

ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN DİNAMİKLERİ: VAR ANALİZİ İLE TÜRKİYE ÜZERİNE AMPİRİK BİR ÇALIŞMA

Arş. Gör. Sefa ÖZBEK

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü

sefa3358@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2263-216X

Mustafa NAİMOĞLU

Doktora Öğrencisi

Sakarya Üniversitesi

İİBF, İktisat Bölümü

mustafanaimoglu@gmail.com

ORCID:0000-0001-9684-159X

Öz

Dünya genelinde son yıllarda fosil enerji kaynak rezervinin azalması, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının kurulu güç içerisindeki payının henüz ihtiyaca cevap verecek düzeyde olmayışı, insanoğluna enerjinin kaynaklarının önemini göstermiş ve enerjiyi daha verimli kullanma çabasına yönlendirmiştir. Kaynakları hızla tükenmekte olan dünyamızda, kullanılan enerji miktarının hızla artması ve buna bağlı olarak ekosistem dengesinin bozulması sadece çevreyi koruma konusunda değil, aynı zamanda enerji kullanımı üzerinde de yeni yaklaşımların oluşmasına neden olmuştur. Bu bağlamda, Türkiye ekonomisine ait 1990-2019 dönemi yıllık verileri aracılığıyla Türkiye’de enerji kaynaklarının verimliliğini belirleyen faktörleri ölçmek adına, Vektör Otoregresyon (VAR) analizi yapılmıştır. Söz konusu analizde Türkiye için ilgili dönemde kömür, petrol, doğalgaz, hidro ve biyoyakıt-atık kullanımı değişkenleri kullanılmıştır. Analiz bulguları Türkiye’de enerji verimliliğinin fosil yakıtlardan çok yenilenebilir enerji kaynağı hidro ve biyoyakıt-atıktan kaynaklandığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimliliği, Fosil Yakıtlar, Yenilenebilir Enerji, VAR Analizi, Türkiye.

JEL Kodları: Q20, Q3, Q4**DYNAMICS OF ENERGY EFFICIENCY: AN EMPIRICAL STUDY ON TURKEY
WITH VAR ANALYSIS****Abstract**

The fact that fossil energy resources have started to be exhausted in recent years around the world, the share of renewable and alternative energy resources in the installed power is not yet at a level to meet the need, has shown the value of energy to human beings and directed them to use energy more efficiently. In our world whose resources are rapidly depleting, the rapid increase in the amount of energy used and the deterioration of the ecosystem balance accordingly have caused new approaches not only to protect the environment, but also to use energy. In this context, Turkey's economy through the 1990-2019 period of annual data in order to measure the factors determining the efficiency of energy resources in Turkey, Vector Autoregression (VAR) analysis was performed. Turkey in the period in question related to coal analysis, oil, gas, hydro, biomass and waste to use variables are used. Turkey analysis findings from many renewable energy source of the energy efficiency caused by fossil fuels, hydro, and indicate that bio-waste.

Keywords: Energy Efficiency, Fossil Fuels, Renewable Energy, VAR Analysis, Turkey.**JEL Codes:** Q20, Q3, Q4**GİRİŞ**

Küreselleşen dünyada Türkiye' nin kendi geleceğine yön verebilmesi için teknoloji ve enerji gibi iki önemli konu ön plana çıkmaktadır. Türkiye teknoloji konusunda yeterli seviyede değildir. Bu yüzden Türkiye'nin ucuz ve bol enerji kaynaklarına sahip olması ve sahip olduğu enerjiyi verimli kullanması çok önemlidir. Bunun yanında Türkiye ihtiyaç duyduğu enerjinin büyük kısmını ithal ettiği için ekonomisi enerji fiyatlarındaki değişimlere oldukça hassastır. Ayrıca Türkiye herhangi bir krizle karşılaştığında gelişmiş ülkelere göre daha kırılgandır. Dolayısıyla Türkiye için enerjinin nasıl daha verimli kullanılabilir sorusunun cevabı ihtiyaç duyulacak olan enerjinin miktarını ve maliyetini azaltarak tasarruflara neden olacaktır. Bu çalışma bu amaçla ele alınmış ve Türkiye için enerji verimliliğini olumlu/olumsuz etkileyen arz yanlı faktörler üzerinde durulmuştur.

Dünya genelinde enerji görünümü incelendiğinde fosil yakıtlarına ait rezervlerin; petrolde 40 yıl, doğal gazda 62 yıl, kömürde ise 216 yıl yetecek düzeyde olduğu bilinmektedir (Ürün ve Soyu, 2016: 32). Bunun yanında Petrol, kömür, gaz, biyokütle, nükleer, yenilenebilir enerji girdilerinde yaşanan verimlilik günümüz teknolojilerine rağmen %11 civarında oldukça düşük bir orana sahiptir (Gürler vd., 2020: 16). Bu yüzden enerji kaynaklarının enerji verimliliği üzerindeki etkisi dünya genelinde ve Türkiye özelinde oldukça önemlidir.

