

# Enerji Kaynaklarının Enerji Yoğunluğu Üzerindeki Etkileri: Enerji İthalatçısı Yükselen Ekonomilerden Kanıtlar

Mustafa NAIMOĞLU\*   
Bilal ÖZEL\*\* 

## ÖZ

Enerji alanında dışa bağımlı ekonomiler için enerjinin daha yüksek verimlilikte veya daha düşük yoğunlukta kullanılması oldukça önem arz etmektedir. Enerji ithalatçısı yükselen ekonomilerde 1990 yılında 1 birim (koe) enerji başına 4.64 birim çıktı (GSYİH) elde edilirken 2018 yılına gelindiğinde bu değer 5.58 birime ulaştığı görülmüştür. Dolayısıyla bu ekonomiler enerji kaynaklarını 1990-2018 döneminde daha yüksek verimlilikte veya daha düşük yoğunlukta kullanarak daha fazla çıktı elde etmeyi başarmışlardır. Bu yüzden özellikle enerji alanında dışa bağımlı ekonomilerde söz konusu başarının sürdürülebilirliği için hangi enerji kaynağının enerji verimliliğini artırdığı veya enerji yoğunluğunu düşürdüğü sorusunun cevabı son derece önemlidir. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı; 1990-2018 yılları arasında enerji ithalatçısı 16 yükselen ekonomi için enerji yoğunluğunu etkileyen faktörleri panel veri analizi yardımıyla araştırmaktır. Enerji yoğunluğuna ilişkin model, Ortak İlişkili Etkiler Ortalama Grup (CCEMG) ve Genelleştirilmiş Ortalama Grup (AMG) tahmincileriyle tahmin edilmiştir. Elde edilen bulgular, hidro ve elektrik kullanımının enerji yoğunluğunu azalttığını; kömür, petrol ve doğalgaz kullanımının ise enerji yoğunluğunu artırdığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Kaynakları, Enerji Yoğunluğu, Enerji İthalatçısı Yükselen Ekonomiler.

## Effects of Energy Resources on Energy Intensity: Evidence from Emerging Energy Importing Economies

### ABSTRACT

For economies dependent on foreign energy in the field of energy, it is very important to use energy with higher efficiency or lower intensity. While in 1990, 4.64 units of output (GDP) per 1 unit (Koe) of energy was achieved in energy-importing emerging economies, it was seen that this value reached 5.58 units in 2018. Therefore, these economies have succeeded in obtaining more output by using energy resources with higher efficiency or lower intensity in the 1990-2018 period. Therefore, the answer to the question of which energy source increases energy efficiency or decreases energy density is extremely important for the sustainability of the said success, especially in foreign-dependent economies in the field of energy. Therefore, this study aims to investigate the factors affecting energy intensity for 16 energy importing emerging economies between 1990-2018 with the help of panel data analysis. The model for energy intensity was estimated with Common Associated Effects Average Group (CCEMG) and Generalized Average Group (AMG) estimators. The findings show that the use of hydro and electricity reduces energy intensity; showed that the use of coal, oil, and natural gas increased the energy intensity.

**Keywords:** Energy Resources, Energy Intensity, Energy Importer Emerging Economies.

### 1. Giriş

Enerji yoğunluğunu azaltmak (tersine verimliliği artırmak), bireylerin genel kullarımları başta olmak üzere hemen her alanda yaşam kalitesini artırmak, üretim kalitesini ve miktarını etkilemeden kullanılan enerji miktarının azaltmak olarak tanımlanabilir. Enerjinin hayatın içerisindeki payı ve dolayısıyla maliyeti her geçen yıl arttığı için bu alanda yapılan ekonomik araştırmalar da giderek çoğalmaktadır.

Sürdürülebilir bir ekonomik büyüme hedefi açısından enerji bağımsızlığı çok önemli bir kavramdır. Mevcut kaynakların daha düşük yoğunlukta/daha verimli kullanılması, özellikle fosil yakıt kullanılarak üretilen ve depolanamayan elektrik gibi ürünlerde büyük önem arz etmektedir. Sadece gereksiz kullarımları önlemek değil; mevcut kaynakların daha verimli halde kullanılması da sürdürülebilir ekonomiye katkı sağlayacaktır.

Enerji yoğunluğu ve enerji verimliliği her ne kadar birbirlerine çok yakın kavramlar gibi görünse de; bunlar zıt yönde hareket etmektedirler. Örneğin bir bölge ya da ülke grubu için hesaplanan enerji yoğunluğu ne kadar düşüğe, enerji verimliliği o kadar yüksek olacaktır. Bu hesaplama firmadan bireysel

\* Dr. Arş. Gör., Bingöl Üniversitesi, mnaimoglu@bingol.edu.tr

\*\* Dr. Öğr. Üyesi, Bingöl Üniversitesi, bilalozel@bingol.edu.tr

Makalenin Gönderim Tarihi: 21.03.2021; Makalenin Kabul Tarihi: 14.02.2022

kullanıma kadar her alan için yapılabileceği gibi kavram olarak aynı sonucu ifade edecektir. Daha kısa bir ifade ile enerji verimliliği ile enerji yoğunluğu matematiksel anlamda ters orantılı olarak çalışmaktadır.

Dünya Bankası'ndan elde edilen verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre çalışmaya konu olan 16 enerji ithalatçısı yükselen ekonominin geneli için GSYİH 1990-2018 döneminde yaklaşık %381,20 oranında artış göstermiştir. Ayrıca Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'ndan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalara göre çalışmaya konu olan 16 enerji ithalatçısı yükselen ekonominin geneli için toplam enerji kullanımı 1990-2018 döneminde yaklaşık %165,53 oranında artış göstermiştir. Dolayısıyla 1990 yılında 1 birim enerji ile 4.64 birim çıktı elde edilirken; 2018 yılına gelindiğinde 1 birim enerji ile 5.58 birim çıktı elde edilmiştir. Diğer taraftan IEA'dan alınan verilerle tarafımızca yapılan hesaplamalar, söz konusu dönemde bu 16 ekonomiye ait enerji ithalatının %364,32 oranında artış kaydettiğini göstermiştir. Bu durum elde edilen yüksek gelirin, ithal edilen enerjiye bağlı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Yetersiz teknolojik altyapılarından ötürü, yakın zamanda yenilenebilir enerji kullanımından yeterince faydalanamayacakları düşünüldüğünde, ilerleyen dönemlerde de bu ekonomilerin enerji alanında dışa bağımlı kalacakları değerlendirilmektedir. Dolayısıyla özellikle bu ekonomiler için enerjinin; daha etkin, daha verimli, daha tasarruflu ve daha düşük yoğunlukta kullanımı hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle elde edilen bulguların önemli bilgiler sunacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışma literatürdeki diğer çalışmalardan da bazı yönleri itibariyle ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi, üretimi düşürmeden enerji yoğunluğunu düşürmek zorunda olan enerji ithalatçısı yükselen ekonomilerin örneklem olarak seçilmesidir. İkincisi, modele dahil edilen değişken sayısının fazla olmasıdır. Üçüncüsü, kullanılan ekonometrik yöntemin güncel olmasıdır. Dördüncüsü, sonuçların güvenilirliğini artırmak için sağlamlık testi olarak başka bir tahmincinin kullanılmasıdır. Son olarak, elde edilen bulguların enerji yoğunluğu (tersine enerji verimliliği) alanında çok önemli veriler sunmasıdır.

Bu bölümü takip eden bölümde konuyla ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. Sonra ekonometrik model tanıtılmakta kullanılan değişkenlerden bahsedilmektedir. Daha sonra elde edilen ampirik bulgular yorumlanmakta ve politika önerileriyle çalışma sonlandırılmaktadır.

## 2. Literatür

Literatürde enerji yoğunluğu/verimliliği üzerine yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Temelde çalışmalar kesin bir nicel ölçüsü belirlenemeyen verimliliği ölçmek yerine birtakım göstergeler ile verimliliği açıklamaya çalışmaktadır. Patteerson (1996, s. 373)'a göre çıktı üretiminde değişiklik olmadan aynı çıktı ile daha az enerji kullanmak verimliliğe işaret edecektir. Bunu basit bir formülasyon ile göstermiştir. Patterson'a göre bu formül üretim sonucunda elde edilen çıktının üretim aşamasında ihtiyaç duyulan enerji miktarına oranlanmasıdır.

