

## Simülasyon Yaklaşımıyla Türkiye’de Yenilenebilir Enerjiye Dayalı Elektrik Talebi Öngörüsü<sup>1</sup>

DOI: 10.26466/opus.899204

\*

Fatih Soğukpınar\* - Gökhan Erkal\*\* - Hüseyin Özer\*\*\*

\* Dr., Atatürk Üniversitesi, İİBF, Erzurum/Türkiye

E-Posta: [sogukpinarfatih@hotmail.com](mailto:sogukpinarfatih@hotmail.com)

ORCID: [0000-0001-6551-1555](https://orcid.org/0000-0001-6551-1555)

\*\* Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, İİBF, Erzurum/Türkiye

E-Posta: [gerkal@atauni.edu.tr](mailto:gerkal@atauni.edu.tr)

ORCID: [0000-0001-8016-5566](https://orcid.org/0000-0001-8016-5566)

\*\*\* Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, İİBF, Erzurum/Türkiye

E-Posta: [hozer@atauni.edu.tr](mailto:hozer@atauni.edu.tr)

ORCID: [0000-0003-4915-6447](https://orcid.org/0000-0003-4915-6447)

### Öz

Enerji; ülkelerin sosyal ve ekonomik gelişmişlik düzeyini yansıtan, uluslararası politikalarına yön veren ve üretimin sürdürülebilirliği için temel bir üretim faktörüdür. Nüfus artışı, sanayileşme, teknolojik gelişmeler, artan yaşam standartları ve bunlara bağlı olarak hızla artan enerji tüketimi, enerji talebinin her geçen gün daha da artmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, enerjide büyük ölçüde dışa bağımlı olan Türkiye'nin yerli ve yenilenebilir kaynaklarının potansiyeli ve bu alanda uygulanan politikalar, üzerinde önemle durulması gereken konulardır. Bu çalışma, Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarını simülasyon yöntemi ile değerlendirek, ülkenin gelecekteki plan, program ve politikalarına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Çalışmada, Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları 2019-2023 dönemini kapsayan toplam elektrik enerjisi talep tahminiyle değerlendirilmiştir. Bu amaçla ilk olarak, uzun ve kısa dönemli ilişkiler, Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Sınır Testi Yaklaşımı ile incelenmiştir. Daha sonra, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nun 2019-2023 Stratejik Planı çerçevesinde hazırlanan düşük, baz ve yüksek senaryolara dayalı simülasyon yaklaşımı ile 2023 yılı sonuna kadar tahmin yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Türkiye'deki yenilenebilir enerji politikalarının genel elektrik talebini azalttığını ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerji, Elektrik Enerjisi, ARDL Sınır Testi, Simülasyon.

<sup>1</sup> Bu çalışma birinci yazarın 2020 yılında Prof. Dr. Hüseyin Özer ve Dr. Öğr. Üyesi Gökhan Erkal danışmanlığında Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı'nda yürüttüğü "Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikalarının Simülasyon Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi" başlıklı doktora tezinden türetilmiştir.

## Electricity Demand Forecasting to Based Renewable Energy in Turkey by Simulation Approach

\*

### Abstract

*Energy; it is a fundamental production factor that reflects the social and economic development level of countries, guides their international policies and for the sustainability of production. Population growth, industrialization, technological developments, increasing living standards and the rapidly increasing energy consumption due to these causes the energy demand to more increase day by day. In this context, the potential of domestic and renewable resources of Turkey, highly foreign dependent in energy, and the policies implemented in this field are the issues that should be emphasized. This study aims to contribute to the country's future plans, programs and policies, assessing by simulation method the renewable energy policies implemented in Turkey. In the study, Turkey's renewable energy policies were evaluated by the total electricity energy demand forecast, covering the period 2019-2023. For this purpose, firstly, long-and short-term relationships were examined with Autoregressive Distributed Lag Boundary Test approach. Then, a forecast was made until the end of 2023 with the simulation approach based on low, base and high scenarios, prepared within the framework of the 2019-2023 Strategic Plan of the Ministry of Energy and Natural Resources. The obtained results, the renewable energy policies in Turkey have been revealed reduce overall electricity demand.*