Türkiye küresel ekonomi içerisinde hem büyüme ve enerji kullanımı hem de fosil yakıt tüketimi açısından önemli bir konuma sahiptir. Çünkü Türkiye enerji konusunda genel olarak ürettiğinden daha fazla tüketen bir ülke konumundadır. Genel olarak, Türkiye 1990-2019 dönemi içerisinde ortalama %4.63 büyüme oranıyla aynı dönemde yaklaşık %2.99 seviyesinde

gerçekleşen küresel büyüme oranından daha yüksek bir büyüme gerçekleştirmiştir (WorldBank, 2021). Türkiye'nin sahip olduğu büyüme rakamları, ithal edilen enerji ile de bağlantılıdır. Ayrıca Türkiye net enerji ithalatında dünya da 11. sırada yer almaktadır ve 2019 yılında gerçekleştirdiği 202.7 milyar dolarlık ithalatın yaklaşık %74' ünü enerji ithalatı olarak gerçekleştirmiştir (Gürler vd., 2020:94). Bunun yanı sıra Türkiye'nin 1990 yılına göre 2018 yılında toplam enerji kullanımı yaklaşık olarak %180 oranında artış göstermiştir. Toplam enerji arzının ise 1990 yılında yaklaşık %81'ini fosil yakıtlar (%78 petrol ve petrol ürünleri, %13 kömür, %9 doğalgaz) oluştururken 2018 yılında yaklaşık %86' sını fosil yakıtlar(%43 petrol ve petrol ürünleri, %36 doğalgaz, %21 kömür) oluşturmaktadır (IEA, 2021). Bunun yanında Türkiye'de kullanılan enerjinin yaklaşık olarak 1990 yılında %1.15' i, 2000 yılında %2.73' ü, 2010 yılında %2.46' ı, 2017 yılında ise %2.03' ü enerji kaybı olarak gerçekleştirmiştir (IEA, 2020). Dolayısıyla Türkiye kendi geleceğine yön verebilmesi adına fosil yakıt kullanımını azaltmalı, yenilenebilir enerji kullanımını ve yatırımlarını artırmalı ve de enerjisini etkin/verimli kullanmalıdır. Bu amaçla Türkiye için enerji kaynaklarının enerji verimliliği üzerindeki etkisini incelemek gelecekte enerji politikalarının geliştirilmesi için önemli ve somut bilgiler sağlayacaktır. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilecek sonuçlar Türkiye için enerjinin nasıl daha verimli kullanılabileceği belirsizliğini ortaya koyacağı düşünülmektedir. Diğer yandan verimliliği artırma yönündeki risklerin azaltılarak, gelecekteki enerji plânlamaları açısından politika yapıcılara öneriler sunularak literatüre katkıda bulunmak amaçlanmaktadır.

Çalışmanın takip eden bölümlerinde öncelikle konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalara yer verilmektedir. Sonrasında ampirik yöntem ve değişkenler tanıtılarak, analiz bulguları ortaya konmaktadır. Son olarak sonuç ve değerlendirme kısmı verilerek çalışma sonlandırılmaktadır.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde Türkiye için enerji arzı için kullanılan enerji kaynaklarının, enerji verimliliği üzerindeki etkisiyle ilgili çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bulunan çalışmalar incelendiğinde;

Koç ve Şenel (2013) Türkiye' nin enerji durumu üzerine genel bir değerlendirme yapmıştır. Türkiye için sürdürülebilir bir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılmasının enerji verimliliği için çok önemli fırsatlar sunacağını belirtmiştir. Bayar ve Bayar (2014) Türkiye' de birincil enerji kullanımı ile enerji yoğunluğu/verimliliği arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bulgular petrol, doğalgaz ve kömür gibi birincil enerji kaynaklarının tüketiminde yaşanan artış Türkiye için kısa dönemde enerji yoğunluğu/verimliliği üzerinde olumlu, uzun dönem de ise olumsuz etkisi olduğu sonucunu ortaya koymuştur. Diğer taraftan Doğan (2016) Türkiye için yenilenebilir ve yenilenemez enerji kullanımı ile enerji yoğunluğu/verimliliği arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. ARDL yöntemi, Johansen ve Gregory-Hansen eşbütünleşme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada yenilenemez enerji kullanımının enerji yoğunluğu/verimliliği üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ancak yenilenebilir enerji kullanımı için anlamlı bir ilişkinin bulunmadığı elde edilmiştir