Literatürdeki çalışmaların çoğunda enerji yoğunluğu ile enerji verimliliği kavramları bir arada kullanılmaktadır. Bu bağlamda enerji yoğunluğunun azalması, enerji verimliliğinin artması olarak değerlendirilmektedir (Bernstein vd., 2003).

Enerji yoğunluğu üzerine Çin için yapılan bir çalışmada Fisher-Vanden vd. (2004) 1996 yılından itibaren mutlak enerji kullanım seviyesinde bir gerilemenin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu gerilemeye rağmen enerji yoğunluğu 1970' lerin sonlarından itibaren sürekli olarak düşerken enerji kullanım seviyeleri ise 1996' dan itibaren azalma eğilimine devam etmiştir. Çalışmada bu azalmanın sebebi olarak kömür tüketiminin sanayide daha az tercih edilmesi olarak tespit edilmiştir. Çalışmaya esas teşkil eden yaklaşık 2500 orta ölçekli işletme ile panel analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda enerji fiyatlarındaki nisbi artışlarının Ar-Ge harcamaları ve endüstrideki temel değişimler ile Çin'deki azalan enerji yoğunluğunu açıkladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Nadel vd. (2004) enerji etkinliği üzerine yaptıkları 11 farklı çalışmayı bir araya getirmişlerdir. Dönem olarak çalışmalarda 5 ile 20 yıl arısında değişen periyotlar kullanılmıştır. Bu çalışmada ABD eyaletleri içerisinde fosil yakıtlar ile yapılan elektrik üretiminde yaklaşık %1,2'lik bir azalma ile %0,5'lik bir enerji verimliliği artışı olduğu sonucuna varmışlardır.

Pamir (2005) küresel ölçekteki enerji politikalarını araştırırken enerji fiyatlarında ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak enerji yoğunluğunun azaldığını ancak fosil kaynaklarda yeni rezervlerin

keşfedilmesi ve bu bolluktan dolayı fosil yakıt kullanımının artacağı ve buna bağlı olarak enerji yoğunluğunun artacağını ortaya koymuştur.

Asif ve Muneer (2007) yaptıkları çalışmada dünya üzerinde en çok enerji tüketen ilk yedi ülke arasında beş tanesini (dünya tüketiminin %49'una denk gelen) seçmişlerdir. Yapılan bu çalışmada incelenen beş ülkeden dördü, Çin, Hindistan, İngiltere ve ABD, net enerji ithalatçısıdır. Bu ülkelerin en önemli özelliği fosil yakıtlara bağımlı olmalarıdır. Fosil yakıtların üretimde kullanılmasının azalması ile bu ülkelerde enerji verimliliğinde bir artış yaşanmıştır. Yapılan tahminlere göre 2025 yılına kadar öncelikle Çin'in artan enerji talebinin karşılamak için fosil yakıtların kullanımının azaltılması ile enerji yoğunluğunun azalacağı ve enerji veriminin artacağı tespit edilmiştir.

Zamani (2007) İran için 1967-2003 yılları arasında kapsayan bir çalışma yapmıştır. VAR modeli ile yapılan çalışmada toplam enerji tüketimi ve GSYİH arasında bir nedensellik tespit edilmiştir. Ayrıca petrol tüketimi ile GSYİH arasında uzun dönem çift yönlü bir ilişki keşfedilmiştir. Mevcut enerji tüketim politikalarının fosil yakıtlar ile devam etmesi başka bir ifade ile değişmemesi durumunda ancak uzun vadede büyümenin yavaşlayacağından enerji yoğunluğu artacak ve enerji verimliliği azalacaktır.

Aynı yıl yapılan bir diğer çalışmada; Chien ve Hu (2007) 2001 ve 2002 yıllarında 45 ekonomi için teknik verimliliği ve makro ekonomik etkileri analiz edebilmek için veri zarflama yöntemi kullanmışlardır. Analiz sonuçları; toplam enerji arzı içinde fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerjinin payının artırılmasının, teknik verimliliği önemli ölçüde artıracığını göstermiştir. Yani yenilenebilir enerjinin teknik verimliliği artırdığını tespit etmişlerdir. Söz konusu ülkeler içerisinde petrol yerine yeşil enerji ürünlerinden sağlanan enerji verimliliğinde ilk üç sırayı Venezüella, İzlanda ve Hollanda almıştır.

Zhang vd. (2011) 1980–2005 dönemi için 23 gelişmekte olan ülkeden oluşan bir örnekleme enerji verimliliğini analiz etmiştir. Botsvana, Meksika ve Panama en iyi performansı gösterirken, Kenya, Filipin, Sri Lanka ve Suriye tüm dönem boyunca enerji verimliliğinde en kötü performansı sergilemiştir. Sürekli olarak artış yaşayan tek ülke ise Çin olmuştur. Yenilenebilir enerjiye dönerek fosil yakıtları terk etme oranının son dönem içerisinde %10 dan %15'e yükselmesinin çıkarılan kanunlar ile teminat altına alınması, enerji verimliliğinde sürekli bir artışın yaşanmasının temelini oluşturmuştur.

Valenzuela ve Qi (2012) Meksika ve Çin ekonomilerini yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüşüm politikaları açısından ele almışlardır. Aynı enerji verimlilik seviyelerine gelmelerine rağmen Meksika tüketimi etkileyen çözümlere odaklanmış iken Çin ise üretimi etkileyen sonuçlara göre hareket etmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre her iki ülke bir taraftan fosil yakıt tüketiminin beraberinde getirdiği enerji verimsizliğinin olumsuz etkilerinden kurtulmaya çalışırken diğer taraftan da yapısal anlamda farklı sonuçlar için politika geliştirmeye devam etmektedirler.

Pao ve Fu (2013) 1980 ile 2010 yılları arasında hidroelektrik dışındaki yenilenebilir enerji tüketimini incelemişlerdir. VAR modeline dayanan analiz ile GSYİH ve yenilenebilir enerji arasında bir nedensellik ilişkisi bulmuşlardır. Bu uzun dönemli ilişki, toplam yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik bir artışın reel GSYH'yi %0,20 artırdığını göstermektedir. 30 yıllık dönem içerisinde kömür ve doğalgaz yerine kullanılmaya başlanan yenilenebilir enerji ile enerji verimliliğinde %3.28'lik bir artış sağlanmıştır.

Bildirici ve Bakırtaş (2014) BRICTS ülkelerinde kömür, doğal gaz ve petrol tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini 1980–2011 dönemi için ARDL yöntemi kullanılarak incelemişlerdir. Brezilya, Rusya ve Türkiye'de doğalgaz tüketiminin zamanla artmaya devam edeceğini bu durumun diğer fosil yakıt endüstrilerini etkiyeceğini belirtmişlerdir. Çalışma sonucuna göre bu ülkelerde doğalgaz tüketimi, enerji yoğunluğunda bir azalışa ve enerji verimliliğinde artışa yol açmaktadır.

Balitskiy vd. (2016) çalışmalarında; 1997 ve 2011 yılları arasında 26 Euro bölgesi ekonomisi üzerine panel zaman serisi analizi yapmışlardır. Brüt sermaye stoku ve toplam emek değişkenlerini kullanarak oluşturdukları model ile yapılan analiz sonucunda ekonomik kalkınma, doğal gaz tüketimi, emek ve sermaye arasında uzun vadeli bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre; GSYİH'nin %1 artması doğal gaz tüketiminin %0,13 artmasına neden olurken; doğal gaz tüketimindeki %1 artış ise GSYİH'nin %0,02 azalmasına yol açmaktadır.

Groot vd. (2017) 1990-2014 dönemine ait veriler doğrultusunda Avrupa Birliği ülkelerinde doğalgaz ve kömür kullanımının enerji verimliliği üzerinde etkilerini doğrusal regresyon analizi yoluyla incelemişlerdir. Enerji verimliliği açısından yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimi payının, fosil yakıtlı elektrik

santrallerine göre ortalama 125 ila 250 saat arası daha verimli çalıştığı ifade edilmiştir. Dolayısıyla fosil yakıtların terk edilmesi sonucu santrallerin çalışma performanslarına bağlı olarak enerji yoğunluğunda bir azalma meydana geleceği ve enerji verimliliğinin aynı oranda artacağı belirtilmiştir.

