir. Dolayısıyla, üretim girdisi olan enerji, ekonomik büyümenin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.

### 3. LİTERATÜR TARAMASI

Enerji ekonomisi literatürü, enerji verimliliği hakkında oldukça üretken olup diğer alt disiplinlerle karşılaştırıldığında hatırı sayılır ölçüde zengin ve karmaşıktır. İlgili alandaki literatür genel olarak incelendiğinde, enerji verimliliğinin ölçülmesinde enerji yoğunluğu indeksi kullanılarak birçok çalışmanın yapıldığı dikkat çekmektedir. Zira, çalışmanın önceki bölümlerinde de belirtildiği üzere enerji yoğunluğu enerji verimliliğinin ölçülmesi noktasında temel bileşenlerden biridir. Bunun yanı sıra, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki bağlamında da enerji verimliliği sıklıkla değerlendirilmektedir.

Söz konusu ilişki incelenirken Türkiye özelinde yapılan çalışmalar genel olarak iki ana grup altında toplanmaktadır. Bunları nedensellik çalışmaları ve ilişki çalışmaları olarak sınıflandırmak mümkündür. Nedensellik çalışmalarında enerji tüketimi ile ekonomik değişkenler arasındaki istatistiksel nedensellik araştırılırken, ilişki çalışmalarında söz konusu nedenselliğin yanı sıra bahse konu olan ilişkinin boyutu analiz edilmektedir.

Literatürdeki nedensellik çalışmaları, nedenselliğin yönü bakımından farklılıklar göstermektedir. Bazı çalışmalarda enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir (Mucuk ve Uysal, 2009; Altınay ve Karagöl, 2005; Altıntaş ve Koçbulut, 2014; Karakaya, 2017). Bunun yanı sıra nedensellik ilişkisinin ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru olduğunu savunan çalışmalar da bulunmaktadır (Soytaş ve Sarı, 2007; Kar ve Kınık, 2008; Özata, 2010; Yenilmez ve Erdem, 2018). Bir takım çalışmalarda, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü ilişkinin olduğu yani her iki değişkenin de birbirini etkilediği öne sürülmektedir (Şengül ve Tuncer, 2006; Akpolat ve Altıntaş, 2013; Karhan, 2016; Doğan, 2016). Son olarak, Türkiye ile ilgili literatürde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik ilişkisinin olmadığını savunan çalışmalara da rastlanmaktadır (Altınay ve Karagöl, 2004; Aydın ve Esen, 2016; Kızılkaya, 2018).

Değişkenler arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalarda ise enerji verimliliği ile ekonomik göstergeler birlikte değerlendirilerek, söz konusu ilişki hakkında yorumlar yapılmaktadır. Bu bağlamda, genel eğilim enerji verimliliği konusunda sağlanan ilerlemelerin ekonomi için olumlu sonuçlar doğuracağı yönündedir. Özellikle Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynakları alanındaki yatırımların artması ve bu kaynakların kullanımlarının yaygınlaşmasının enerji verimliliği açısından ciddi avantajlara neden olacağı vurgusu yapılmaktadır (Koç ve Şenel, 2013; Apergis ve Danuletiu, 2014; Doğan ve Yılankırkan, 2015; Aslan ve Öcal, 2016; Alper, 2018).

Enerji tüketimi ve enerji verimliliği ile ilgili Türkiye'yi konu alan literatürdeki çalışmalara bakıldığında genel itibarıyla enerji tüketimiyle ekonomik aktiviteler arasında doğrudan bir ilişki olduğu, enerji verimliliğinin ekonomik büyüme üzerinde etkili olduğu, yüksek teknoloji ve yenilenebilir enerji yatırımlarının verimliliği olumlu yönde etkileme potansiyeli bulunduğu ve özellikle sanayi sektöründe enerji maliyetlerinin yüksek olmasının verimli enerji kullanımı yoluyla azaltılabileceği sonuçlarına ulaşılmaktadır (Özbek, 2023). Ayrıca, Türkiye gibi özellikle fosil enerji kaynaklarında yoğun bir şekilde dışa bağımlı olan ülkelerde uluslararası enerji fiyatlarının yükselmesi, kişi başına gelirin artması ve yeni keşfedilen yerli enerji kaynakları ile birlikte enerji verimliliğinin arttığı çıkarımı yapılmaktadır (Akal, 2016). Yerli kaynakların kullanılmasıyla enerji verimliliği ve kaynakları etkin tüketme arasında pozitif bir ilişki bulunurken, toplam enerji etkinliğinin artmasında elektrik üretimi aşamasında faydalanılan kömür kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir (Kasap ve diğerleri, 2020). Diğer taraftan, kömür ve petrol gibi fosil yakıtların enerji verimliliğinin olumsuz etkilediği; hidro, rüzgâr, güneş ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir kaynakların ise verimliliği olumlu etkilediği şeklinde çalışmalar da bulunmaktadır (Naimoğlu ve Akal, 2022; Fisher-Vanden ve diğerleri, 2004). Buna ek olarak, Türkiye gibi ülkeler açısından enerji portföylerinde fosil yakıtların yoğunlukta olması enerjide dışa bağımlılık ve enerji arz güvenliği bağlamında ciddi bir risk unsuru olarak değerlendirilmektedir (Koç ve Şenel, 2013; Apergis ve Danuletiu, 2014; Doğan ve Yılankırkan, 2015; Alper, 2018; Özbek, 2023).

Çalışmanın konusu ile ilgili literatür özeti Tablo 2'de sunulmaktadır. Literatürde Türkiye için enerjide dışa bağımlılık ve ekonomik büyüme ile enerji verimliliği değişkenleri arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Başka bir ifadeyle, verimlilik ve büyümenin yanında enerjide dışa bağımlılık değişkeninin de modele dahil edildiği daha bütüncül bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bakımdan, çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Tablo 2. Literatür özeti**

Yazar(lar)	Dönem	Yöntem	Bulgular
Altınay ve Karagöl (2004)	1950-2000	Granger Nedensellik	Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında ilişki olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.
Fisher-Vanden ve diğerleri (2004)	1997-1999	Regresyon Tahmini	Çin'de sanayi sektöründe kullanılan kömür miktarlarının azaltılması enerji verimliliğini artırmaktadır.
Altınay ve Karagöl (2005)	1950-2000	Granger Nedensellik	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Şengül ve Tuncer (2006)	1960-2000	Granger Nedensellik	Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik olduğu ortaya konmuştur.
Soytaş ve Sarı (2007)	1968-2002	Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik	Elektrik tüketiminden üretim sektöründeki katma değere doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır.
Kar ve Kınık (2008)	1975-2005	Johansen Eşbütünleşme ve Vektör Hata Düzeltme Modeli	Nedenselliğin yönü enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğrudur.
Mucuk ve Uysal (2009)	1960-2006	Granger Nedensellik	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Özata (2010)	1970-2008	Granger Nedensellik ve VECM	Ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Akpolat ve Altıntaş (2013)	1961-2010	Johansen Eşbütünleşme ve VECM	Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik olduğu ortaya konmuştur.
Koç ve Şenel (2013)	2001-2011	Veri Analizi	Sürdürülebilir bir kalkınma sağlamak açısından enerji kaynaklarının daha verimli bir biçimde tüketilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir.
Altıntaş ve Koçbulut (2014)	1947-2011	Granger Nedensellik, ARDL Eşbütünleşme	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Apergis ve Daniletiu (2014)	1990-2012	Panel Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik	Kısa vade: Yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru nedensellik. Uzun vade: Ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru nedensellik
Doğan ve Yılankıran (2015)	2005-2014	Veri Analizi	Enerji verimliliği, ülke ekonomisi ve çevrenin korunması bakımından ciddi katkı sağlayabilecek bir enstrümandır.
Karhan (2016)	1960-2011	Granger Nedensellik	Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
Akal (2016)	1980-2011	Otoregresif Nedensellik Etki Modeli	Yüksek enerji fiyatları, yüksek kişi başına düşen gelir ve yeni yerli enerji kaynakları enerji verimliliğini artırmaktadır.
Aslan ve Öcal (2016)	1990-2009	ARDL	Yenilenebilir enerji tüketimi ile birlikte kaynakların verimli bir şekilde kullanılması özellikle gelişmekte olan ülkelere önemli avantajlar sağlayacaktır.