Doğan ve Yılkırkan (2015) Türkiye için enerji yoğunluğunu/verimliliğini etkileyen teknolojileri analiz ederek araştırmıştır. Bulgular, Türkiye için enerji ihtiyacının yerli

kaynaklardan sağlanması enerji yoğunluğunun/verimliliğinin, azaltılması/artırılması konusunda büyük öneme sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Alper (2018) Türkiye için yenilenebilir enerji ve enerji yoğunluğu/verimliliği arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bayer-Hanck eş bütünleşme testi ve Toda-Yamamoto nedensellik test yöntemi kullanılarak yapılan çalışma da bulgular, Türkiye için yenilenebilir enerji kullanımındaki artışın enerji yoğunluğunu/verimliliğini, azalttığını/artırdığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde Türkiye için Apergis ve Danuletiu (2014) Canning-Pedroni nedensellik testi ve Aslan ve Öcal (2016) ARDL ve Hatemi-J nedensellik testi kullanarak yenilenebilir enerjinin Türkiye’ de enerji yoğunluğunu/verimliliğini, azaltmada/artırmada rol oynadığını elde etmişlerdir. Diğer taraftan Öcal ve Aslan (2013) ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanarak yaptığı çalışmada Türkiye için yenilenebilir enerji kullanımının yoğunluğunu/verimliliğini olumsuz etkilediği sonucunu elde etmişlerdir.

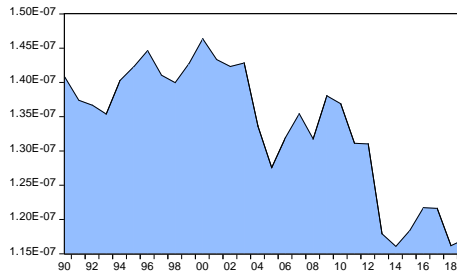
Kasap vd. (2020) enerji kaynakları arasında ağırlığı büyük olan fosil yakıtların Türkiye için hala devam edeceğini bu yüzden bu kaynaklardaki verimlilik artışlarının önemini vurgulayarak Türkiye’ de enerji üretiminde kullanılan kömürün verimlilik açısından önemini araştırmıştır. Kömür kullanılırken ithal kömür ve asfaltit kullanımındaki artışa bağlı olarak kömürün enerji kullanımındaki verimliliğinin %16.4 oranında artış gösterdiğini bu durumun Türkiye’ nin enerji yoğunluğunu/verimliliğini azaltmada/artırmada etkili olacağını elde etmiştir.

2. EKONOMETRİK ANALİZ

2.1. Veri Seti ve Yöntem

Çalışmadaki bağımlı değişken olan enerji yoğunluğu (LE), birim çıktı başına kullanılan enerji miktarının logaritmasıdır. Bir başka ifadeyle, $LE = \text{Log}(\text{Toplam enerji kullanımı (ktoe)/GDP(2010 US\$ sabit fiyatlarıyla)})$ olarak alınmıştır. Grafik 1, 1990-2019 arasında Türkiye için enerji yoğunluğu eğilimini göstermektedir. Grafik 1’e göre Türkiye’ nin enerji yoğunluğu yıllar içerisinde dalgalanarak azalmıştır

Grafik 1. Türkiye Enerji Yoğunluk Grafiği 1990-2019 (Ktoe/GSYİH)



Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), www.iea.org

Modelde kullanılacak olan değişkenlerin tanımı, tanımlayıcı istatistikleri, veri kaynakları ve değişkenlere ait özet bilgiler Tablo 1 de gösterilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde değişkenlerin minimum ve maksimum değer aralıklarının beklenen düzeyde olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Değişkenlerin Tanımı ve Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	Tanımı	Kaynak	NT	Ort	Std. Ht.	Min.	Max.
LE	Log(Toplam enerji kullanımı (ktoe)/GDP(2010 US\$ sabit fiyatlarıyla))	Toplam Enerji Arzı: Uluslararası Enerji Ajansı GDP: Dünya Bankası	30	-6.876	0.032	-6.935	-6.834
LC	Log(Kömürden enerji üretimi(ktoe))	Uluslararası Enerji Ajansı	30	4.390	0.143	4.188	4.623
LO	Log(Petrol ürünlerinden enerji üretimi(ktoe))	Uluslararası Enerji Ajansı	30	4.486	0.077	4.329	4.647
LN	Log(Doğalgazdan enerji üretimi(ktoe))	Uluslararası Enerji Ajansı	30	4.210	0.384	3.456	4.646
LH	Log(Hidroden enerji üretimi(ktoe))	Uluslararası Enerji Ajansı	30	3.544	0.146	3.290	3.883
LB	Log(Biyoyakıtlar ve atıklardan enerji üretimi(ktoe))	Uluslararası Enerji Ajansı	30	3.710	0.135	3.482	3.858

İktisadi değişkenler arasındaki ilişkilerin karmaşık olması sebebiyle eş anlı denklem sistemleri kullanılmaktadır. İktisadi parametreler arasındaki ilişkilerdeki karmaşıklık ekonometrik modeldeki bağımlı ve bağımsız değişkenlerin ne olacağı ile ilgili belirsizlikleri artırmaktadır. Bu güçlükler ortaya çıkan sonuçların tutarlılığını da önemli ölçüde etkilemektedir. Dolayısıyla eş anlı denklem sistemlerinde, yapısal model üzerinde bazı kısıtlamalar yapılarak bu karmaşıklıklar giderilmeye çalışılmaktadır (Adrian ve Darnell, 1990: 114-116). Vektör otoregresif modeller (VAR) ile bu sorunlar ortadan kalkmaktadır. Eş anlı denklem sistemlerinde, yapısal modele herhangi bir kısıt getirmeden dinamik ilişkileri tespit eden VAR modeli, bu yönüyle araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır (Keating, 1990: 453–454). VAR analizinde kurulacak modelde değişkenler için içsel-dışsal ayrımını yapmaya gerek duyulmadığı için bu yönüyle eş anlı denklem sistemlerinden ayrılmaktadır. Ayrıca VAR modellerinde bağımlı değişkenlerin gecikmelerinin de mevcut olması, geleceğe yönelik güçlü tahminlerin yapılmasını mümkün hale getirmektedir (Kumar vd., 1995: 365).