Garret-Peltier (2017) yaptığı çalışmada fosil yakıt temelli enerji üretimi konusunu enerji verimliliği ve istihdam açısından incelemiştir. Bu çalışma ile fosil yakıt temelli enerji üretiminde daha fazla ihtiyaç duyulan işgücünün, yeşil enerjiye geçişi ile birlikte oluşacak istihdam kaybının farklı alanlarda olumlu bir etkiye sahip olup olmadığını tespit etmek amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda fosil yakıt temelli üretimin alternatif enerji kaynaklarına kaydırılması durumunda her 1 milyon dolar yatırım bedelinin fosil yakıt istihdamına ek olarak beş kişi daha fazla istihdam yaratarak ekonomiye olumlu bir etkisinin olacağı tespit edilmiştir. Söz konusu artış ile enerji yoğunluğunun azalacağı ve enerji verimliliğinin de artacağı ifade edilmiştir.

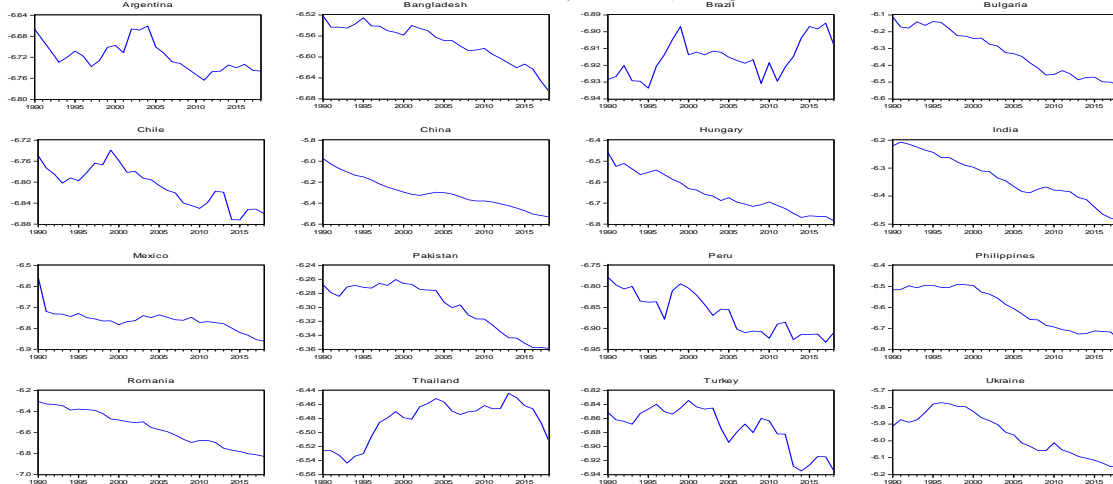
Antonietti ve Fontini (2019) 1980-2013 dönemine ait verilerden hareketle enerji yoğunluğu ve enerji fiyatı arasındaki ilişkiyi 120 ülke için panel veri analizi yardımıyla incelemiştir. Analiz sonucunda petrol fiyatlarında artışa yol açabilecek bir politika değişikliğinin sınırlı dahi olsa petrol kullanımını azaltarak enerji verimliliğinde bir artışa yol açacağını tespit etmişlerdir.

Paraschiv vd. (2020) yaptıkları çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının bina sektörüne uyarlanmasını başka bir ifade ile güneş enerjili hava ısıtma sistemini analiz etmişlerdir. 2005 ve 2019 yılları arasında kapsayan analiz sonucunda 12 yıl 6 ay içerisinde ortalama olarak sistemin kendisini amorti ettiği ve ekonomik olarak avantaj taşıdığı sonucuna ulaşmışlardır. Atmosfere salınan, emisyon olmayan ve tamamen çevre dostu bu sistem ile sağlanacak enerji verimliliğinin konut ısıtması için kullanılan sistemler için büyük bir alternatif olarak görülmesi gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

### 3. Veri, Ekonometrik Model ve Yöntem

Çalışmadaki bağımlı değişken olan enerji yoğunluğu 1 birim çıktı (GSYH) başına kullanılan minimum enerji (ktoe) miktarını ifade etmektedir. Grafik 1, ilgili dönemde çalışmada kullanılan enerji alanında dışa bağımlı 16 yükselen ekonomi için enerji yoğunluk grafiklerini göstermektedir<sup>1</sup>. Bu grafiklere dikkat edilirse genel olarak enerji yoğunluklarının azalış kaydettiği görülmektedir. Ancak bazı ekonomiler yüksek dalgalanmalara sahiptir. Bu durum enerji yoğunluğunun enerji kaynaklarına ve diğer faktörlere karşı çok duyarlı olduğu şeklinde yorumlanabilir.

**Grafik 1. Ekonomilere Ait Bireysel Enerji Yoğunluk Grafikleri**



**Kaynak:** Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), [www.iea.org](http://www.iea.org)

<sup>1</sup> IMF'nin 2015 yılında yayınlanan dünya ekonomik raporunda Arjantin, Bangladeş, Brezilya, Bulgaristan, Şili, Çin, Kolombiya, Macaristan, Hindistan, Endonezya, Malezya, Meksika, Pakistan, Peru, Filipinler, Polonya, Romanya, Rusya, Güney Afrika, Tayland, Türkiye, Ukrayna ve Venezüella şeklindeki 23 ülke Yükselen Ekonomi olarak sınıflandırılmıştır (IMF; WEO, 2015: 124). Bu ekonomiler arasında Arjantin, Bangladeş, Brezilya, Bulgaristan, Şili, Çin, Macaristan, Hindistan, Meksika, Pakistan, Peru, Filipinler, Romanya, Tayland, Türkiye ve Ukrayna ülkeleri enerji ithal eden ülkelerdir.

Bu bölümde enerji yoğunluğu ile enerji yoğunluğunu etkileyen faktörler arasındaki uzun dönem ilişkinin varlığı sınanmıştır. İlk olarak birim kök testi için yatay kesit bağımlılığı araştırılmış sonra değişkenler için durağanlık testi yapılmıştır. Daha sonra eş bütünleşme ilişkisi araştırmak için modelde yatay kesit bağımlılığı ve eğim parametrelerinin heterojen olup olmadığı araştırılmıştır. Son olarak sonra Durbin-Hausman testi yapılarak eşbütünleşme ilişkisi test edilmiş olup uzun dönem katsayıları için CCEMG ve AMG tahminicileri kullanılmıştır.

### 3.1. Veri Seti

Modelde kullanılacak olan değişkenlerin tanımı, tanımlayıcı istatistikleri, veri kaynakları ve değişkenlere ait özet bilgiler Tablo 1’de gösterilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde oynaklığın en fazla olduğu seri doğalgaz (NTR), en az olan ise enerji yoğunluğu (EI) dir.

**Tablo 1.** Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler, Tanımlamalar ve Kaynaklar

Değişken	Tanımı	Kaynak	NT	Ort.	Std. Ht.	Min.	Max.
EI	Log (Toplam Enerji kullanımı (ktoe)/GSYİH (2010 temel yılı US\$))	Toplam Enerji Arzı: Uluslararası Enerji Ajansı GSYİH: Dünya Bankası	464	-6.564	0.272	-6.935	-5.773
COA	Log (Kömür kullanımı (ktoe))	Uluslararası Enerji Ajansı	464	3.924	0.876	1.462	6.307
OIL	Log (Petrol kullanımı (ktoe))	Uluslararası Enerji Ajansı	464	4.345	0.541	3.228	5.785
NTR	Log (Doğalgaz kullanımı (ktoe))	Uluslararası Enerji Ajansı	464	3.963	1.147	-6.000	5.362
HDR	Log (Hidro kullanımı (ktoe))	Uluslararası Enerji Ajansı	464	3.124	0.831	1.114	5.013
ELEC	Brüt elektrik kullanımıdır. Ayrıca hidro istasyonlardaki üretim, pompalı depolama tesislerindeki kullanımda dâhildir (ktoe)	Uluslararası Enerji Ajansı	464	3.977	0.557	2.823	5.790
LOS	Log (Enerji dağıtım, iletimi ve taşınmasında yaşanan enerji kayıpları (ktoe))	Uluslararası Enerji Ajansı	464	3.454	0.553	2.434	4.792

**Not:** Bütün değişkenler için ilgili dönem 1990-2018 yılları arasındadır.

Serilere ait değişkenler arasındaki basit ilişkinin derecesini ve yönü hakkında bilgi edinmek için basit korelasyon katsayıları hesaplanmış ve Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Basit Pearson Korelasyon Katsayıları