**Tablo 2. (Devamı)**

Aydın ve Esen (2016)	1975-2013	Eşik Regresyon Analizi	Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında bir nedensellik ilişkisi yoktur.
Doğan (2016)	1988-2012	Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik	Yenilenebilir olmayan enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi mevcuttur.
Kavaz ve Özbuğday (2016)	1971-2009	Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik	Enerji üretiminde dışa bağımlılık azaldıkça enerji kullanımındaki verimliliğin de azalacağı sonucuna ulaşılmıştır.
Karakaya (2017)	1961-2017	Johansen Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Kızılkaya (2018)	1960-2015	Bayer-Hanck Eşbütünleşme ve Hacker-Hatemi-J Nedensellik	Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisi yoktur.
Alper (2018)	1990-2017	Bayer-Hanck Eşbütünleşme ve Toda-Yamamoto Nedensellik	Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır.
Yenilmez ve Erdem (2018)	1986-2016	Toda-Yamamoto Nedensellik Testi	Doğal gazdan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.
Kasap ve diğerleri (2020)	2009-2018	Parametrik Olmayan Doğrusal Programlama Metodu	Ülkedeki toplam enerji etkinliğinin artmasında elektrik üretimi aşamasında faydalanan kömür kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir.
Naimoğlu ve Akal (2022)	1990-2018	Driscoll ve Kraay Dirençli Tahmincisi	Hidro kaynağında meydana gelen %1'lik artış enerji verimliliğini %0,18 artırmakta iken rüzgâr, güneş vd. kullanımında meydana gelen %1'lik artış enerji verimliliğini %0,01 oranında artırmaktadır.
Özbek (2023)	1990-2018	PMG, MG ve DFE	Uzun dönemde fosil enerji kaynaklarının kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, endüstrileşme, enerji fiyatları ve şehirleşmenin enerji ithalatçısı geliştirmekte olan ülkelerde enerji verimliliğini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

#### 4. METODOLOJİ ve VERİ SETİ

Çalışmanın bu bölümünde, analizde kullanılan ADF, KPSS ve PP birim kök testlerinden kısaca bahsedilmektedir. Sonrasında, Gecikmesi Dağıtılmış Otoresif Sınır Testi (ARDL Sınır Testi) yöntemi açıklanmaktadır. Ardından, çalışmada kullanılan veri seti tanıtılmaktadır.

##### 4.1 Birim Kök Testleri

Zaman serileri analizlerinde sonuçların tutarlı olmaları bakımından beklenen en önemli özelliklerden biri serinin durağan olmasıdır. Bu bağlamda serilerin durağan olması birim kök içermediği anlamı taşımaktadır. Başka bir ifadeyle durağan olmayan veri setlerinin trend içermesi nedeniyle herhangi bir dönüşüme uğramadan regresyona eklenmeleriyle sonuçlar gerçeği yansıtmayabilmektedir. Diğer taraftan, verilerin durağan olduğu durumda kurulan modeller daha yansız sonuçlar vermektelerdir. Bu nedenle modellerde kullanılan değişkenlerin durağan olması gerekmektedir. Zaman serisi verilerinde durağanlık analizi genel olarak birim kök testleri kullanılarak yapılmaktadır. Birim kök testinin ana modeli Eşitlik 1'deki gibidir:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \mu_t \quad -1 \leq \rho \leq 1 \quad (1)$$

Bu denklemde  $Y$  değişkeninin şimdiki dönem ( $t$ ) ile bir önceki dönem ( $t - 1$ ) arasındaki bağıntısını ifade eden bir model kurulmuştur. Denklemdeki  $\mu_t$  hata terimidir. Söz konusu denklemde eğer  $Y_{t-1}$  değişkeninin katsayısı olan ( $\rho$ ) bir olarak tahmin edilirse birim kök problemi meydana gelir. Farklı bir



ifadeyle, seride durağanlığın olmadığı söylenebilir. Bu süreç durağanlık olgusunun incelenmesinde faydalanılan birim kök testlerinin ana fikri şeklinde nitelendirilebilir (Gujarati, 2003: 814). Bahsedilen model Eşitlik 2 ve Eşitlik 3'te verilmektedir.

$$Y_t - Y_{t-1} = \rho Y_{t-1} - Y_{t-1} + \mu_t = (\rho)Y_{t-1} + \mu_t \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \mu_t \quad (3)$$

Eşitlik 3'te  $\delta = (\rho - 1)$ ,  $\Delta$  birinci dereceden fark uygulayıcısı ve  $t$  ise trend olarak tanımlanmaktadır. Burada (1) numaralı eşitliği hesaplamak yerine (3) numaralı eşitlik analiz edilir ve sıfır hipotezi olan  $\delta = 0$  değerlendirilir. Eğer  $\delta$  ve  $\rho$  parametreleri sırasıyla sıfır ve bir olarak tahmin edilirse modelde birim kök durumunun varlığından bahsedilebilir. Başka bir deyişle, incelenen zaman serisinin durağan olmadığı kanaatine varılır. Öte yandan, eğer  $Y_t$  değişkeninin parametresi olan  $\delta < 0$  olarak hesaplanırsa seri durağandır sonucuna varılır.

İlk farkının alınmasından sonra durağan hale gelen bir zaman serisi birinci dereceden bütünleşik olarak yani  $I(1)$  şeklinde tanımlanmaktadır. Aynı şekilde, zaman serisi iki kez farkı alındıktan sonra durağan hale geliyor ise bu durum serinin ikinci dereceden  $I(2)$  durağan olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla, eğer bir seri durağan hale gelmeden önce  $n$  kez farkı alınırsa,  $n$ 'inci dereceden durağan  $I(n)$  olduğu söylenebilir (Verbeek, 2004: 267).

Çalışmada kullanılan Genişletilmiş Dickey ve Fuller (ADF) birim kök testi bir zaman serisinin durağan olup olmadığını anlamak için ilk olarak Eşitlik 1'de  $\rho$  katsayısının bire eşit olup olmadığını veya Eşitlik 3'te  $\delta$  katsayısını aşağıdaki hipotez aracılığıyla test edilerek  $Y_t$  değişkeninin durağan olup olmadığını analiz etmektedir.

$$H_0: \delta = 0 \quad \text{Seri } (Y_t) \text{ durağan değildir.}$$

$$H_1: \delta < 0 \quad \text{Seri } (Y_t) \text{ durağandır.}$$

Eşitlik 3'te otokorelasyon problemi olması durumunda bunu gidermek için eşitliğe bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri eklenir ve Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testi yapılır. Dolayısıyla ADF, bütünleşme derecesini tahmin etmek için en etkili testlerden biridir. ADF testinin denklemi Eşitlik 4'te verilmiştir.

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Burada  $\varepsilon$  beyaz gürültü hata terimidir,  $\Delta Y_{t-1} = (Y_{t-1} - Y_{t-2})$ ,  $\Delta Y_{t-2} = (Y_{t-2} - Y_{t-3})$ , ... ADF testinde  $\delta = 0$  sıfır hipotezi sınanır. Eğer sıfır hipotez reddedilirse,  $\Delta Y_t$  değişkeninin durağan olduğu söylenir (Gujarati, 2003: 817).