**Key Words:** *Renewable Energy, Electrical Energy, ARDL Boundary Test, Simulation.*

## Giriş

İnsanların yaşamlarını sürdürmelerinde zorunlu bir ihtiyaç olan enerji, ülke ekonomilerinin temelini oluşturmaktadır. Ekonomik gelişimin sağlanması için enerjinin güvenli ve sürdürülebilir olarak temin edilmesi ve etkin kullanımını gerekmektedir. Dünyada ihtiyaç duyulan enerji büyük oranda yenilenebilir (fosil yakıt) enerji kaynaklarından (kömür, petrol ve doğalgaz) elde edilmektedir. Bu fosil enerji kaynaklarının tüketimi günümüzde de yoğun bir şekilde devam etmektedir. Ancak 1973 petrol krizi sonrasında bu enerji kaynakları arz güvenliği sorunu ile karşı karşıya gelmiştir. Karşılaşılan bu sorun neticesinde dünya alternatif enerji kaynakları arayışına yönelmiştir. Bu süreçte fosil yakıtlara alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmaya başlamıştır.

Enerji bileşenlerine ayrılarak incelendiğinde elektriğin en kaliteli enerji bileşeni olduğu ve enerji tüketimi içindeki payının hızla arttığı görülmektedir. Elektriği sırasıyla doğalgaz, petrol, kömür ve bio yakıtlar takip etmektedir (Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul, 2007). Bir ülkenin elektrik enerjisi tüketimi o ülkenin kalkınmışlığının bir göstergesidir (Üstün vd., 2009). Ekonomik faaliyetlerin gerçekleşmesinde vazgeçilmez bir araç olarak elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi ülkelerin gelişimine bağlı olarak artmaktadır. Buradan hareketle elektrik enerjisi talebi hem üretim hem de tüketim faaliyetlerinin gerçekleşmesinde önemli bir rol üstlenmekte ve ülkelerin ekonomisini etkileyen önemli bir değişken olarak kabul edilmektedir (Demir ve Görür, 2020).

Yenilenebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitli yöntemlerle dönüştürülmesi sonucu elde edilen ve ikincil enerji kaynağı olan elektrik enerjisi, üretim ve tüketim bağlamında paralellik göstermektedir. Elektrik enerjisi depolanamadığı için üretildiği anda tüketilmesi gereken bir enerji çeşididir. Elektrik enerjisi talebinin kendine özgü bu yapısı nedeni ile üretim-tüketim dengesi önem arz etmektedir. Bu ise talep tahminlerinin önemini artırmaktadır (Akan ve Tak, 2003). Bu çerçevede enerji kaynaklarının talep analizi ülkelerin enerji politikalarının belirlenmesinde çok büyük öneme sahiptir.

Yenilenebilir enerji kaynakları; doğada hazır bir şekilde bulunan, kullandıkça tükenmeyen, kısa sürede kendini yenileyebilen kısaca sürdürülebilir bir özelliğe sahip olan enerji kaynaklarıdır. Türkiye’de 18.05.2005 tarihin-

de 25819 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ile değer kazanan yenilenebilir enerji kaynakları; Güneş enerjisi, Rüzgâr enerjisi, Jeotermal enerji, Biyokütle enerjisi ve Hidrolik enerji gibi fosil kökenli olmayan kaynaklardan oluşmaktadır. Türkiye temiz enerji için kullanılabilir bu yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir potansiyele sahiptir. Ayrıca coğrafi konumu bu kaynakların etkin kullanımını mümkün kılmaktadır (Yurdadoğ ve Tosunoğlu, 2017). Ancak Türkiye bu kaynaklardan sadece hidrolik enerji kaynaklarını yoğun bir şekilde kullanmakta, enerji ihtiyacının geri kalan kısmını dışarıya bağımlı olarak yenilenemez (fosil yakıtlı) enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Bu fosil yakıtlara bağımlılık ekonomik olumsuzlukların yanı sıra iklim değişikliğine neden olan sera gazı salınımının artmasına yol açmaktadır. Nitekim iklim değişikliğinin neden olduğu olumsuzlukları önlemek için 2016 yılında yürürlüğe giren Paris Antlaşması ile küresel sıcaklık artışının ilk aşamada 2 °C'nin altında tutulması hedeflenmiştir. Bu hedefe ancak elektrik üretiminde fosil yakıtların payının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması ile ulaşılabileceği anlaşılmaktadır (Akdağ ve Gözen, 2019).