	EI	COA	OIL	NTR	HDR	ELEC	LOS
EI	1						
COA	0.395 (0.000)***	1					
OIL	0.034 (0.466)	0.765 (0.000)***	1				
NTR	0.123 (0.008)***	0.323 (0.000)***	0.327 (0.000)***	1			
HDR	-0.092 (0.049)**	0.577 (0.000)***	0.792 (0.000)***	0.215 (0.000)***	1		
ELEC	0.181 (0.000)***	0.675 (0.000)***	0.632 (0.000)***	0.438 (0.000)***	0.753 (0.000)***	1	
LOS	0.314 (0.000)***	0.611 (0.000)***	0.653 (0.000)***	0.465 (0.000)***	0.707 (0.000)***	0.637 (0.000)***	1

**Not:** Gözlem sayısı NT=464 olup, \*\*\*, \*\* ve \* sırasıyla % 1, % 5 ve % 10 düzeyinde anlamlılık seviyeleridir.

Korelasyon katsayısı -1 ve 1 arasında olan bir değer alır ve bu değerın mutlak değeri olarak 1’e yakın olması değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin bulunduğunu gösterirken; 0’a yakın olması zayıf bir ilişkinin olmasını ifade etmektedir (Beaumont, 2012, s. 8). Hidro kaynağı hariç bütün değişkenler enerji yoğunluğu ile pozitif bir ilişkiye sahiptir. Yalnız petrol kullanımı istatistiksel olarak anlamsızdır. Genel olarak değişkenler ile yoğunluk arasında düşük bir ilişki vardır. Ancak düşük korelasyonun bulunması normal olmakla birlikte kurulacak modelin açıklayıcı gücünü artırmada avantaj sağlayacaktır.

### 3.2. Ekonometrik Model ve Yöntem

Enerji yoğunluğunun birincil belirleyicileri enerji tüketimi ve GSYİH'dir. Enerji tüketimi ise üretilen enerjiyle paraleldir. Yani üretilen enerji tüketilmektedir. Bunun için enerji üretimi sırasında kullanılan enerji kaynakları enerji üretiminin birincil belirleyicileri olmaktadır. Dolayısıyla enerji yoğunluğunun dolaylı olarak birincil belirleyicileri arasında enerji kaynakları bulunmaktadır. Enerji kaynaklarının enerji yoğunluğu üzerindeki etkisini belirlemek için hazırlanan model şu şekildedir:

$$EI_{it} = \beta_0 + \beta_1 COA_{it} + \beta_2 OIL_{it} + \beta_3 NTR_{it} + \beta_4 HDR_{it} + \beta_5 ELEC_{it} + \beta_6 LOS_{it} + u_{it}$$

Analize geçmeden önce serilerin birim kök içerip içermediği araştırılacaktır. Bunun için öncelikle değişkenlerde yatay kesit bağımlılığı (birimler arası korelasyon) sınanacaktır. Birimler arası korelasyonun bulunması halinde 2. Nesil birim kök testleri kullanılması gerekirken; bulunmaması durumunda ise 1. Nesil birim kök testleri kullanılacaktır.

#### 3.2.1. Değişkenler İçin Yatay Kesit Bağımlılığı

Son dönemlerde panel veri seti modelleri analiz edilirken serilerin durağanlığı yapılmadan önce serilerin birimler arası korelasyona sahip olup olmadığı araştırılmaktadır. Çünkü birimler arası korelasyona bakılması gözlemlenemeyen ortak etkilerin incelenmesini ve kullanılacak tahmin yönteminin belirlenmesini ve dolayısıyla elde edilecek katsayıların ve standart hataların güvenilirliğini belirleyecektir. İktisadi olarak ise bir ülkede ortaya çıkan makroekonomik bir şokun diğer ülkeleri de etkileyip etkilemediğine karar vermek için yatay kesit bağımlılığı testlerinden faydalanılmaktadır. Bu yüzden yöntem olarak öncelikle kesitler arası korelasyon testleri yapılarak kullanılacak olan durağanlık testleri ve tahminlere karar verilecektir.

Literatürde panel tahmin yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalara dikkat edilirse, yatay kesit bağımlılığını sınamak için ve  $T > N$  birim şeklinde verilerde Breusch-Pagan (1980) CDLM1 testi, Pesaran (2004) CDLM2 ve  $T$  ve  $N$ ' nin yeterince büyük olduğu durumlarda ise CDLM-Adj (Pesaran vd., 2008) testlerine başvurulmaktadır (Hepaktan & Çınar, 2011, s. 142). Bu bölümde değişkenlerde yatay kesit bağımlılığının varlığı CDLM1 (Breusch-Pagan, 1980), CDLM2 (Pesaran, 2004) ve CDLM-Adj (Pesaran vd., 2008) testleri ile sınanacaktır. Bu testlere ait temel hipotez  $COV(\varepsilon_{it}\varepsilon_{jt}) = 0$  Hata terimleri birimlere göre eş zamanlı korelasyonlu değildir şeklindedir. Birimlere ait yatay kesit bağımlılığı sonuçları Tablo 3' de verilmiştir.

**Tablo 3. Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları**

Değişken	CDLM1		CDLM2		CDLM-adj	
	İstatistik	Olasılık	İstatistik	Olasılık	İstatistik	Olasılık
EI	1953.872***	0.0000	118.376***	0.0000	29.962***	0.0000
COA	2015.756***	0.0000	122.371***	0.0000	12.131***	0.0000
OIL	1726.357***	0.0000	103.690***	0.0000	10.472***	0.0000
NTR	2275.804***	0.0000	139.157***	0.0000	16.084***	0.0000
HDR	1032.381***	0.0000	58.894***	0.0000	25.647***	0.0000
ELEC	2395.413***	0.0000	146.877***	0.0000	31.632***	0.0000
LOS	1998.665***	0.0000	121.267***	0.0000	13.706***	0.0000

Not: \*(%10), \*\*(%5), \*\*\*(%1) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir.

Tablo 3 incelendiğinde değişkenler için yatay kesit bağımlılığı testlerinden CDLM1, CDLM2 ve CDLM-Adj testlerine göre bütün seriler "sabitli" ile "sabitli ve trendli" modellerin hepsinde %1 önem seviyesi için birimler arası korelasyona sahiptir. Dolayısıyla tüm değişkenler için 2. Nesil birim kök testleri kullanılacaktır.

#### 3.2.2. Değişkenlerin Durağanlık Testi

Panel veri analizlerinde serilerin durağanlığının araştırılmadan analiz edilmesi sahte regresyona sebep olabilmektedir. Bu yüzden serilerin durağanlığı ve hangi durağanlık testlerinin seçileceği önem kazanmaktadır. Değişkenler için ikinci nesil birim kök testlerinden Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CIPS (Cross-sectionally augmented IPS) ve Bai ve Ng (2010) tarafından geliştirilen PANIC (Panel Analysis

of Nonstationarity in Idiosyncratic and Common components) durağanlık testleri kullanılacaktır. Serilere ait durağanlık test sonuçları Tablo 4' de sunulmaktadır.

**Tablo 4. Birim Kök Testi Sonuçları**

Düzye	P <sub>a</sub>		P <sub>b</sub>		P <sub>MSB</sub>		CIPS	
	Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitli	Sabitli ve Trendli
EI	-0.913	-2.055**	-0.769	-1.964**	-0.721	-1.261	-2.174*	-2.600
COA	1.644	0.982	2.382	1.183	3.428	1.418	-2.302**	-2.655*
OIL	2.134	-0.506	1.856	-0.478	-0.420	-0.388	-2.104	-2.736**
NTR	0.497	1.110	0.606	1.359	1.185	1.648	-2.621***	-2.203
HDR	1.178	-6.990***	1.253	-4.157***	0.670	-2.032**	-3.307***	-3.545***
ELEC	-6.548***	-0.957	-3.758***	-0.852	-1.948**	-0.710	-2.111*	-2.147
LOS	2.081	0.993	3.170	1.161	4.603	1.352	-2.133*	-2.735**
Birinci Fark	Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitli	Sabitli ve Trendli
EI	-3.658***	-2.899***	-2.509***	-2.226**	-1.318*	-1.366*	-4.758***	-4.808***
COA	-3.004***	-5.567***	-1.993**	-3.391***	-1.156	-1.634*	-5.063***	-5.228***
OIL	-4.679***	-5.745***	-2.878***	-3.792***	-1.535*	-1.901**	-4.825***	-4.866***
NTR	-2.296**	-2.122**	-1.646**	-1.588*	-0.867	-0.980	-4.528***	-4.758***
HDR	-28.133***	-14.764***	-6.864***	-7.104***	-1.570*	-2.341***	-5.667***	-5.660***
ELEC	-6.661***	7.943***	-3.731***	-4.929***	-2.054**	-2.338***	-4.010***	-4.465***
LOS	-11.141***	-12.216***	-4.536***	-5.805***	-1.727**	-1.847**	-5.054***	-5.310***

Not: \* (%10), \*\*(%5), \*\*\* (%1) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir. CIPS testi sabitli model için istatistik değerleri %1 için -2.380, %5 için -2.220 ve %10 için -2.110, sabitli ve trendli modeller için istatistik değerleri %1 için -2.880, %5 için -2.720 ve %10 için -2.630' dir.