Serilerin durağan olup olmadığının analiz edilmesi amacıyla uygulanan ikinci yöntem Phillips ve Perron (1988) birim kök testidir. Bu test, ADF testine benzemek ile beraber, zaman serilerinin durağanlığının ölçülmesinde ADF testinde oluşabilecek otokorelasyon sorununa karşı geliştirilmiştir. Bu iki testin farkı ise korelasyon ve hatalarda değişen varyans süreciyle ilgili çözüm oluşturma yöntemleridir. Buradan hareketle, PP testinin ADF birim kök testine kıyasla daha güçlü sonuçlar verdiği söylenebilir. Phillips-Perron testinin denklemleri Eşitlik 5-7'de verilmektedir.

$$y_t = \hat{\alpha} y_{t-1} + \hat{\mu}_t \quad (5)$$

$$y_t = \hat{\mu} + \hat{\alpha} y_{t-1} + \hat{\mu}_t \quad (6)$$

$$y_t = \hat{\mu} + \hat{\beta} \left( t - \frac{1}{2} T \right) + \hat{\alpha} y_{t-1} + \hat{\mu}_t \quad (7)$$

Denklemlerdeki  $T$  gözlem sayısını,  $\mu$  hata terimlerinin dağılımını ifade etmektedir. Burada hatalar ve homojenlik arasında seri korelasyon varsayımlarının geçerliliği test edilmemektedir. Phillips-Perron (PP) testinin boş ve alternatif hipotezleri ile kritik değerleri ADF testi ile aynıdır. Phillips-Perron birim kök testinin hipotezi şu şekildedir:

$$H_0: \alpha = 0 \quad \text{Seri durağan değildir (seride birim kök var).}$$

$$H_1: \alpha < 0 \quad \text{Seri durağandır (seride birim kök yok).}$$

Son olarak Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) birim kök testi açıklanacaktır. Bu testte temel amaç, gözlemlenen serilerden deterministik eğilimi çıkartılarak seriyi durağan hale getirmektir (Kwiatkowski ve diğerleri, 1992). Trendden ayrıştırılan serilerde birim kök bulunmaması, serinin trend durağanlığını göstermektedir.

KPSS yaklaşımında birim kök testlerinin sıfır hipotezinin reddedilmesi ve alternatif hipotezin kabul edilmesinin mümkün olmadığı savunulmaktadır. Bu yönüyle KPSS testi ADF ve PP testlerinden farklılık

göstermektedir. Başka bir deyişle KPSS birim kök testinde boş hipotez durağanlığı, alternatif hipotez ise durağan olmama durumunu ifade etmektedir. Söz konusu hipotezler aşağıda verilmektedir.

$$H_0: \sigma_u^2 = 0 \quad \text{Seriler } (Y_t) \text{ durağandır.}$$

$$H_1: \sigma_u^2 > 0 \quad \text{Seriler } (Y_t) \text{ durağan değildir.}$$

Buradaki durağanlık testlerinde boş hipotez hata terimlerinin varyanslarının sıfır olması üzerine kurulmaktadır. Diğer taraftan alternatif hipotezde ise söz konusu parametrenin sıfırdan büyük olma durumu incelenmektedir.

Kwiatkowski ve diğerleri (1992) durağanlık boş hipotezinin alternatif hipoteze karşı test edilmesi için Lagrange Çarpanı istatistiklerinin kullanılmasını önermektedir. Lagrange Çarpanı Eşitlik 8'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$LM = \sum_{t=1}^T \frac{S_t^2}{\sigma_\varepsilon^2} \quad (8)$$

Bu denklemden KPSS test istatistiği Eşitlik 9'daki gibi formüle edilmektedir.

$$\hat{\eta} = T^{-2} \sum_{t=1}^T \frac{S_t^2}{S^2(l)} \quad (9)$$

Kwiatkowski ve diğerleri (1992) Monte Carlo Simülasyonu yöntemi ile  $\hat{\eta}$  kritik değerlerini hesaplamaktadırlar. LM testi kullanılarak tahmin edilen  $\hat{\eta}$  değeri kritik değerden büyükse,  $Y_t$  değişkeninin durağan olduğu sıfır hipotezi reddedilebilir. Öte yandan,  $\hat{\eta}$  değeri kritik değerden küçükse sıfır hipotezi kabul edilir ve serinin durağan olduğu ifade edilir.

#### 4.2. Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) Sınır Testi

Çalışmada kullanılan bir diğer ekonometrik yöntem olan Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) Sınır Testi, Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından literatüre kazandırılmıştır. ARDL yönteminin üç aşaması bulunmaktadır. Bunlardan ilki, değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisinin incelenmesidir. Ardından, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki analiz edilmektedir. Son olarak ise yine bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişki değerlendirilmektedir. İki değişkenli ARDL yönteminde ana model Eşitlik 10'daki gibidir:

$$\Delta \ln Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{j=0}^m \beta_{2j} \Delta \ln X_{t-j} + \beta_3 \ln Y_{t-1} + \beta_4 \ln X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

Bu eşitlikte  $Y$  ve  $X$  sırasıyla bağımlı ve bağımsız değişkenleri,  $\Delta$  serinin birinci farkını ve  $m$  gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Modelin tahmin edilmesi için Akaike (AIC) veya Schwartz-Bayesian (SBC) Bilgi Kriterleri yardımıyla değişkenler için uygun gecikme uzunlukları tespit edilmektedir. Gecikme uzunluğu ise aylık, üç aylık veya yıllık seri kullanımına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Modeli tahmin edebilmek için otokorelasyon problemi olmayan ve AIC ve/veya SBC bilgi kriterleri yardımıyla tespit edilen en düşük gecikme uzunluğu seçilmektedir.

Yukarıda bahsedilen süreçlerin sınanması için Wald Testi kullanılarak bir F-istatistiği hesaplanmaktadır. Tahmin edilen F-istatistiği, Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından literatüre kazandırılan anlamlılık düzeyleri ile karşılaştırılmaktadır. Bu aşamada ilk olarak sıfır hipotezi ( $H_0: \beta_3 = \beta_4 = 0$ ) alternatif hipoteze ( $H_1: \beta_3 \neq \beta_4 \neq 0$ ) karşı test edilerek değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisinin varlığı araştırılmaktadır. Eğer tahmin edilen F-istatistiği Pesaran ve diğerleri (2001) tarafından hesaplanan kritik değerlerin üst limitinden büyük ise sıfır hipotezi reddedilerek değişkenler arasında eşbütünlüşme olduğu kanısına varılmaktadır. Diğer taraftan, hesaplanan F-istatistiği alt sınırdan küçük çıkarsa, boş hipotez reddedilemeyerek değişkenler arasından eşbütünlüşme ilişkisinin bulunmadığı çıkarımı yapılmaktadır. Son olarak, tahmin edilen F-istatistiği alt ve üst limit değerleri arasında bulunursa, ilgili istatistik kararsızlık alanında olduğundan değişkenlerin eşbütünlüşme süreçleriyle ilgili bir çıkarım yapılamamaktadır.

Değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisi belirlendikten sonra, bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasındaki uzun dönemli ilişkiyi incelemek için Eşitlik 11 kullanılmaktadır.

$$\ln Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \ln Y_{t-i} + \sum_{i=0}^k \beta_{2i} \ln X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (11)$$

Eşitlik 11'de  $p$  ve  $k$  değişkenlerin gecikme uzunluklarını ifade etmektedir. Gecikme uzunlukları AIC ve/veya SBC bilgi kriterleri yardımıyla belirlenmektedir. Ardından, uygun gecikme uzunluğu ile tahmin edilen modelin F-istatistikleri kontrol edilerek uzun dönem katsayılarının anlamlı olup olmadığına bakılır.