VAR Modelinde iki değişkenli standart form:

$$y_t = a_1 + \sum_{i=1}^p b_{1i} y_{t-i} + \sum_{i=1}^p b_{2i} x_{t-i} + u_{1t} \quad (1)$$

$$x_t = c_1 + \sum_{i=1}^p d_{1i} y_{t-i} + \sum_{i=1}^p d_{2i} x_{t-i} + u_{2t} \quad (2)$$

biçiminde formülize edilmektedir (Sevüktekin ve Çımar, 2014: 495-496). Bu formülasyonda, u : sıfır ortalamalı, kendi gecikmeli değerleriyle olan ortak varyansları sıfır, varyansı sabit, normal dağılan rassal hata terimlerini, p ise gecikme uzunluğunu göstermektedir. VAR modellerinin en önemli avantajlarından birisi değişkenlerin gecikme uzunluklarının artırılması yoluyla otokorelasyon probleminin çözülebilesidir. Bu kolaylığı sağlayan ise, değişkenlerin kendi gecikmeli değerleri ile ilişkisiz olması varsayımdır. Ayrıca u hata terimi, modelin sağ tarafındaki değişkenlerle ilişkisizdir. Yukarıdaki eşitliğin sağında sadece içsel değişkenlerin gecikmeli değerleri yer aldığı için eş anlılık sorunu oluşmamaktadır. Böylece geleneksel (klasik) EKK ile modeldeki denklem sistemi ya da her bir denklem öngörülebilir (Özgen ve Güloğlu, 2004: 96).

Altı değişkenin kullanılacağı çalışmada, öncelikle uygun gecikme uzunluğu elde edilecektir. Bunun için Akaike bilgi kriterinden yararlanılacaktır. Sonrasında modeli doğru bir şekilde tespit etmek amacıyla varyans ayrıştırmasından faydalanılarak en içsel değişken elde edilecektir. Doğru model elde edildikten sonra etki-tepki fonksiyonları elde edilecektir (Karaca, 2017: 232).

2.2. Analiz Bulguları

Birim kök içeren zaman serileri ile yapılan regresyon çözümlerinde, kurulan modelde gerçekte ilişkisiz olan değişkenlere rağmen yüksek R^2 sonucu ortaya çıkabilmektedir. Bu durumda sahte regresyon sorunu oluşmaktadır (Granger ve Newbold, 1974). Dolayısıyla analiz edilecek modeldeki bir serinin durağanlığının araştırılması önem arz etmektedir. Bir X serisi,

$$\begin{aligned} &\triangleright E(X_t) = \mu \\ &\triangleright Var(X_t) = E(X_t - \mu)^2 = \sigma^2 \\ &\triangleright \gamma k = E(X_t - \mu)(X_{t-k} - \mu) \end{aligned} \quad (3)$$

özelliklerini taşıyorsa yani sabit aritmetik ortalama, sabit varyans ve sabit kovaryansa (kovaryanstaki değişimler sadece gecikme mesafesine bağlı) sahip olması durumunda durağandır denilmektedir (Gujarati, 1999: 740). Çalışmada, literatürde en yaygın test olan Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) birim kök testi ve Philips-Perron (PP) birim kök testinden faydalanılacaktır. Her iki testte de sıfır hipotezi birim kök sürecin varlığı üzerine kurulmaktadır.

Tablo 2. Birim Kök Test Bulguları

	Değişkenler	Düzyer Değerleri		Birinci Farkları	
		ADF	PP	ADF	PP
	LE	-0.702744	-0.70782	-4.950506*	- 4.9787***
	LC	-0.361534	0.050052	-6.521905*	- 7.3443***