Tablo 4 incelendiğinde EI, CIPS testine göre sabitli, P<sub>a</sub> ve P<sub>b</sub> testlerine göre sabitli ve trendli modellerde, COA CIPS testine göre sabitli ve sabitli ve trendli modellerde, OIL CIPS testine göre sabitli ve trendli modelde, NTR, CIPS testine göre sabitli modelde, HDR CIPS testine göre sabitli modelde P<sub>a</sub>, P<sub>b</sub>, PMSB ve CIPS testlerine göre sabitli ve trendli modellerde, ELEC P<sub>a</sub>, P<sub>b</sub>, PMSB ve CIPS testlerine göre sabitli modellerde ve LOS ise CIPS testine göre sabitli ve sabitli ve trendli modellerde düzey değerlerinde durağandır. Dolayısıyla HDR ve ELEC düzeyde, diğer değişkenler ise farkı alındıktan sonra durağan hale gelmektedir.

### 3.2.3. Model İçin Yatay Kesit Bağımlılığı ve Eğim Parametrelerinde Homojenlik Testleri

Panel tahmin yöntemlerinin avantajlarından birisi eğim parametrelerinin homojenlik varsayımı altında birim ve zaman boyutundan gelen bilgileri havuzlandırmasıdır. Pesaran vd. (1996) birim boyutunun zaman boyutundan büyük olduğu durumda Hausman (1978) tipi testini önermiştir. Bu test eğim parametrelerinin homojenlik ve heterojenlik durumuna göre sabit etkiler tahmincisi ve ortalama grup tahmincilerini kıyaslamaktadır. Bunun tersine zaman boyutunun birim boyutundan büyük olduğu durumlarda ise Swamy (1970) Havuzlanmış En Küçük Kareler (POLS) sonuçlarından elde edilen birimlere ait katsayıları kullanarak kendi Swamy testini önermiştir. Pesaran, Ullah ve Yamagata (2008) model hatalarının her durumda normal dağılım göstermezse bile elde edilen istatistik değerlerinin normal dağılım gösterdiği

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1}\tilde{S} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (10)$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{\frac{N(T+1)}{T-k-1}} \left( \frac{N^{-1}S - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (11)$$

şeklinde test geliştirmişlerdir. Bu testi geliştirirken ve aynı zamanda formülde de bulunan  $\tilde{S}$ , Swamy test istatistiğini modifiye etmişlerdir.

Ayrıca modelde yatay kesit bağımlılık sınanacaktır. Eğer modelde yatay kesit bağımlılığı yoksa 1. Nesil eşbütünleşme testleri, var ise 2. Nesil eşbütünleşme testleri kullanılacaktır. Ayrıca kullanılacak tahmin

yönteminin özelliğini belirleyecek olan eğim parametrelerinin homojenliği veya heterojenliği her bir model için test edilmiş ve Tablo 5’ de gösterilmiştir.

**Tablo 5.** Yatay Kesit Bağımlılığı ve Eğim Parametrelerinde Homojenlik Test Sonuçları

Yatay Kesit Bağımlılık Testleri			Homojenlik Testleri	
CD <sub>LM1</sub>	CD <sub>LM2</sub>	CD <sub>LM-adj</sub>	$\tilde{\Delta}$	$\tilde{\Delta}_{adj}$
398.535***	11.524***	3.663***	21.811***	23.975***
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Not: \*(%10), \*\*(%5), \*\*\*(%1) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir.

Tablo 5’ e dikkat edilirse modelde hem yatay kesit bağımlılığı hem de eğim parametrelerinin heterojen olduğu görülmektedir. Bundan sonraki adımlarda bu durumlar dikkate alınarak tahminler yapılacaktır.

### 3.2.4. Eşbütünleşme Testi

Zaman boyutunun birim boyutundan büyük olduğu panellere makro paneller denilmektedir. Bu paneller uzun dönem ilişkisine sahip olabilmektedir. Dolayısıyla veri seti makro panellere uygun olan bu bölümde model içerisinde yatay kesit bağımlılığı bulunduğu için ikinci nesil panel eşbütünleşme testlerinden Durbin-Hausman eşbütünleşme testi kullanılacaktır. Westerlund (2008)’un geliştirdiği bu test, modelde kalıntılar üzerinden faktör ayrıştırması yaparak yatay kesit bağımlılığının bulunduğu durumda eşbütünleşme ilişkisini araştırmaktadır. Ayrıca test, bağımlı değişkenin I(1), açıklayıcı değişkenlerin ise eşbütünleşme derecesinin önemli olmadığı durumda eşbütünleşme ilişkisini araştırabilmektedir. Durbin-Hausman eşbütünleşme testinin genel denklemi

$$y_{it} = \beta_i x_{it} + \alpha'_i \delta_t + u_{it}, \quad x_{it} = \gamma_i x_{it-1} + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

şekindedir (Sahabi, 2019, s. 81). Denklemdaki  $\delta_t$  deterministik terimleri ifade etmektedir. Eğer  $\delta_t = (1)$  ise model sabitli  $\delta_t = (1, t)$  iken model sabitli ve trendli halini almaktadır. Açıklayıcı değişken için ise Dickey-Fuller (DF) fonksiyonunda  $\gamma_i = 1(x_{it} \sim I(1))$  şeklinde bir gereklilik şartı yoktur. Durbin-Hausman eşbütünleşme testi için Ho hipotezi *Eşbütünleşme İlişkisi Yok* şeklindedir. Bu hipotez testlerinin test edilmesi için Choi (1994) tarafından elde edilen test istatistikleri kullanılmaktadır. Durbin-Hausman test istatistiği ise

$$DHg = \sum_{i=1}^N \hat{S}_i (\hat{\rho}_{i,OLS} - \hat{\rho}_{i,IV})^2 \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (13)$$

$$DHP = \hat{S}_N (\widehat{\rho}_{OLS} - \hat{\rho}_{IV})^2 \sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (14)$$

şeklinde hesaplanmaktadır (Altıntaş & Mercan, 2015, s. 368). Burada DHP, modelin eğim parametrelerinin homojen olduğu için panel istatistiğini verirken DHg ise eğim parametrelerinin heterojen olduğu durumda grup istatistiğini vermektedir. Dolayısıyla modelde uzun dönem ilişki olup olmadığını araştırmak için eşbütünleşme testi yapılacaktır. Modelde yatay kesit bağımlılığının bulunması ve eğim parametrelerinin heterojenliği ayrıca bağımlı değişkenin birinci farkta açıklayıcı değişkenlerin ise farklı düzeylerde durağan olması dikkate alındığında 2. Nesil eşbütünleşme testlerinden Durbin-Hausman (Westerlund, 2008) testi kullanılacaktır. Durbin-Hausman eşbütünleşme test sonuçları Tablo 6’ da gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Durbin-Hausman Eşbütünleşme Test Sonuçları

DH <sub>G</sub>		DH <sub>P</sub>	
Sabitli	Sabit ve Trendli	Sabitli	Sabit ve Trendli
451.91***	11.722***	2.422***	-3.112
0.000	0.000	0.000	0.999

Not: \*(%10), \*\*(%5), \*\*\*(%1) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir.



Durbin - Hausman eşbütünlük testi hem grup (DH<sub>G</sub>) hem de panel (DH<sub>P</sub>) istatistik sonuçlarını vermektedir. Eğer eğim parametreleri homojen ise DH<sub>P</sub> panel istatistiği, heterojen ise DH<sub>G</sub> grup istatistiği kullanılacaktır. Tablo 5' e dikkat edilirse eğim parametrelerinin heterojen olduğu görülmektedir. Dolayısıyla grup istatistiği olan DH<sub>G</sub> değeri kullanılacaktır. Ayrıca Tablo 6' ya bakılırsa eşbütünlük ilişkisinin var olduğu görülmektedir. Dolayısıyla enerji yoğunluğu ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki bulunduğu sonucu elde edilmektedir. Bu yüzden bundan sonraki adımda enerji yoğunluğu ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli ilişki araştırılacaktır.