Uzun dönemli ilişkinin varlığı test edildikten ve bağımsız değişkenlerin katsayıları hesaplandıktan sonra, değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişki Hata Düzeltme Modeli (ECM) ile incelenmektedir. ARDL

Sınır Testi yaklaşımının kısa dönem analizi, uzun dönem modelden farklı olarak değişkenlerin birinci farkını kullanmaktadır. İlgili denklem Eşitlik 12'deki gibi formüle edilmektedir.

$$\Delta \ln Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_{2i} \Delta \ln X_{t-i} + \lambda ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Eşitlik 12'de bulunan  $\lambda$  modeldeki hata düzeltme teriminin (ECT) katsayısını ifade etmektedir. Uzun dönem denklemden elde edilen artıklar ECT'yi tanımlar ve  $\lambda$  sistemin denge sürecine yakınsama gücünü gösterir.

ARDL Sınır Testi yöntemi, diğer eşbütünlüşme yöntemlerine göre çeşitli avantajlara sahiptir. İlk olarak bu yöntem kullanılarak ekonometrik denklemler oluşturulduğunda I(0) ve I(1) olarak elde edilen veriler karma şekilde kullanılabilir. Yani değişkenlerden bazıları I(0) bazıları ise I(1) olabilir. İkincisi, söz konusu yaklaşım küçük örneklem boyutunda eşbütünlüşme ilişkisini belirleyerek daha tutarlı sonuçlar vermektedir. Üçüncüsü, bu yöntem sayesinde değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkiler eş zamanlı olarak test edilmektedir. Dördüncüsü, bu yöntem her değişken için uygun gecikme uzunluğuna izin verdiğinden dolayı model daha dinamik bir yapıya sahip olmaktadır. Ayrıca, modelde optimal gecikmeler kullanıldığından ARDL yöntemi seri korelasyon sorunundan arındırılmaktadır. Son olarak, ARDL sistemi, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında ayırım yapılmasına olanak tanıdığından dolayı içsellik problemlerinden kaçınmayı sağlamaktadır.

### 4.3. Veri Seti

Çalışmada kullanılan değişkenler toplam nihai enerji tüketimi (bin/tep), GSYH (Sabit ABD doları, 2015=100), enerji yoğunluğu, enerjide dışa bağımlılık oranı olarak belirlenmiştir. Söz konusu verilerin kullanılmasındaki esas amaç; enerji ihtiyacının dış tedarikçilerden karşılanması ve ekonomik büyümenin enerji kaynaklarının verimli kullanılması üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Bilindiği üzere, enerji tüketimi ile ekonomik aktiviteler arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır (Altınay ve Karagöl, 2004; Altınay ve Karagöl, 2005; Şengül ve Tuncer, 2006; Soytaş ve Sarı, 2007; Kar ve Kınık, 2008; Mucuk ve Uysal, 2009; Özata, 2010; Karhan, 2016; Akpolat ve Altıntaş, 2013; Altıntaş ve Koçbulut, 2014; Apergis ve Daniletiu, 2014; Aydın ve Esen, 2016; Doğan, 2016; Karakaya, 2017; Alper, 2018; Kızılkaya, 2018). Diğer taraftan, çalışmada kullanılan bir diğer veri seti olan dışa bağımlılık ise ekonomik olarak ülkelere yük getiren bir kalemdir. Dolayısıyla, çalışmada söz konusu durumun ekonomik büyümeyi etkilemesi noktasında verimlilik faktörünün ne derece etki ettiği araştırılmak istenmektedir.

Veri seti Türkiye için 1980-2020 yıllarını kapsayan yıllık gözlemlerden oluşmaktadır. Burada Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı ve ekonomik büyümesinin ülkedeki enerji verimliliği düzeyi üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda kurulan ekonometrik model Eşitlik 13'te gösterilmektedir.

$$Int_t = f(Dep, Y) \quad Int_t = \alpha_0 + \alpha_1 Dep_t + \alpha_2 Y_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

Burada  $Int$  enerji yoğunluğunu,  $Dep$  enerjide dışa bağımlılığı ve  $Y$  geliri ifade etmektedir. Çalışmada enerji verimliliğinin ölçülmesi noktasında faydalanılan enerji yoğunluğu verisi; nihai enerji tüketiminin GSYH'ye bölünmesiyle elde edilirken, ülkenin enerji açısından kendine yetebilmesi anlamı taşıyan enerjide dışa bağımlılık oranı ( $100 - \text{Yerli enerji üretimi} / \text{Toplam enerji arzı}$ ) formülü ile hesaplanmıştır.

Toplam nihai enerji tüketimi, enerji yoğunluğu ve enerjide dışa bağımlılık oranı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayımlanan "Enerji Denge Tabloları" veri tabanından elde edilmiştir (ETKB, 2022). GSYH verisi ise Dünya Bankası'nın "World Development Indicators" veri tabanından alınmıştır (Dünya Bankası, 2022b).

### 5. AMPİRİK BULGULAR

Metodoloji kısmında belirtildiği gibi, bir regresyon analizinde kullanılan değişkenlerin durağanlıkları birim kök testleri ile araştırılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada her bir değişkenin bütünlüşme derecesini analiz etmek için ADF, PP ve KPSS birim kök testleri kullanılmaktadır. Söz konusu yaklaşımla ilk olarak değişkenlerin seviye değerleri test edilmekte, ardından ilk farkları incelenmektedir. Bu aşamaya geçmeden evvel serilere ait grafiklerinin incelenmesi ön bilgi elde edilmesi bakımından faydalı olacaktır.



**Şekil 2. Değişkenlere ait grafikler (düzye ve birinci farklar)**

Şekil 2'den değişkenlerin düzye doğru bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, değişkenlerin düzye formunda durağan olmadığı kanaatine varılabilir. Öte yandan, değişkenlerin birinci farkına ilişkin grafikler incelendiğinde, serilerin sabit ortalama ve varyans özelliği gösterdiği dikkat çekmektedir. Bu nedenle incelenen serilerin birinci dereceden bütünleşik,  $I(1)$  veya birinci farkta durağan olduğu söylenebilir. Ancak, serilerin sadece grafiklerine bakarak durağan olduklarını ifade etmek doğru bir yaklaşım değildir. Durağanlığı analiz etmek için birim kök testlerinin kullanılması gerekmektedir.

Birim kök testleri ile durağanlık testi yapılmadan önce gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Maksimum gecikme uzunluğunun seçimine dair bir kural olmamakla birlikte bu uzunluk genellikle araştırmacılar tarafından belirlenir. Literatürde aylık serilerin kullanıldığı çalışmalarda maksimum gecikme uzunluğu 12 veya 24, yıllık veya mevsimlik serilerin kullanıldığı araştırmalarda ise 4, 8 veya 12 şeklinde belirtilmektedir (Kadılar, 2000: 54). Çalışmada uygun gecikme uzunluğunu seçmek için Modifiye Akaike Bilgi Kriteri (AIC) kullanılmaktadır. Maksimum gecikme uzunluğu tüm değişkenler için 9 olarak seçilmiş ve her bir değişken için optimum gecikme uzunluğu belirlenmiştir. PP ve KPSS yöntemleri için ise Bartlett-Kernel modeli için bant genişliği Newey-West seçim kriterlerine göre seçilmiştir.