Bu çalışmada, Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikaları elektrik enerjisi talep tahminiyle değerlendirilmiştir. Türkiye’de toplam elektrik enerjisi talebini ekonometrik modellerle ele alan mevcut çalışmada, hazırlanan senaryolar doğrultusunda simülasyon yaklaşımı kullanılarak 2023 yılı sonuna kadar elektrik talebi öngörüsünde bulunulmuştur. Çalışmada öncelikle yenilenebilir enerji politikaları hakkında genel bir değerlendirmeye yer verilmiş ve daha sonra konuyla ilgili literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir. Son bölümde ise çalışmanın metodolojisi ve araştırma sonuçlarına ilişkin temel bulgular ortaya konulmuştur.

## **Yenilenebilir Enerji Politikaları**

Yenilenebilir enerji; güneş, rüzgâr, su, jeotermal ısı ve atık gibi doğal kaynaklardan üretilen ve doğal olarak yenilenen enerjidir. Yenilenebilir kaynaklar ise kısa sürede yenilenebilen sınırsız doğal kaynaklardır (Gorjian, 2017). Yenilenebilir enerji teknolojileri bu doğal enerji kaynaklarını kullanılabilir enerji formlarına (elektrik, ısı ve yakıt) dönüştürmektedir. Doğal bir

süreçle hızla yenilene bu enerji kaynakları, herhangi bir çevre problemi oluşturmamaktadır. Bu kaynakların en önemli avantajı, yıl boyunca mevcut olması ve bir kerelik yatırımla çevreyi etkilemeden onlarca yıl enerji elde edilmesidir (Alrikabi, 2014).

Teknoloji ve sanayinin hızla gelişmesine paralel olarak dünyada enerjiye olan ihtiyaç zamanla artmaktadır. Artan bu enerji ihtiyacı günümüzde büyük oranda fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Tüketilen bu fosil kaynakların sınırlı bir potansiyele sahip olması ve oluşturduğu çevresel sorunlar özellikle bu kaynaklar özelinde dışa bağımlı olan ülkeleri alternatif olarak yerli ve yenilenebilir kaynaklara yöneltmiştir. Ülkeler fosil yakıt tüketimini ve dışa bağımlılığı azaltmak için çeşitli politikalar geliştirmeye başlamışlardır. Birçok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını daha yaygın hale getirmek amacıyla çeşitli hedefler belirlemekte ve bu hedefleri gerçekleştirmek için farklı teşvik yöntemleri uygulamaktadır. Bu yöntemler genel olarak düzenleyici ve mali olmak üzere iki şekilde gruplandırılmaktadır. Sabit fiyat garantisi, prim garantisi, ihale yöntemi, yeşil sertifika ve net ölçüm ve net faturalama düzenleyici teşvik yöntemleri olarak adlandırılırken; kamu desteklemeleri ve hibeleri, vergi muafiyetleri ve indirimleri ise mali teşvik yöntemleri olarak gruplandırılmaktadır (Yeğen, 2018).

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi konusunda ilk adımın 10.05.2005 tarihinde yürürlüğe girmiş olan 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ile atıldığı söylenebilir. Günümüzde Türkiye’de yenilenebilir enerji alanında uygulanan politikalar sabit fiyat garantisi, lisanssız üretim ve mali teşvikler (KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti vs.) olarak sıralanabilmektedir. Türkiye’de yenilenebilir enerji santrallerinin kurulmasını teşvik etmek amacıyla geliştirilen Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM), yenilenebilir enerji tesislerine bazı avantajlar sağlamak üzere tasarlanmıştır. Tesisin üretime başladıktan sonra Yenilenebilir Enerji Kanunu kapsamında garantili fiyatlardan elektrik satış hakkına sahip olması bu avantajların başında gelmektedir. İkinci önemli avantaj ise santralin kurulum aşamasında yerli ekipman kullanılması halinde, ekipmanın cinsine göre, garantili alım fiyatına ek olarak ve yerlilik oranına nispetle yerli ekipman teşviki sağlanmasıdır.