Bu bulgular doğrultusunda, enerji yoğunluğu ile açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönem katsayılarının tahmini CCEMG (Common Correlated Effects Mean Group estimator, heterojen eğim tahmini ve T>N için uygun) tahmin yöntemi ile araştırılmıştır. CCEMG tahmin sonuçlarının güvenilirliğini artırmak için AMG (Augmented Mean Group estimator, heterojen eğim tahmini ve kesit bağımlılık durumunda uygun) ikinci tahmin yöntemi olarak kullanılmıştır. Hem CCEMG hem de AMG tahmin yöntemleri hem modeller arasında yatay kesit bağımlılığının bulunduğu hem de eğim parametrelerinin heterojen olduğu durumda kullanılabilirlerdir.

### 3.2.5. Model Tahmin Tekniği

Eşbütünlük testinden sonra enerji yoğunluğu ile açıklayıcı değişkenler arasındaki uzun dönem katsayılarının tahmini Pesaran (2006) tarafından geliştirilen CCEMG (Common Correlated Effects Mean Group estimator, heterojen eğim tahmini ve T>N için uygun) tahmin yöntemi ile araştırılmıştır. CCEMG tahmin sonuçlarının güvenilirliğini artırmak için ise Eberhardt ve Bond (2009) ile Eberhardt ve Teal (2010) tarafından geliştirilen Genişletilmiş Ortalama Grup (AMG) tahmincileri kullanılacaktır. AMG (Augmented Mean Group estimator, heterojen eğim tahmini ve kesit bağımlılık durumunda uygun) ikinci tahmin yöntemi olarak kullanılmıştır.

Pesaran CCEMG'yi

$$y_{it} = \alpha_i d_t + \beta_{ki} x_{kit} + u_{it} \quad , \quad u_{it} = \gamma_{im} H_{tm} + \varepsilon_{it} \quad (15)$$

şeklindeki genel panel denklemini genişletip N tane grup regresyonu yaparak elde etmiştir. Her bir kesit için

$$y_{it} = \alpha_i d_t + \beta_{ki} x_{kit} + \theta_{1i} \bar{y}_t + \theta_{2i} \bar{x}_{kt} + u_{it} \quad (16)$$

şeklinde model tahmin edilir. Pesaran bu denklemde hatalar arasındaki ilişkiye sebep olan ve  $H_t$  ortak gözlemlenemeyen faktörler yerine bağımlı ve açıklayıcı değişkenlerin yatay kesitleri ile genişletmiş ve heterojenlik altında her bir eğim parametresi için

$$\beta_i = \beta + v_i \quad (17)$$

şeklinde rassal sürecin bulunduğunu varsaymaktadır. Ortalama etki ise bu katsayıları N'ye bölerek, yani aritmetik ortalaması alınarak

$$\hat{\beta}_{CCEMG} = N^{-1} \sum_i^N \hat{\beta}_i \quad (18)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Benzer şekilde Eberhardt & Bond (2009) ve Eberhardt & Teal (2010) tarafından geliştirilen Genişletilmiş Ortalama Grup (AMG) tahmincilerinde yatay kesit ortalamalarını dikkate almaktadır. Bunu ise gözlemlenemeyen ortak faktörleri dikkate alarak değişkenlerin yatay kesit ortalamaları yerine AMG ortak dinamik etkileri dâhil ederek yapmaktadır. AMG de öncelikle kukla değişkenleri modele dâhil ederek

$$\Delta y_{it} = \beta \Delta x_{it} + \sum_{t=2}^T c_i \Delta D_t + u_{it} \quad (19)$$

şeklinde farklı alınmış POLS tahmini yapılmaktadır. Sonra ortak dinamik süreç ( $\hat{c}_t \equiv \hat{u}_t^*$ ) bağımlı değişkenden çıkarılarak veya eklenerek her kesit için

$$y_{it} - \hat{u}_t^* = a_i + \beta_i x_{it} + u_{it} d_i x_{it} \quad (20)$$

$$y_{it} = a_i + \beta_i x_{it} + d_i \hat{u}_t^* + u_{it} \quad (21)$$

şeklinde tahmin yapılır. Son olarak tahmin edilen modelde eğim parametreleri

$$\hat{\beta}_{AMG} = N^{-1} \sum_i^N \hat{\beta}_i \quad (22)$$

şeklinde N'ye bölünerek aritmetik ortalaması alınır.

CCEMG ve AMG tahmincilerine ait sonuçlar Tablo 7' de görülmektedir.

**Tablo 7.** CCEMG-AMG Uzun Dönem Katsayı Tahmin Sonuçları

Değişken	CCEMG			AMG		
	Katsayı	Std. Ht.	Olasılık	Katsayı	Std. Ht.	Olasılık
COA	0.106**	0.052	0.043	0.148*	0.083	0.074
OIL	0.133***	0.049	0.007	0.078*	0.046	0.088
NTR	0.185***	0.064	0.004	0.226***	0.077	0.003
HDR	-0.041**	0.019	0.030	-0.073***	0.025	0.004
ELEC	-0.356**	0.165	0.031	-0.422***	0.141	0.003
LOS	-0.030	0.053	0.571	-0.003	0.030	0.925
Sabit	-0.238	1.473	0.871	-6.464***	0.337	0.000
Wald ist	55.960***			67.600***		
RMSE	0.0088			0.0123		

**Not:** \*(%10), \*\*(%5), \*\*\* (%1) düzeyinde anlamlılık seviyeleridir. RMSE(Root Mean Square Error) ortalama regresyon hata karelerinin ortalamasının karekökünü, Wald<sub>ist</sub> kurulan modelin genel olarak anlamlılığını ifade etmektedir. Tahminci katsayılarının altındaki değerler standart sapma değerleridir.

Tablo 7' de CCEMG ve AMG tahmin sonuçları yer almaktadır. Sonuçlar genel olarak bütün değişkenler için hem işaret hem de büyüklük olarak birbirine benzer sonuçlar vermiştir. Hem CCEMG hem de AMG sonuçları göz önüne alındığında kömür, petrol ve doğalgaz şeklindeki fosil yakıt kullanımı enerji yoğunluğunu artırıcı etkiye sahipken hidro, elektrik tüketimi ve enerjide yaşanan kayıplar ise azaltıcı etkiye sahiptir. Hem CCEMG hem de AMG için enerji yoğunluğunu/verimliliğini en fazla olumlu/olumsuz etkileyen doğalgaz kullanımı iken en fazla olumsuz/olumlu etkileyen elektrik kullanımı olmuştur. Katsayılar olarak bakıldığında CCEMG/AMG için doğalgaz tüketiminde meydana gelen %1' lik bir artış enerji yoğunluğunu yaklaşık olarak %0.19/ %23 olarak artırırken en fazla olumsuz etkileyen elektrik tüketiminde meydana gelen %1' lik bir artış enerji yoğunluğunu yaklaşık olarak %0.36 /%0.42 oranında azaltmaktadır.

Diğer taraftan tüm değişkenler göz önünde bulundurulduğunda elde edilen sonuçlar teorik beklentiye uygun olarak elde edilmiştir. Kömür, Petrol ve doğalgaz kullanımının artması enerji yoğunluğunu artırmaktadır. Çünkü enerji ithalatçısı ekonomilerde daha fazla fosil yakıt kullanımı daha fazla maliyet, daha fazla döviz ihtiyacı, daha fazla cari açık ve daha fazla kırılgan bir ekonomiyi beraberinde getirmektedir. Enerji fiyatlarında yaşanan oynaklıkla beraber fosil yakıt kullanımında artan talep enerji alanında dışa bağımlı olan bu ekonomiler için büyümeyi frenlemekte veya üretimi kısmaktadır. Diğer yandan yenilenebilir enerji kullanımı enerjide dışa bağımlılığı azaltmakta ve enerji verimliliğini olumlu etkileyerek enerji yoğunluğunun azalmasına neden olmaktadır. Bu ekonomilerde hidro kaynağının enerji yoğunluğunu azaltması elektrik üretiminde hidro payının artmasına neden olmakta bu durum ise ekonomik büyümeye olumlu yansiyarak enerji yoğunluğunun birincil belirleyicisi olan GSYİH' a olumlu yansiyarak enerji yoğunluğunun azalmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan artan enerji kayıpları herhangi bir üretime dönüşmeyerek daha fazla enerji talebine, daha fazla enerji maliyetine, daha fazla döviz ihtiyacına ve daha fazla enerjide dışa bağımlı hale getirmektedir. Ayrıca artan enerji kayıplarının enerji alanında yetersiz

teknolojik seviyeye sahip olduğunu gösterdiği için üretimde en fazla maliyet getiren enerji alanına olumsuz yansiyarak üretimi kısmaktadır. Bu durum daha fazla enerji kullanımına ve daha az GSYİH elde edilmesine neden olacağı değerlendirilmektedir.