**Tablo 3. Birim kök testlerinin sonuçları**

	Değişkenler	Düzyey Değerleri			1. Fark Değerleri		
		ADF	PP	KPSS	ADF	PP	KPSS
Test İstatistikleri (Sabit Terimli)	Int	-1,05	-1,08	0,69	-5,67*	-5,68*	0,16*
	Dep	-1,35	-2,44	0,71	-6,12*	-6,11*	0,33*
	Y	-0,98	-0,99	0,75	-6,18*	-6,19*	0,15*
Kritik Değerler (Sabit Terimli)	5%	-2,94	-2,94	0,46	-2,94	-2,94	0,46
Test İstatistikleri (Sabit Terimli ve Trendli)	Int	-1,26	-1,91	0,18	-5,65*	-7,51*	0,10*
	Dep	-0,10	-0,02	0,19	-6,86*	-6,86*	0,13*
	Y	-1,36	-1,72	0,15	-6,19*	-6,19*	0,11*
Kritik Değerler (Sabit Terimli ve Trendli)	5%	-3,53	-3,53	0,14	-3,53	-3,53	0,14

Not. 1. (\*) ADF ve PP birim kök testlerine ait istatistiklerin MacKinnon (1991) kritik değerleri için %5 seviyesinde anlamlı olduğunu gösterir.

2. (\*) KPSS birim kök testine ait istatistiklerin Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Tablo 1) kritik değerleri için %5 seviyesinde anlamlı olduğunu gösterir.

3. Int, Dep ve Y sırasıyla; enerji yoğunluğu, enerjide dışa bağımlılık ve reel GSYH verilerinin doğal logaritmasıdır.

Tablo 3'te tüm değişkenlere ait birim kök testlerinin sonuçları verilmektedir. Buradan değişkenlerin birinci farkları alındığında durağan hale geldikleri görülmektedir. Zira, ADF ve PP birim kök testleri için düzey değerindeki test istatistikleri, kritik değerlere göre daha küçük, birinci farklarda ise daha büyük olarak tahmin edilmiştir. Bu nedenle, ADF ve PP birim kök testleri için serilerin birinci farkları alındığında durağan olmama sıfır hipotezleri reddedilebilir. Ters hipotez prensibinin benimsendiği KPSS birim kök testinde ise tahmin edilen test istatistiklerinin %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değerlerden küçük olması nedeniyle durağanlık savını nitelendirilen sıfır hipotezi reddedilmez. Bu bağlamda, tüm değişkenlerin birinci farklarında durağan oldukları söylenebilir (I[1]).

Birim kök testlerinin ardından seriler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkileri analiz etmek için eşbütünleşme yöntemlerine başvurulmaktadır. Çalışmada tercih edilen yaklaşım olan ARDL Sınır Testi yönteminde öncelikle serilerin maksimum gecikme uzunluğu belirlenmelidir. Bu çalışmada yıllık veriler kullanıldığından ve gözlem sayısı yeterli olduğundan dolayı maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak belirlenmiştir. Modelin gecikme uzunluğu ise otokorelasyon sorunu olmayan en uygun Akaike Bilgi Kriteri sonuçlarına göre (1,1,1) olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4. Gecikme uzunluklarının belirlenmesi**

Gecikme Uzunluğu	AIC	Otokorelasyon (LM)
(1,0,0)	-3,10	3,88 [0,03]
(1,1,1)*	-3,40	2,40 [0,11]
(2,2,2)	-3,38	0,20 [0,81]
(3,3,3)	-3,27	0,51 [0,60]
(4,4,4)	-3,21	0,29 [0,74]

Not. 1. AIC, Akaike Bilgi Kriterinin kısaltmasıdır.

2. (\*) otokorelasyon problemi olmayan minimum AIC değerini göstermektedir.

3. Otokorelasyon testlerinin p değerleri, kareli parantezler içerisinde verilmektedir.

4. Breusch-Godfrey testi, maksimum 2. dereceden (AR (2)) serisel korelasyon için yapılmıştır.

Optimum gecikme uzunluğunun belirlenmesinin ardından çalışmada kullanılacak model için uygun olan denklem Eşitlik 14'teki gibidir.

$$\Delta Int_t = \beta_0 + \beta_1 trend + \sum_{i=1}^4 \beta_{2i} \Delta Int_{t-i} + \sum_{i=0}^4 \beta_{3i} \Delta Dep_{t-i} + \sum_{i=0}^4 \beta_{4i} \Delta Y_{t-i} + \beta_5 Int_{t-1} + \beta_6 Dep_{t-1} + \beta_7 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (14)$$

Burada  $\Delta$  değişkenlerin birinci farkını ifade etmektedir.

Eşitlik 14 analiz edildiğinde tanısal testleri geçtiği görülmektedir. Uygun gecikme uzunluğuyla tahmin edilen modele ait tanısal test sonuçları Tablo 5'te verilmektedir. Buna göre ARDL modeli otokorelasyon, değişen varyans ve normallik koşulları açısından uygun sonuçlar vermiştir. Ayrıca  $R^2$  değeri, model seçim kriterlerini karşılayacak kadar yüksek şekilde hesaplanmıştır.

**Tablo 5. Tanısal test istatistikleri (ARDL (1,1,1))**

<i>İstatistik</i>	<i>Değer</i>
R <sup>2</sup>	0,99
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0,99
Otokorelasyon (LM)	2,40 [0,11]
Değişen Varyans (White)	0,88 [0,62]
Normallik (Jarque-Bera)	0,22 [0,89]
F-istatistiği	8,27

Not: Testlere ait p (olasılık) değerleri, köşeli parantezlerde verilmektedir.

Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisine karar verebilmek için ARDL modeli açısından önemli olan bir diğer test sınır testidir. Söz konusu karar aşamasında F-istatistiği Pesaran ve diğerleri (2001) ve Narayan (2005) makalelerindeki kritik değerler ile birlikte değerlendirilmektedir. Çalışmada hesaplanan F-istatistiği (8,27), Tablo 6'da verilen kritik değerler ile karşılaştırıldığında, bu değer Narayan'ın %1 anlamlılık düzeyinin üst sınırı hariç diğer tüm anlamlılık düzeylerinin üst sınırlarından yüksek olarak tahmin edildiği görülmektedir. Dolayısıyla, değişkenler arasında eşbütünleşmenin olmadığını iddia eden boş hipotez reddedilmektedir. Bu durum değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisi varlığı ve uzun vadede söz konusu değişkenlerin beraber hareket ettiği anlamına gelmektedir.

**Tablo 6. Sınır testi istatistikleri**

<i>Anlamlılık Düzeyi</i>	<i>N=40, k=2</i>		<i>Pesaran</i>		<i>Narayan</i>	
	<i>I(0)</i>	<i>I(1)</i>	<i>I(0)</i>	<i>I(1)</i>	<i>I(0)</i>	<i>I(1)</i>
1%	6,34	7,52	7,52	8,80	7,52	8,80
5%	4,87	5,85	5,38	6,43	5,38	6,43
10%	4,19	5,06	4,47	5,42	4,47	5,42

Not. 1. N ve k sırasıyla gözlem ve bağımsız değişken sayılarını göstermektedir.

2. I(0) ve I(1) sırasıyla alt ve üst sınırları temsil etmektedir.

3. Kritik değerler, Pesaran ve diğerleri (2001) ile Narayan (2005) çalışmalarından elde edilmiştir.

4. Modele ait kritik değerler, kısıtsız sabit terim ve kısıtsız trende göre belirlenmiştir.

Değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi belirlendikten sonra uzun dönem ilişkisi incelenebilir. Bu aşamada öncelikle, maksimum ve uygun gecikme uzunlukları belirlenmektedir. Maksimum 1 gecikmeye göre uygun model ARDL (1,1,1) olarak dizayn edilmiştir. Uzun dönem sonuçları ve katsayılar Tablo 7' de gösterilmektedir.