Test İstatistiği (sabitli)	LO	-0.515631	-0.37186	-6.146639*	- 6.1405***
	LN	- 3.712972***	-3.8456***	-3.45002**	- 3.4188**
	LH	-1.341481	-0.97914	-6.302360*	- 7.5015***
	LB	0.090294	0.090294	-4.542723*	- 4.9315***
Kritik Değerler	% 1	-3.67932	-3.67932	-3.699871	-3.6891
	% 5	-2.96776	-2.96776	-2.976263	-2.9718
	% 10	-2.62298	-2.62298	-2.627420	-2.6251
Test İstatistiği (sabitli ve trendli)	LE	-2.139942	-2.12178	- 5.008149***	- 5.7872***
	LC	-3.47286*	-3.4220*	- 6.432739***	- 7.2444***
	LO	-1.939290	-1.96333	- 6.000379***	- 5.9962***
	LN	1.117248	5.168821***	- 4.666524***	- 5.3302***
	LH	-3.173617	-3.18964	- 6.171542***	- 7.4347***
	LB	-2.454809	-2.41444	- 4.597882***	- 4.8404***
Kritik Değerler	% 1	-4.30982	-4.30982	-4.339330	-4.3239
	% 5	-3.57424	-3.57424	-3.587527	-3.5806
	% 10	-3.22172	-3.22172	-3.22923	-3.2253

Not: ***, **, * işaretleri sırasıyla %1,%5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir. ADF ve PP için, verilen kritik değerler McKinnon (1996) değerleridir. Maksimum gecikme sayısı ADF (Artırılmış Dickey- Fuller) testinde 4 olarak belirlenmiş ve optimum gecikme sayısı Schwarz Bilgi Kriterine (SIC) göre yapılmıştır. Optimum gecikme sayıları parantez içinde belirtilmektedir. Barlett çekirdek tahmincisiyle PP (Philips-Perron) testinin uzun dönem varyansı belirlenmiştir. Newey-West metodu aracılığıyla, bant genişliği (bandwidth) elde edilmiştir.

Tablo 2 sonuçları incelendiğinde, söz konusu değişkenlerden LC hariç tümünün, birinci farkında durağan hale geldiği görülmektedir. Diğer bir deyişle, LE, LO, LN, LH ve LB değişkenleri I(1) iken LC değişkeni seviyede durağandır (I(0)). VAR metodunun uygulanabilmesi için, modelde LC değişkeninin seviyede değerinde; LE, LO, LN, LH ve LB değişkenlerinin ise birinci farkları alındıktan yer alması gerekmektedir. Ek Tablo 4'de gösterildiği üzere, VAR modeli için uygun gecikme uzunluğu iki olarak elde edilmiştir. Dolayısıyla uygun VAR modelinin VAR(2) olduğu belirlenmiştir (Türkmen vd., 2018: 136).

VAR modelinin geçerliliğini sınamak için 4 adet tamı testi yapılmaktadır (Akpolat ve Altıntaş, 2013: 122). Ek Grafik 3’de VAR(2) modelinin istikrarlı olduğu, diğer bir deyişle otoregresif karakteristik polinomunun ters köklerinin birim çember içerisinde dağıldığı gösterilmektedir. Diğer yandan, kurulan VAR modelinde otokorelasyon sorunu, değişen varyansın tespiti ve modelin hata terimlerinin normal dağılıp dağılmadığı sırasıyla Ek Tablo 5 ve 6’da gösterilmektedir. Adı geçen tablolarda, modelde otokorelasyon ve değişen varyans sorununun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, modelin hata terimlerinin normal dağılım gösterdiği elde edilmiştir. VAR modelinden etki-tepki fonksiyonları ile varyans ayrıştırması sonuçlarının elde edilmesinde kullanılan en yaygın yöntem Cholesky ayrıştırmasıdır. Fakat bu yöntemde elde edilen sonuçlar değişkenlerin modeldeki sıralamasından etkilenmektedir. Çünkü ilk sıradaki değişken sistemdeki diğer değişkenlere verilen eş zamanlı şoklardan etkilenmezken, son sıradaki değişken diğer değişkenlere verilen şoklardan eş zamanlı olarak da etkilenmektedir (Tarı, 2014: 468; Uysal vd., 2015: 72-74). Uygulamada en doğru sonuçlara ulaşabilmek için genellikle değişkenlerin en dışsaldan en içsele doğru sıralanmasına çalışılmaktadır. Değişkenlerin en dışsaldan en içsele doğru sıralanmasında ise ekonomi teorisinden, Granger nedensellik analiziyle belirlenen nedensellik ilişkilerinden ya da varyans ayrıştırmasından yararlanılmaktadır (Karaca, 2017: 232).