#### 4. Sonuç

Enerji insanlığın hayatta kalabilmek için birçok çeşidini kullandığı temel bir ihtiyaçtır. Bu bakımdan iktisadi anlamda zorunlu mal olarak kabul edilebilir. Ancak tarihsel süreçte sanayi devrimi sonrası artan makineleşme sürecinde daha önce hiç olmadığı kadar insan hayatına etki etmeye başlamış ve üretimden tüketime hayatın her alanında büyük bir öneme sahip olmaya başlamıştır. Bu önem bireylerde olduğu kadar ülke ekonomileri açısından da büyük bir önem taşımaktadır.

Günümüzde ülkelerin gelişmişlik seviyelerinde dahi bireysel enerji kullanımı gibi verilerin kullandığını ve enerjiye sahip olmanın ve onu kullanabilmenin ne denli önemli olduğunu görmekteyiz. Aynı zamanda sürdürülebilir bir gelecek açısından yeni enerji kaynaklarının hayatımıza kazandırılması kadar mevcut kaynakların verimli bir şekilde değerlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır. Enerji ihtiyaçlarında büyük oranda dışa bağımlı olan yükselen ekonomiler açısından ise konu daha önemli hale gelmektedir.

Yapılan bu çalışmada enerji ithalatçısı olan 16 yükselen ekonomi için 1990-2018 dönemine ait veri seti kullanılmıştır. Bu zaman aralığında kömür, petrol, doğalgaz, hidro, elektrik kullanımı ve enerjinin üretimi, iletimi ve taşınması sırasında meydana gelen kayıpların enerji yoğunluğu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Öncelikle değişkenler için yatay kesit bağımlılığı testi yapılmış ve ikinci nesil birim kök testlerinin kullanılacağı elde edilmiştir. Sonra değişkenlere durağanlık testi uygulanmış ve bağımlı değişkenin birinci farkta açıklayıcı değişkenlerin ise farklı durağanlık derecelerine sahip olduğu görülmüştür. Bu yüzden Durbin-Hausman eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Sonra modelde yatay kesit bağımlılığı sınamış ve eğim parametresinin homojenliği sınamıştır. Sonra kullanılacak model tahmini için Ortak İlişkili Etkiler Ortalama Grup (CCEMG) tahmincisi ile tahmin edilmiş ve sonuçların güvenilirliğini artırmak için Genelleştirilmiş Ortalama Grup (AMG) tahmincisi ikinci tahmin yöntemi olarak kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre enerji ithalatçısı olan yükselen ekonomiler için enerji yoğunluğunu en fazla azaltan elektrik kullanımı iken en fazla artıran ise doğalgaz kullanımı olduğu elde edilmiştir. Katsayı olarak ele alındığında ise elektrik tüketiminde meydana gelen %1' lik bir artış enerji verimliliğini yaklaşık olarak %0.36 artırırken, doğalgaz kullanımında meydana gelen %1' lik bir artış ise enerji verimliliğini yaklaşık olarak %0.19 oranında azalttığı elde edilmiştir. Diğer yandan kömür ve petrol kullanımı enerji yoğunluğunu artırırken hidro kullanımı ve enerji kayıpları ise enerji yoğunluğunu azalttığı elde edilmiştir. Ancak enerji kayıpları istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır.

Sonuç olarak enerji kaynak kullanımları ve enerji kayıplarında yaşanan değişimlerin enerji ithalatçı yükselen ekonomiler için enerji yoğunluğu üzerinde önemli etkisi olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, Çin için Asif ve Muneer (2007) tarafından yapılan çalışmada ve İran için Zamani (2007) tarafından yapılan çalışmada fosil yakıt kullanımında yaşanan artışın enerji yoğunluğunu olumsuz etkilediği, İspanya (Galiçya) için Míguez vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada ve Özşahin vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada BRICS ve Türkiye için yenilenebilir enerji kullanımında yaşanan artışın enerji yoğunluğunu azalttığı, ABD eyaletleri için Nadel vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada yenilenebilir enerji temelli elektrik kullanımının enerji yoğunluğunu azalttığı sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında enerji ithalatçısı yükselen ekonomilerde politika yapıcılara önemli görevler düşmektedir. Doğalgaz kullanımının en fazla enerji yoğunluğunu artırması bu ekonomilerin son dönemlerde bu kaynağı çok fazla kullanması ve özellikle doğalgaz enerji kaynağı konusunda neredeyse tamamının dışardan ithal edilmesidir. Bu durum ekonomiye ciddi oranda yük getirmekte ve makroekonomik göstergelere önemli şekilde yansiyabilmektedir. Diğer yandan kömür ve petrol kullanımında yaşanan artış ise hem enerjide dışa bağımlılığı artırmakta hem de yüksek oranda enerji kayıplarına neden olmaktadır. Dolayısıyla artan fosil yakıt kullanımı ekonomilerin daha fazla enerji ithalatçısı olmasına neden olurken enerjinin yoğun kullanımının yanında birçok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla bu ekonomilerde alternatif enerji kaynaklarının kullanımı enerji alanında dışa bağımlılığı azaltmanın yanında enerji yoğunluğunun da azaltılmasına neden olacaktır. Yenilenebilir enerji kullanımı ise enerji alanında dışa bağımlı bu ekonomiler için çok önemli fırsatlar

sunmaktadır. Yenilenebilir enerji kurulum maliyeti dışında maliyeti bulunmayan ve enerji yoğunluğunu azaltmanın yanında enerji bağımsızlığı, sürdürülebilir büyüme ve enerji güvenliği açısından çok önem arz etmektedir. Diğer taraftan artan enerji kayıpları herhangi bir çıktıya dönüşmediğinden daha fazla enerji talebine yol açarak enerjide dışa bağımlılığı artırmaktadır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kullanımını artırmanın yanında enerji verimli teknolojilerin kullanımı enerji yoğunluğunu azaltacak, enerji kayıplarını azaltacak ve enerjinin daha verimli ve daha etkin kullanımına neden olacaktır.

Literatürde enerji yoğunluğunun enerji kaynakları tarafından araştırıldığıyla ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak bazı çalışmalarda fosil yakıt veya yenilenebilir enerji gibi enerji kaynaklarını ayırtmadan veya ekonomik değişkenlerin yanında bazı enerji kaynakları kullanılarak birkaç değişkenle araştırılmaktadır. Ancak bu çalışma enerji yoğunluğunu etkileyebilecek enerji kaynakları ve enerji kayıplarının bulunduğu birçok değişkenle araştırılmaktadır. Ayrıca bu çalışmanın gelişmekte olan ülkeler arasında özel bir konuma sahip enerji ithalatçısı yükselen ekonomiler için çalışılması da enerji yoğunluğu literatürüne çok önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmayı izleyen araştırmalarda farklı ülke gruplarıyla daha geniş veri setinde çalışılabilir. Ayrıca yükselen ekonomiler arasında bulunan ileri piyasa ekonomileri ve ikincil piyasa ekonomileri için yapılacak olan çalışmalar ise bu ekonomilerin bulunduğu konumu ve bir üst gruba yükselebilmek için enerji alanında nasıl politika izleyebileceği ile ilgili somut bilgiler verecektir. Bununla beraber sektörel olarak enerji yoğunluğunun incelenmesi ise daha fazla bilgi sunacağı düşünülmektedir.

## 5. Extended Abstract

The process from the industrial revolution to the present is the period when humanity needs the most energy. Energy has become one of the basic needs that humanity needs in order to survive. This concept has become so important for people has undoubtedly important in economic terms. One of the variables used when examining the development differences between countries is individual energy use. This shows that energy has an effect on the level of development. It is also of great importance to use new energy resources for a sustainable future within the scope of the millennium targets prepared by the United Nations. When we look at the emerging economies, which are highly dependent on foreign energy for their energy needs alternative energy sources are very important in terms of economic structure.

Unlike energy saving, energy efficiency is the need for less energy to do the same work. Apart from the effects on environmental factors, it means less economic burden to produce the same output amount economically with less energy. However, it is also important in terms of more efficient and environmentally friendly energy use and sustainability. The ever-increasing population of the countries and the increasing energy needs of the countries, the increasing population of the countries and the correspondingly increasing energy needs cause higher amounts of energy use day by day. For emerging economies, preserving the environment and preparing a healthy future for next generations, on the other hand, meeting their energy needs is the main problem for policymakers.