**Tablo 7. ARDL Sınır Testi yönteminin uzun dönem sonuçları ve katsayılar**

<i>Bağımlı Değişken: Int</i>		
<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>Olasılık Değerleri</i>
Int(-1)	0,58	0,00
Dep	0,60	0,01
Dep(-1)	-0,68	0,01
Y	-0,88	0,00
Y(-1)	0,48	0,00
C	1,63	0,00
T	0,01	0,00
<i>Uzun Dönem Katsayıları</i>		
Dep	-0,18	0,55
Y	-0,97*	0,00
C	3,96*	0,00
T	0,03*	0,00
<i>Tanısal İstatistikler</i>		
R <sup>2</sup> : 0,99	DW: 1,60	
Düzeltilmiş R <sup>2</sup> : 0,99	F istatistiği: 1210,1 (0,00)	
Otokorelasyon (LM): 2,40 (0,11)	$\chi^2_{White}$ : 0,88 (0,62)	
$\chi^2_{Norm}$ : 0,22 (0,89)	$\chi^2_{Ramsey}$ : 0,27 (0,75)	

Not. 1. Int, Dep ve Y sırasıyla; enerji yoğunluğu, enerjide dışa bağımlılık ve reel GSYH verilerinin doğal logaritmasıdır. T ise trend değişkeninin nitelemektir.

2. (\*) %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

3. Otokorelasyon (LM),  $\chi^2_{White}$ ,  $\chi^2_{Norm}$ ,  $\chi^2_{Ramsey}$  sırasıyla Breusch-Godfrey Serisel Korelasyon Testi, White Değişen Varyans Testi, Jarque-Bera Normallik Testi ve Ramsey RESET testini temsil etmektedir.

4. Tanısal testlere ait olasılık değerleri, parantez içlerinde verilmektedir.

Tablo 7'de elde edilen bulgulara göre uzun dönemde gelirdeki %1 artış enerji yoğunluğunu %0,97 azaltacaktır. Dolayısıyla, gelirden meydana gelecek bir birimlik artışın enerji verimliliğini %0,97 oranında artıracığı söylenebilir. Buradan uzun dönem için gelirdeki artışın yani ekonomik büyümenin enerji verimliliğini olumlu etkilediği çıkarımını yapmak mümkündür.

ARDL Sınır Testi yaklaşımının bir sonraki aşamasında uzun dönem modelindeki bilgiler kullanılarak kısa dönem eşitliği tahmin edilmektedir. Kısa dönem modelinin sonuçları Tablo 8'de verilmektedir.

**Tablo 8. ARDL Sınır Testi yönteminin kısa dönem sonuçları ve katsayılar**

<i>Bağımlı Değişken: <math>\Delta Int</math></i>		
<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>Olasılık Değerleri</i>
C	0,02*	0,00
$\Delta Dep$	0,82*	0,00
$\Delta Y$	-0,90*	0,00
ECT(-1)	-0,95*	0,00
<b>Tanısal İstatistikler</b>		
Regresyonun standart hatası: 0,046	ARCH (1): F=0,57 [0,45]	
Otokorelasyon (LM): 1,64 (0,20)	$\chi^2_{White}$ : 1,08 (0,40)	
$\chi^2_{Norm}$ : 0,06 (0,96)	$\chi^2_{Ramsey}$ : 3,45 (0,04)	

Not. 1. Int, Dep ve Y sırasıyla; enerji yoğunluğu, enerjide dışa bağımlılık ve reel GSYİH verilerinin doğal logaritmasıdır.

2. ECT hata düzeltme terimini ifade etmektedir.

3. (\*) %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

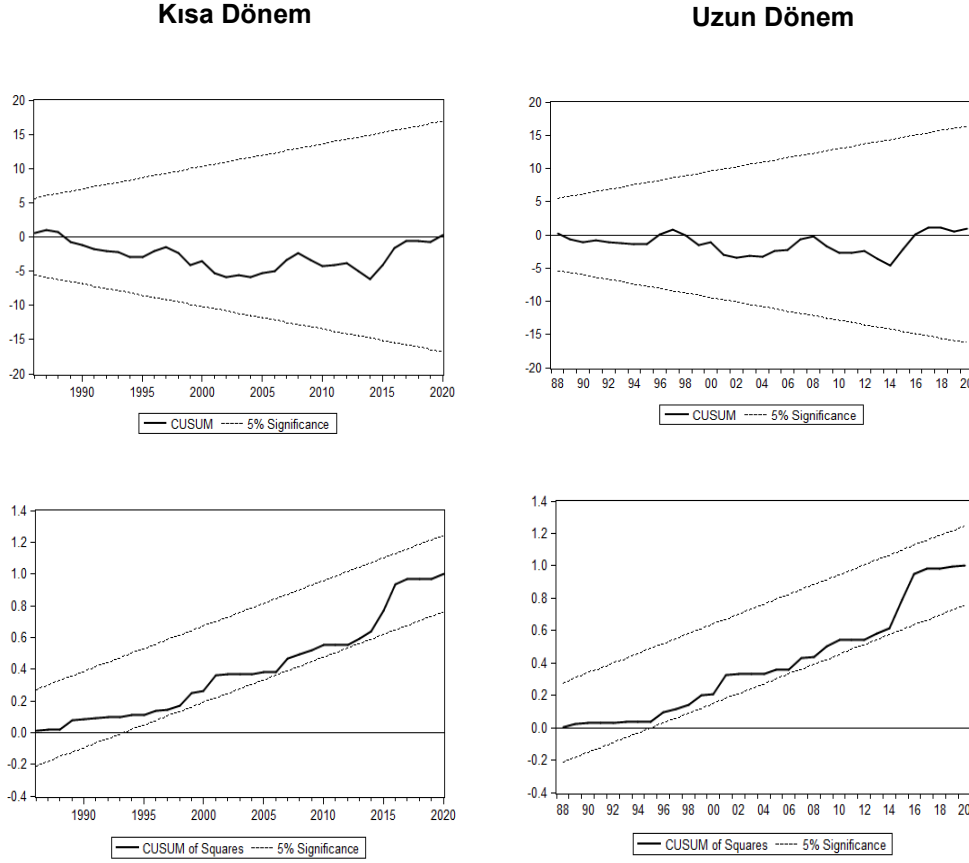
4. Otokorelasyon (LM),  $\chi^2_{White}$ ,  $\chi^2_{Norm}$ ,  $\chi^2_{Ramsey}$  sırasıyla Breusch-Godfrey Serisel Korelasyon Testi, White Değişen Varyans Testi, Jarque-Bera Normallik Testi ve Ramsey RESET testini temsil etmektedir.

5. Tanısal testlere ait olasılık değerleri, parantez içlerinde verilmektedir.

Tablo 8'de verilen bilgilere göre ARDL modeline ait kısa dönem ilişkisi gösterilmektedir. Kısa dönemde modeldeki katsayıların tümü anlamlı olarak tahmin edilmiştir.

Kısa dönemde, enerjide dışa bağımlılığın enerji yoğunluğunu pozitif etkilediği ve dolayısıyla dışa bağımlılıktaki her %1'lik artışın enerji verimliliğini %0,82 oranında azaltacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca, gelirdeki %1 artış enerji yoğunluğunu %0,90 oranında azaltacağından, enerji verimliliğini %0,90 artıracaktır. Bu bulgular ışığında, kısa dönem için enerjide dışa bağımlılık enerji verimliliğini olumsuz etkilerken, GSYİH artışı yani ekonomik büyüme enerji verimliliğini olumlu etkilemektedir çıkarımı yapılabilir. Ayrıca, 0,95 olarak hesaplanan hata düzeltme katsayısı, t-1 döneminde meydana gelebilecek bir dengesizliğin %0,95'inin t döneminde (bir dönem veya yıl içerisinde) düzeltilebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, model 1 yıl/dönem gibi kısa bir sürede dengeye ulaşmaktadır.

Ayrıca çalışma kapsamında parametrelerin kararlı olup olmadığı hem kısa hem de uzun dönem için ayrı ayrı incelenmiştir. Bunun için CUSUM ve CUSUMQ yapısal kırılma testleri uygulanmıştır. Sonuçlar Şekil 3'te gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre %5 anlamlılık düzeyinde kısa ve uzun dönem için modelde bir yapısal kırılma olmadığı ve parametrelerin güvenilir oldukları sonuçlarına ulaşılabilir.