Tablo 3. LE Varyans Ayrıştırması

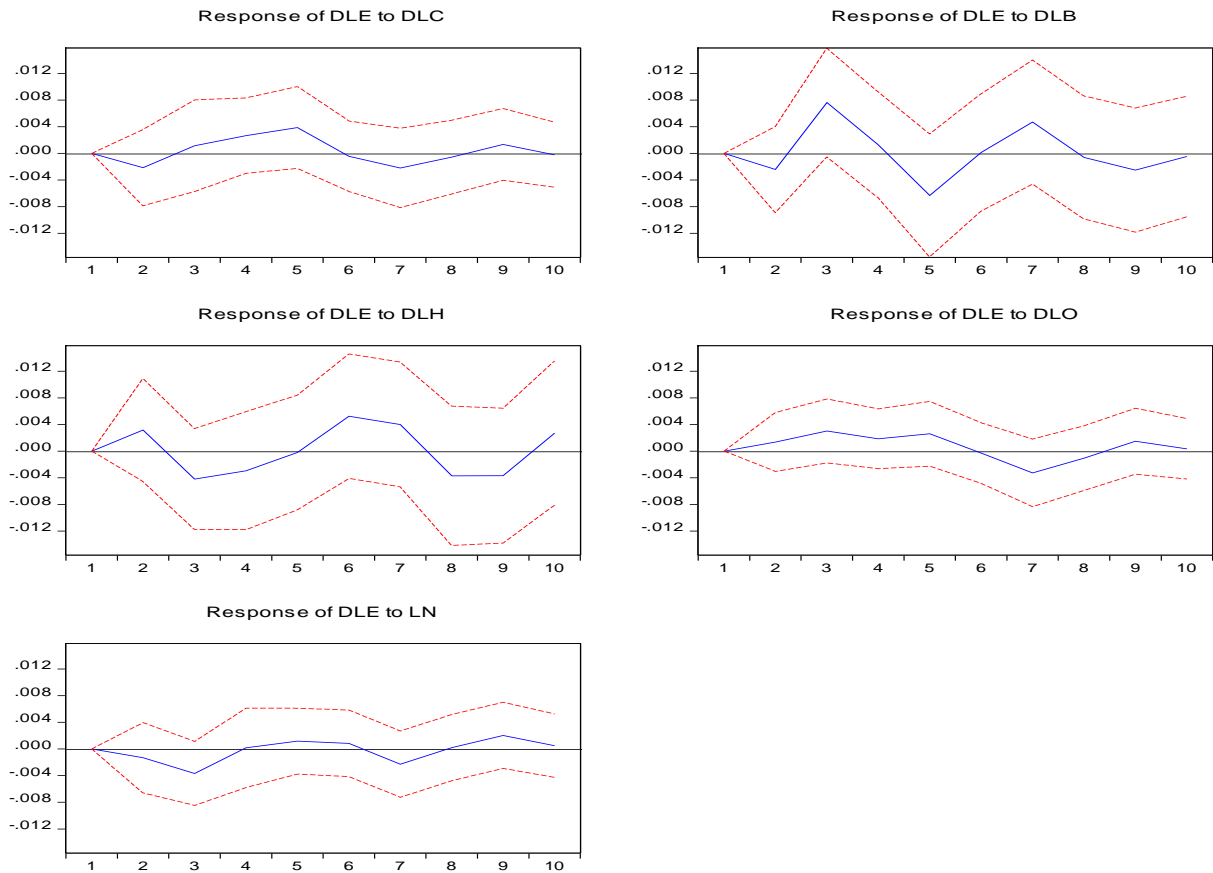
Dönem	LE	LH	LB	LC	LO	LN
1	100.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	88.67956	4.663471	2.781106	2.184294	0.869813	0.821759
3	61.14868	8.635910	20.11107	1.871414	3.434821	4.798100
4	57.48878	10.65222	19.31536	3.824460	4.218670	4.500517
5	48.62896	8.972568	26.14021	6.923948	5.209532	4.124787
6	45.53917	14.70145	24.37746	6.500199	4.878527	4.003199
7	40.33360	16.11275	25.85944	6.679374	6.443490	4.571347
8	39.12289	18.31252	25.13018	6.533871	6.463162	4.437382
9	37.55930	19.73367	24.81001	6.474841	6.482063	4.940122
10	37.18759	20.71611	24.43089	6.374607	6.392407	4.898393

Tablo 3 bulguları dikkate alındığında, birinci periyotda LE değişkeninin tamamının kendisi tarafından açıklandığı görülmektedir. Bu sonuç, LE değişkeninin modeldeki en içsel değişken olduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular, enerji yoğunluğundaki değişimin açıklayıcı değişkenler tarafından dönem sayısı arttıkça çok daha büyük kısmının açıklandığını ortaya koymaktadır. Öyle ki 5. Dönemde enerji yoğunluğundaki değişimin yaklaşık %9’u LH tarafından açıklanırken bu oranın 10. Dönem sonunda %20’yi aştığı görülmektedir. Varyans ayrıştırmasının ardından, Grafik 2’de etki-tepki fonksiyonları gösterilmektedir. Grafik 2’de yer alan kırmızı renkli alt ve üstteki kesikli çizgiler, bir standart hatalık güven aralığını ifade etmektedir. Orta kısımda yer alan mavi çizgiler ise, etki-tepki fonksiyonudur. Mavi çizgilerin,

sıfır çizgilerini en az bir defa kesmesi, etki-tepki fonksiyonlarının istatistiki olarak anlamlı olduklarını garanti etmektedir. Ayrıca, mavi çizgi ile gösterilen etki-tepki fonksiyonlarının sıfır çizgisini en az bir defa kesmesi, söz konusu değişkenler ile kurulan VAR sisteminin durağan olduğunu ortaya koymaktadır.

Grafik 2: Genelleştirilmiş Etki ve Tepki Fonksiyonları

Response to Cholesky One S.D. (d.f. adjusted) Innovations ± 2 S.E.