Groups of countries that we call emerging economies generally have high growth rates. Increasing energy needs due to the expansion in consumption and production items brought about by this growth are mostly met by imports. This situation means more current account deficit for rising issues. In such a case, the efficiency of the consumed energy becomes much more critical economically. Although emerging economies are not considered as developed countries, they strive to reach this level and try to increase efficiency in many areas, especially energy.

When it aims at a sustainable economic growth in a developing country, it will try to ensure energy independence as well as economic factors. Considering that the storage of existing fossil-based energy resources by these countries is very costly, it will be very important to turn to domestic resources and to use these resources effectively. Since this situation cannot be solved with energy saving alone, they have to use energy efficiency, in other words, more efficient resource use. In this study, the countries in the emerging economy group, which are dependent on foreign energy, are discussed for this reason. The concepts of energy density and energy efficiency can be seen as similar concepts at first glance. However, these two terms have completely opposite meanings. For example, the lower the energy intensity calculated for a region or country group represents the higher the energy efficiency.

In this study, the data set for the period 1990-2018 was used for 16 emerging economies that are energy importers. The main variables considered are renewable and non-renewable energy and the amount of electricity use. The effects of energy losses during energy consumption from this time interval on energy density/efficiency were analyzed. CCEMG and AMG were used for model estimation. According to the results of the analysis, energy efficiency has the most positive effect on electricity and renewable energy sources for emerging economies that are energy importers.

Reducing renewable energy and energy losses is of great importance in terms of almost all economies, especially countries belonging to the economy class called emerging economies. The concept of energy density discussed at this point is very important. The obtained findings met the expectations and proved the effect of the put forward factors and/or hypotheses on energy density/efficiency.

**Keywords:** Energy Resources, Energy Intensity, Energy Importer Emerging Economies.

### Kaynakça

Altıntaş, H., ve Mercan, M. (2015). Ar-Ge harcamaları ve ekonomik büyüme ilişkisi: OECD ülkeleri üzerine yatay kesit bağımlılığı altında panel eşbütünleşme analizi. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 70(2), 345-376.

Asif, M., ve Muneer, T. (2007). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and sustainable energy reviews*, 11(7), 1388-1413.

Antonietti, R., ve Fontini, F. (2019). Does energy price affect energy efficiency? Cross-country panel evidence. *Energy Policy*, 129, 896-906.

Bai, J., ve Ng, S. (2010). Panel unit root tests with cross-section dependence: a further investigation. *Econometric Theory*, 26(4), 1088-1114.

Balitskiy, S., Bilan, Y., Strielkowski, W., ve Štreimikienė, D. (2016). Energy efficiency and natural gas consumption in the context of economic development in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 156-168.

Beaumont, R. (2012). An Introduction To Statistics Correlation, <http://www.floppybunny.org/Robin/Web/Virtualncrassroom/Stats/Basics/Part9.Pdf/>. [Erişim Tarihi: 7 Ekim 2019].

Bernstein, M. A., Fonkych, K., Loeb, S., ve Loughran, D. S. (2003). State-level changes in energy intensity and their national implications. Rand Corporation.

Bildirici, M. E., ve Bakirtas, T. (2014). The relationship among oil, natural gas and coal consumption and economic growth in BRICTS (Brazil, Russian, India, China, Turkey and South Africa) countries. *Energy*, 65, 134-144.

Breusch, T. S., ve Pagan, A. R. (1980). The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The review of economic studies*, 47(1), 239-253.

Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. Y., ve Seiford, L. M. (1997). Data envelopment analysis theory, methodology and applications. *Journal of the Operational Research society*, 48(3), 332-333.

Choi, I. (1994). Durbin-Hausman tests for cointegration. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18(2), 467-480.

Eberhardt, M., ve Teal, F. (2010). Productivity Analysis in Global Manufacturing Production.

Eberhardt, M., ve Bond, S. (2009). Cross-section dependence in nonstationary panel models: a novel estimator.

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.

Zhai, Q., Rahardjo, H., Satyanaga, A., Zhu, Y., Dai, G., ve Zhao, X. (2021). Estimation of wetting hydraulic conductivity function for unsaturated sandy soil. *Engineering Geology*, 285, 106034.

de Groot, M., Crijns-Graus, W., ve Harmsen, R. (2017). The effects of variable renewable electricity on energy efficiency and full load hours of fossil-fired power plants in the European Union. *Energy*, 138, 575-589.

Hamilton, J. D. (1983). Oil and the macroeconomy since World War II. *Journal of political economy*, 91(2), 228-248.

Hepaktan, C. E., ve Çınar, S. (2011). OECD ülkeleri vergi sistemi esnekliğinin panel eşbütünleşme testleri ile analizi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2), 133-153.

International Energy Agency(IEA), (2020), Data and statistics. [www.iea.org/](http://www.iea.org/) [Erişim Tarihi: 6 Şubat 2021].

International Monetary Fund (IMF). (2015), World Economic Outlook. <https://www.imf.org/External/Pubs/Ft/Weo/2015/02/Pdf/Text.Pdf/> [Erişim Tarihi: 6 Şubat 2021].

Patterson, M. G. (1996). What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues. *Energy policy*, 24(5), 377-390.

Nadel, S., Shipley, A., ve Elliott, R. N. (2004, August). The technical, economic and achievable potential for energy-efficiency in the US—A meta-analysis of recent studies. In *Proceedings of the 2004 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Citeseer, 8-215.

Özşahin, Ş., Mucuk, M., ve Gerçekler, M. (2016). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: BRICS-T ülkeleri üzerine panel ARDL analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), 111-130.

Pamir, N. (2005). Enerji politikalar ve küresel gelişmeler. *Stratejik Analiz*, 6(68), 57-73.

Pao, H. T., ve Fu, H. C. (2013). Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 381-392.

Paraschiv, S., Bărbuță-Mișu, N., ve Paraschiv, L. S. (2020). Technical and economic analysis of a solar air heating system integration in a residential building wall to increase energy efficiency by solar heat gain and thermal insulation. *Energy Reports*, 6, 459-474.

Pesaran, H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *University of Cambridge. Cambridge Working Papers in Economics*, 435, 1-38.

Pesaran, H., Smith, R., ve Im, K. S. (1996). Dynamic linear models for heterogenous panels. In *The econometrics of panel data*. Springer, Dordrecht, 145-195.

Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of applied econometrics*, 22(2), 265-312.

Pesaran, M. H., Ullah, A., ve Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.

Pesaran, M. H., ve Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of econometrics*, 142(1), 50-93.

Sahabi, A. M. (2019). Finansal performans ölçütlerinin firma değeri üzerindeki etkisi: Borsa İstanbul'da bir araştırma. (Yayımlanmış Doktora Tezi). *Anadolu Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Eskişehir.

Swamy, P. A. (1970). Efficient inference in a random coefficient regression model. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 311-323. <https://www.jstor.org/stable/1913012>

Valenzuela, J. M., ve Qi, Y. (2012). Framing energy efficiency and renewable energy policies: An international comparison between Mexico and China. *Energy Policy*, 51, 128-137.

Westerlund, J. (2008). Panel cointegration tests of the Fisher effect. *Journal of Applied Econometrics*, 23(2), 193-233.

Zamani, M. (2007). Energy consumption and economic activities in Iran. *Energy economics*, 29(6), 1135-1140.

Zhang, X. P., Cheng, X. M., Yuan, J. H., & Gao, X. J. (2011). Total-factor energy efficiency in developing countries. *Energy Policy*, 39(2), 644-650.

**Araştırmacıların Katkı Oran Beyanı / Contribution of Authors**

Yazarların çalışmadaki katkı oranları %60/%40 şeklindedir.  
The authors' contribution rates in the study are %60/%40 form.

**Çıkar Çatışması Beyanı / Conflict of Interest**

Çalışmada herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.  
There is no conflict of interest with any institution or person in the study.

**İntihal Politikası Beyanı / Plagiarism Policy**

Bu makale İntihal programlarında taranmış ve İntihal tespit edilmemiştir.  
This article was scanned in Plagiarism programs and Plagiarism was not detected.

**Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı / Scientific Research and Publication Ethics Statement**

Bu çalışmada Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi kapsamında belirtilen kurallara uyulmuştur.  
In this study, the rules specified within the scope of the Higher Education Institutions Scientific Research and Publication Ethics Directive were followed.