Şekil 3. Kısa ve uzun dönem için CUSUM ve CUSUMQ test sonuçları

## 6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Geçmişten günümüze artan nüfus ve sosyal yaşam standartlarındaki gelişim ile sanayiden ticarete, ulaşımdan bireysel tüketime kadar her alanda enerjiye olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Söz konusu artan ihtiyacı karşılamak için enerji üretiminde birçok alternatif yöntem geliştirilmektedir. Bunlar arasında en fazla öne çıkanlar ise yenilenebilir ve nükleer kaynaklar kullanılarak enerji üretilmesi yöntemleridir. Burada gözden kaçırılan en önemli hususların başında ise enerjinin verimli bir şekilde kullanımı gelmektedir. Zira en önemli öz kaynak olarak nitelendirilen verimlilik, aslında burada bahsi geçen ihtiyacın karşılanması noktasındaki alternatif yöntemler arasında sayılmaktadır.

Enerji verimliliği, sürdürülebilir büyüme ve kalkınmanın sağlanmasında oldukça önemli bir araçtır. Ayrıca, enerji verimliliği alanındaki gelişmelerin üretimi artırdığı, işsizliği azalttığı ve ekonomik büyümeye pozitif katkıda bulunduğu ile ilgili ampirik çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar, sürdürülebilirlik olgusu bağlamında ele alındığında son derece önemli hususlara dikkat çekildiği gözlemlenmektedir. Diğer taraftan, enerji verimliliği kapsamında ortaya çıkan tüm bu olanak ve olumlu sonuçlara rağmen dünya genelinde söz konusu alandaki teknolojik altyapıya yeterince yatırım yapılmadığı dikkat çekmektedir. Bu manada 'enerji verimliliği çelişkinin' çözüme kavuşmasında karar alıcıların daha dikkatli davranmaları ve literatürü yakından takip etmeleri gerekmektedir.

Küresel eğilimler incelendiğinde gerek Türkiye'de gerekse dünyada enerji yoğunluğu düşerken ve enerji verimliliğinin arttığı bir süreç yaşanmaktadır. Türkiye'nin enerji yoğunluğu alanındaki gelişimi dünya ortalamasının üstünde olmasına karşın ülkedeki enerji verimliliği artışı veya yoğunluk azalması beklenenden düşük seviyelerdedir. Dolayısıyla, Türkiye'de enerji verimliliği alanındaki yatırım ve teşviklerin daha etkin kullanılması gerekmektedir. Böylece, Türkiye var olan potansiyelini optimum bir şekilde kullanacak ve ülkede enerji verimliliği ile ilgili pozitif bir ivme yakalanacaktır. Zira bu durum küresel iklim görüşmelerinde Türkiye'ye ciddi fırsatlar sunacaktır.

Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen süreç ve fırsatlar çerçevesinde Türkiye açısından enerjide dışa bağımlılık ile ekonomik büyümenin enerji verimliliği üzerindeki etkileri 1980-2020 yılları arasındaki dönem kapsamında incelenmiştir. Elde edilen ampirik bulgular, kısa dönem için, gelirden meydana gelen artışın enerji verimliliğini artırdığını ancak enerjide dışa bağımlılığın enerji verimliliğini azalttığını ortaya



koymaktadır. Uzun dönemde ise enerjide dışa bağımlılığın anlamsız olduğu, gelirdeki artışın ise enerji verimliliğini artırdığı görülmektedir.

Söz konusu sonuçlar bağlamında, ekonomik büyümenin her dönemde enerji verimliliği üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu çıkarımı yapılmaktadır. Hatta enerji verimliliğindeki artışlar neredeyse ekonomik büyüme trendi seviyesindedir. Diğer taraftan, enerji kaynaklarında dış tedarikçilere bağımlı olma durumu, enerji verimliliği üzerinde özellikle kısa vadede ciddi bir negatif etkiye sahiptir. Sonuç olarak, Türkiye genelinde enerji verimliliğinin gelişimi için ekonomik büyümenin sürdürülmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması gerektiği çıkarımı yapılabilir.

Türkiye'nin enerji politikaları şekillenirken iktisadi büyüme ve refah artışı temin edecek arz ve talep istikrarı durumu belirleyici olmaktadır. Bir diğer husus ise enerji güvenliği ve yerli kaynaklar kullanılarak üretim yapma potansiyelinin artırılmasıdır. Dolayısıyla, ülkede enerji kapsamında gerçekleştirilen politikalarda önceliğin etkin ve verimli enerji kullanımı, jeostratejik konumun verdiği avantajlardan yararlanılması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması şeklinde dizayn edilmesi elzemdir. Bu anlamda, çalışmanın sonuçları itibarıyla da ortaya çıkan en önemli çıkarımlardan birisi, ülke ekonomisinin enerjide dış kaynaklara olan bağımlı yapısının değiştirilmesidir. Haliyle, kamu kesiminde, konutlarda ve özel işletmelerde enerji verimliliği konusundaki strateji, uygulama ve kanuni düzenlemelerin ciddi bir biçimde ele alınması gerekmektedir.

Son olarak, uluslararası alanda enerji verimliliği ile ilgili oldukça geniş bir literatür bulunmasına rağmen, Türkiye açısından enerji verimliliğinin ekonomik olarak incelendiği bilimsel araştırmaların sayısı dünyayla kıyaslandığında bir hayli azdır. Dolayısıyla, ekonomik bir bakış açısıyla enerji verimliliğini araştıran akademik çalışmalar bağlamında ülkede ciddi bir literatür eksikliği bulunmaktadır. Bu manada, ilgili çalışma ile söz konusu literatürdeki boşluğa katkı yapılması hedeflenmektedir. Zira, çalışmanın incelediği değişkenler bakımından enerjide dışa bağımlılık ile GSYH'nın birlikte kullanılarak enerji verimliliği ile bu faktörlerin ilişkilerinin değerlendirildiği başka bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda, çalışma teknolojik gelişme gibi değişkenlerin de modele eklenmesiyle daha geniş bir veri seti ve farklı ekonometrik yöntemler kullanılarak geliştirilebilir. Ayrıca, çalışmada yer alan değişkenlerin tümü aynı dereceden bütünlük ve I(1) olduklarından dolayı değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisi gelecek çalışmalarda Johansen testi ile de yapılarak model katsayıları, FMOLS, DOLS gibi tahminciler kullanılarak da tahmin edilebilir.

### **Bilgilendirme / Acknowledgements**

Çalışmanın gelişmesine katkıda bulunan hakemlere, Dergi editörü ve dil editörlerine teşekkürlerimizi sunarız.

*We would like to thank the referees, editor and language editors who contributed to the improvement of the study.*

### **Yazar Katkıları / Author Contributions**

*İsmail Kavaz: Kavramsallaştırma, Metodoloji, Veri Derleme, Analiz, Makale Yazımı-rijinal taslak*

*Hatice Kübra Köroğlu: Literatür taraması, Modelleme, Makale Yazımı-inceleme ve düzenleme*

*İsmail Kavaz: Conceptualization, Methodology, Data Curation, Analysis, Writing-original draft*

*Hatice Kübra Köroğlu: Literature review, Modelling, Writing-review and editing*

### **Çatışma Beyanı / Conflict of Interest**

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

*No potential conflict of interest was declared by the authors.*

### **Fon Desteği / Funding**

Bu çalışmada herhangi bir resmi, ticari ya da kâr amacı gütmeyen organizasyondan fon desteği alınmamıştır.

*Any specific grant has not been received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.*

### **Etik Standartlara Uygunluk / Compliance with Ethical Standards**

Yazarlar tarafından, çalışmada kullanılan araç ve yöntemlerin Etik Kurul izni gerektirmediği beyan edilmiştir.