Grafik 2 incelendiğinde, LC değişkeninde meydana gelen bir standart sapmalı şoka LE ilk periyot da azalış yönünde bir tepki göstermektedir. Sonrasında bu tepki 5. periyoda dek artış gösterip, sonrasındaki bir periyot boyunca azalış yönünde seyretmektedir. Takip eden iki periyotda da önce artış sonra azalış yönünde tepki meydana gelmekte ve bu tepki sonunda sönümlenmektedir. LB değişkeninde meydana gelen bir standart sapmalı şoka LE'nin tepkisi ilk periyotda azalış eğilimindedir. Takip eden her 2 periyot da bir bu durum önce artış sonra azalış biçiminde gerçekleşmektedir. 9. Periyot sonrasında ise bu tepki sönümlenmektedir. LH değişkeninde meydana gelen bir standart sapmalı şoka LE'nun tepkisi ilk periyot da artış eğilimindedir. Sonrasında yaklaşık 2 periyot da bir önce azalış sonra artış biçiminde tepkiler halinde meydana gelmektedir. LO değişkeninde meydana gelen bir standart sapmalı şoka

LE'nin tepkisi ilk 5 periyot da artış eğilimindedir. 6. Periyot dan sonra bu tepki azalış eğilimine girmekte ve zamanla sönümlenmektedir. LN değişkeninde bir standart sapmalık şoka LE'nin tepkisi ise ilk 2 periyot da azalış yönündedir. Sonrasında yaklaşık 3 periyot boyunca artış yönünde tepkiler meydana gelmekte ve bu durum zamanla sönümlenmektedir.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Dünya' da fosil yakıt rezervlerin azalması, hala yüksek oranda sahip olunan bağımlılık ve tüm enerji kaynaklarında yaşanan verimliliğin günümüz teknolojilerine rağmen çok düşük olması dünya geneli/Türkiye özelinde için enerji konusundaki çalışmaların önemini ortaya koymaktadır. Türkiye gelişmekte olan ülkeler arasında yükselen ekonomiler arasında yer almaktadır. Bunun sebeplerinden biri dünya ortalamasında daha yüksek büyüme rakamlarına sahip olmasıdır. Ancak Türkiye bu büyüme rakamlarını büyük ölçüde ithal ettiği enerjiyle sağlamaktadır. Bu durum Türkiye için petrol fiyatlarında yaşanan oynaklık veya herhangi bir krizle karşı karşıya kalındığında ekonomisinde meydana getirecek hasarın boyutunu artırmaktadır. Bu yüzden Türkiye'nin enerji kaynakları arasında alternatif enerji kaynaklarını bulundurması, yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık vermesi ve gelecekte enerjinin nasıl daha verimli/etkin kullanılabilmesi ile ilgili politikalarını dikkatle belirlemesi hayati önem taşıyacaktır. Bu amaçla yapılan bu çalışmada bulgular, Türkiye için 1990-2019 döneminde enerji verimliliğinin fosil yakıtlardan çok yenilenebilir enerji kaynağı olan hidro ve biyoyakıt-atıktan etkilendiği sonucunu ortaya koymuştur.

KAYNAKÇA

- Adrian, C. and Darnell, A. (1990). Dictionary of Econometrics, England: Edward Elgar Publications.
- Akpolat, A.G. ve Altıntaş, N. (2013). Enerji Tüketimi İle Reel Gsyih Arasındaki Eşbütünlük 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 ilişki: 1990-2017 Türkiye örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 223-242.
- Apergis, N. and 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.
- Bayar, Y., ve Bayar, Y. (2014). Türkiye'de Birincil Enerji Kullanımı ve Ekonomik Büyüme. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28(2), 253-269.

- 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 Yılankırkan, N. (2015). Türkiye'nin enerji verimliliği potansiyeli ve projeksiyonu. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 3(1), 375-384.
- Granger, C.W.J. and Newbold P. (1974). Spurious Regressions in Econometrics, *Journal of Econometrics*, 2, 111-120.
- Gujarati, D. (1999). Temel Ekonometri, Literatür yayıncılık, (Çevirenler: Ümit ŞENESEN, Gülay Günlük ŞENESEN), İstanbul.
- Gürler, A. Z., Budak, D. B., Ayyıldız, B. ve Kaplan, U. E. (2020). Enerji Ekonomisi, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- International Energy Agency (IEA), (2020), Data and statistics, www.iea.org, (Erişim Tarihi: 06 Şubat 2021).
- Karaca, O. (2017). Türkiye'de Para ve Maliye Politikalarının Görelî Etkinliği: Var Analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(13), 227-240.
- Kasap, Y., Şensöğüt, C. ve Ören, Ö. (2020). Efficiency Change of Coal Used for Energy Production in Turkey. *Resources Policy*, 65, 101577.
- Keating, J.W. (1990). Identifying VAR Models under Rational Expectations, *Journal of Monetary Economics*, 25, 453-476.
- Koç, E. ve Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye'de enerji durumu-genel değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 54(639), 32-44.
- Kumar, V., Leone, R. P. and Gaskins, J. N. (1995). Aggregate and Disaggregate Sector Forecasting Using Consumer Confidence Measures, *International Journal of Forecasting*, 11(3), 361-377.
- MacKinnon, J. G. (1996). Numerical Distribution Functions for Unit Root and Cointegration Tests. *Journal of Applied Econometrics*, 11(6), 601-618.
- Öcal, O. ve Aslan, A. (2013). Renewable Energy Consumption–Economic Growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499.
- Özgen, F.B. ve Güloğlu, B. (2004). Türkiye'de İç Borçların İktisadi Etkilerinin VAR Tekniğiyle Analizi, *METU Studies in Development*, 31, 93-114.
- Sevüktekin, M. ve Çınar, M. (2014). Ekonometrik Zaman Serileri Analizi EViews Uygulamalı. Bursa. DORA Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Tarı, R., (2014), Ekonometri, Gözden geçirilmiş 9. Baskı, Umuttepe yayımları, No:32, Kocaeli.