*It was declared by the authors that the tools and methods used in the study do not require the permission of the Ethics Committee.*

**Etik Beyanı / Ethical Statement**

Yazarlar tarafından bu çalışmada bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan edilmiştir.

*It was declared by the authors that scientific and ethical principles have been followed in this study and all the sources used have been properly cited.*



Yazarlar, Verimlilik Dergisi'nde yayımlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

*The authors own the copyright of their works published in Journal of Productivity and their works are published under the CC BY-NC 4.0 license.*

## KAYNAKÇA

- Akal, M. (2016). "Modeling of Energy Intensity in Turkey", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11(9), 807-814.
- Akpolat, A. ve Altıntaş, N. (2013). "Enerji Tüketimi İle Reel GSYH Arasındaki Eşbütünlüşme ve Nedensellik İlişkisi: 1961-2010 Dönemi", *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(2), 115-127.
- Alper, F.Ö. (2018). "Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: 1990-2017 Türkiye Örneği", *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 223-242.
- Altınay, G. ve Karagöl, E. (2004). "Structural Break, Unit Root, and the Causality between Energy Consumption and GDP in Turkey", *Energy Economics*, 26(6), 985-994.
- Altınay, G. ve Karagöl, E. (2005). "Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Turkey", *Energy Economics*, 27(6), 849-856.
- Altıntaş, H. ve Koçbulut, Ö. (2014). "Türkiye'de Elektrik Tüketiminin Dinamikleri ve Ekonomik Büyüme: Sınır Testi ve Nedensellik Analizi", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 43, 37-65.
- Apergis, N. ve Danuletiu, D.C. (2014). "Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of Panel Long-run Causality", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(4), 578-587.
- Aslan, A. ve Öcal, O. (2016). "The Role of Renewable Energy Consumption in Economic Growth: Evidence from Asymmetric Causality", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953-959.
- Aydın, C. ve Esen, Ö. (2016). "Threshold Effects of Energy Consumption on Economic Growth in Turkey", *Journal of Environmental Management & Tourism*, 7(315), 370-382.
- BP (British Petroleum) (2022) "Statistical Review of World Energy-2022", <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>, (Erişim Tarihi: 18.06.2022).
- Doğan, E. (2016). "Analyzing the Linkage between Renewable and Non-renewable Energy Consumption and Economic Growth by Considering Structural Break in Time-series Data", *Renewable Energy*, 99, 1126-1136.
- Doğan, H. ve Yıllankırkan, N. (2015). "Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 3(1), 375-384.
- Dünya Bankası (2022a). "Energy Intensity Level of Primary Energy", World Bank Data, <https://data.worldbank.org/indicator/EG.EGY.PRIM.PP.KD>, (Erişim Tarihi: 01.09.2022).
- Dünya Bankası (2022b), "World Development Indicators", <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>, (Erişim Tarihi: 10.05.2022).
- EnerData (2022). "World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2022", <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>, (Erişim Tarihi: 29.08.2022).
- ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) (2017). "Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı", <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/01/20180102M1-1-1.pdf>, (Erişim Tarihi: 15.05.2022).
- ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) (2022). "Denge Tabloları", <https://enerji.gov.tr/Preview/tr/63d0007a-f593-458b-9610-353eb2545897>, (Erişim Tarihi: 12.05.2022).
- Fisher-Vanden, K., Jefferson, G.H., Liu, H. ve Tao, Q. (2004). "What is Driving China's Decline in Energy Intensity?", *Resource and Energy Economics*, 26(1), 77-97.
- Gillingham, K., Rapson, D. ve Wagner, G. (2016). "The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy", *Review of Environmental Economics and Policy*, 10(1), 68-88.
- Gujarati, D.N. (2003). "Basic Econometrics", 4th ed., McGraw-Hill, New York.
- Kadılar, C. (2000). "Uygulamalı Çok Değişkenli Zaman Serileri Analizi", Ankara: Büro Basımevi.
- Kar, M. ve E. Kınık (2008), "Türkiye'de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi", *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 10(2), 333-353.
- Karakaya, H. (2017). "Enerji Verimliliği Kapsamında Türkiye'nin Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyümesi Arasındaki Nedensellik İlişkisinin Değerlendirmesi", Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kastamonu.
- Karhan, G. (2016). "Enerji Yoğunluğu Ve Ülkelerin Gelişmişlik Düzeyleri Arasındaki İlişkinin Analizi: BRICS-T Ülkeleri Üzerine Bir İnceleme", Yayınlanmış Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Kasap, Y., Şensöğüt, C. ve Ören, Ö. (2020). "Efficiency Change of Coal Used for Energy Production in Turkey", *Resources Policy*, 65, 101577.
- Kavaz, İ. ve Özbuğday, F. (2016). "Enerjide Dışa Bağımlılık ve Enerji Verimliliği Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği", *Akademik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(27), 331-349.

- Kızılkaya, O. (2018). "Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi", *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, Prof. Dr. Harun Terzi Özel Sayısı, 59-72.
- Koç, E. ve Şenel, M.C. (2013). "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme", *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P.C., Schmidt, P. ve Shin, Y. (1992). "Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of A Unit Root: How Sure are We That Economic Time Series Have a Unit Root?", *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.
- MacKinnon, J.J. (1991). "Critical Values for Cointegration Tests in Long-Run Economic Relationships", *Readings in Cointegration*, Editörler: Engle, R.F. ve Granger, C.W., Oxford University Press, Oxford, 267-276.
- Mucuk, M. ve Uysal D. (2009). "Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme", *Maliye Dergisi*, (157), 105-115.
- Naimoğlu, M., ve Akal, M. (2022). "Yükselen Ekonomilerde Enerji Etkinliğini Arz Yanlı Etkileyen Faktörler", *Verimlilik Dergisi*, (1), 16-31.
- Narayan, P.K. (2005). "The Saving and Investment Nexus for China: Evidence from Cointegration Tests", *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990.
- Özata, E. (2010). "Türkiye'de Enerji Tüketimi Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkilerin Ekonometrik İncelemesi", *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26.
- Özbek, S. (2023). "Enerji İthalatçısı Gelişmekte Olan Ülkelerde Enerji Yoğunluğunun Belirleyicileri", *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(1), 114-126.
- Patterson, M.G. (1996). "What is Energy Efficiency?: Concepts, Indicators and Methodological Issues", *Energy Policy*, 24, 377-390.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., ve Smith, R.J. (2001). "Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationship", *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Phillips, P.C., ve Perron, P. (1988). "Testing for a Unit Root in Time Series Regression", *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Ryan, L. ve N. Campbell (2012), "Spreading the Net: The Multiple Benefits of Energy Efficiency Improvements", *IEA Energy Papers*, No. 2012/08, OECD Publishing, Paris.
- Soytaş, U., ve Sarı, R. (2007). "The Relationship between Energy and Production: Evidence from Turkish Manufacturing Industry", *Energy Economics*, 29(6), 1151-1165.
- Şengül, S. ve Tuncer, İ. (2006). "Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: 1960-2000", *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi*, (21), 69-80.
- Uzun, A. ve Değirmen, M. (2018). "Endüstriyel İşletmelerde Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimi", *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 83-97.
- Verbeek, M. (2004). "A Guide to Modern Econometrics", 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley and Sons, New York.
- Yenilmez, F. ve Erdem, M.S. (2018). "Türkiye ve Avrupa Birliği'nde Ekonomik Büyüme ile Enerji Tüketimi Arasındaki İlişki: Toda-Yamamoto Nedensellik Testi", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1), 71-95.
- Zaim, A. ve Aras, H. (2020). "Pnömatik Sistemlerde Enerji Verimliliği", *Mühendis ve Makina*, 61(698), 31-45.