Türkmen, S., Özbek, S. ve Karakuş, M., (2018). Türkiye’de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Ampirik Bir Analiz, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 129-142.

Uysal, D., Yılmaz, K., ve Taş, T., (2015). Enerji ithalatı ve Cari açık ilişkisi: Türkiye Örneği, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 63-78.

Ürün, E., ve Soyu, E. (2016). Türkiye’nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 31-45.

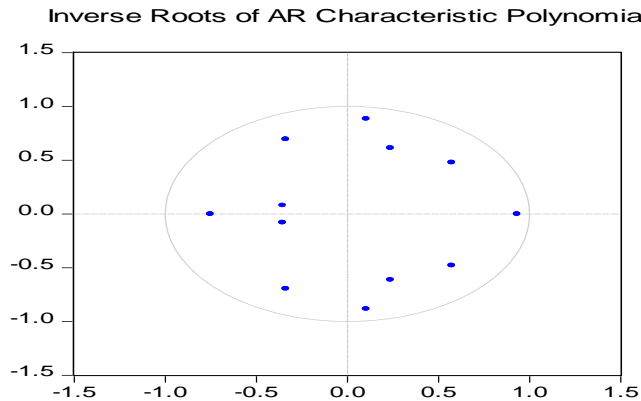
WorldBank, (2021). *World development indicators online database*. <<https://databank.worldbank.org/source/world-developmentindicators>>, (Erişim Tarihi: 06 Şubat 2021).

Ek Tablo 4. VAR Modelinin Gecikme Sayısının Tespiti

Gecikme Sayısı	LOGL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	287.3952	NA	3.57e-17	-20.84409	-20.55612	-20.75846
1	373.0456	126.8894	9.70e-19	-24.52189	-22.50608*	-23.92251
2	424.4617	53.32048*	4.85e-19*	-25.66380*	-21.92030	-24.55071*
3	461.4353	101.7219	8.64e-19	-25.87260*	-20.49381	-24.97080
4	483.1298*	124.8062	9.89e-19	-24.91237	-20.27712	-23.87120

Ek Tablo 4 Akaike bilgi kriteri (AIC), uygun gecikme uzunluğunu iki olarak belirlemektedir. Dolayısıyla VAR modeli için uygun gecikme uzunluğu (otokorelasyon içermeyen model) iki gecikme uzunluğunda elde edilmiştir. Yani uygun VAR modeli VAR(2)’dir.

Ek Grafik 3. AR Karakteristik Polinomunun Ters Kökleri



AR karakteristik polinomunun ters köklerinin birim çemberin içinde yer alması, tahmin edilen VAR modelinin (VAR(2)) istikrarlı olduğunu ifade etmektedir.

Ek Tablo 5. Otokorelasyon ve Değişen Varyans Testi Sonuçları

Lagrange Çarpımı (LM) Otokorelasyon Testi		
<i>LM-Test İstatistiği</i>	<i>Gecikme Uzunluğu</i>	<i>Olasılık Değeri</i>
0.571809	2	0.9186
White Değişen Varyans Testi		
<i>Ki-Kare</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Olasılık Değeri</i>
521.0325	504	0.2906

Ek Tablo 5’de kurulan var modelinin, otokorelasyon sorununun olmadığı ve sabit varyansa sahip olduğu elde edilmektedir.

Ek Tablo 6. Jarque-Bera Normallik testi

<i>Denklem</i>	<i>Jarque-Bera</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Olasılık Değeri</i>
1	1.828746	2	0.4008
2	0.302717	2	0.8595
3	4.876246	2	0.0873
4	1.436242	2	0.4877
5	2.162131	2	0.3392
6	1.957022	2	0.3759
Model	12.56310	12	0.4016

Ek Tablo 6’da ise sıfır hipotezinin normallik üzerine kurulduğu Jarque-Bera testine göre sıfır hipotezinin reddedilemediği görülmektedir. Dolayısıyla modelin hata terimlerinin normal dağılım gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.