Türkiye elektrik enerjisi üretiminde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yoğun bir şekilde kullanılması, bu kaynakların güvenilir ve eko-

nomik bir şekilde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi doğrultusunda geleceğe yönelik hedefler belirlemiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından hazırlanan 2019-2023 Stratejik Planında Amaç (A1) ve Hedef (H1.1) adı altında bu hedefler belirtilmiştir. Bu stratejik planda yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının %59’dan %65 seviyesine yükseltilmesi hedeflenmiştir. Çalışmaya konu olan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla yapılan simülasyon uygulamasında baz senaryo olarak da kullanılan bu hedefler Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye’nin Elektrik Kurulu Gücü 2019-2023 Stratejik Plan Hedefleri (kümülatif, MW)**

Kaynaklar	2019	2020	2021	2022	2023
Güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	5.750	7.000	7.750	8.500	10.000
Rüzgâr enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	7.633	8.883	9.633	10.633	11.833
Hidroelektrik enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	29.748	3.1148	31.688	31.688	32.037
Jeotermal enerji ve biyokütle enerjisine Dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	2.678	2.717	2.772	2.828	2.884
<b>Yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)</b>	<b>45.809</b>	<b>49.748</b>	<b>51.843</b>	<b>53.649</b>	<b>56.804</b>

Tablo 1’de görüldüğü üzere, yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün (YEKKG) 2019 yılında toplam 45.809 MW, 2020 yılında 49.748 MW, 2021 yılında, 51.843 MW, 2022 yılında 53.649 MW ve 2023 yılında ise 56.804 MW olması hedeflenmiştir (ETKB, 2019).

## Literatür Taraması

Türkiye’de enerji talep öngörülleri konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde kullanılan yöntemlerin genellikle ekonometrik modeller ve sezgisel algoritma tabanlı modeller olduğu gözlemlenmiştir (Esen, 2013). Ekonometrik tahmin yöntemlerini kullanarak elektrik talebi öngörüsü yapılan çalışmalar literatürde önemli bir yer tutmaktadır.

Bakırtaş vd. (2000), 1962-1996 dönemi için Türkiye’deki elektrik talebi ve gelir arasındaki uzun dönemli ilişkiyi eşbütünleşme ve hata düzeltme mo-

dellerini kullanarak incelemiş, tek değişkenli ARMA yöntemiyle elektrik tüketimini modellemiş ve 1997-2010 yılları için elektrik talebi tahmininde bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre elektrik tüketimi ile gelirin uzun dönemde birlikte hareket ettiği, elektrik tüketiminin gelir esnekliğinin oldukça yüksek olduğu ve gelecekteki elektrik tüketiminin bu yüksek seviyelerde devam edeceği tespit edilmiştir.

1970-2000 yılları arasında elektrik tüketimi, elektrik fiyatları, GSMH, nüfus, elektrikli ev aletleri üretimi, bina sayısı değişkenlerini kullanan Akan ve Tak (2003), Türkiye için elektrik talebini toplam ve tüketici grupları bazında incelemiştir. En küçük kareler (EKK) yöntemiyle modeller oluşturulduktan sonra hata düzeltme modelini kullanarak düşük, orta ve yüksek büyüme senaryosu varsayımlarından hareketle 2001-2005 yılları arasında talep tahmininde bulunmuştur. Elde edilen bulgular, elektrik talebinin gelire karşı fiyattan daha duyarlı olduğunu ve 2005 yılına kadar olan dönemde elektrik talebinin önemli oranlarda artacağını göstermiştir.

Erdoğan (2007), eşbütünleşme analizi ve ARIMA modellemesini kullanarak Türkiye'deki elektrik talebinin kısa ve uzun vadeli fiyat ve gelir esnekliklerini tahmin etmiş, 2005-2014 dönemi için elektrik talebini tahmin ederek sonuçları resmi tahminlerle karşılaştırmıştır. Çalışmada ilk olarak, tüketicilerin fiyat ve gelir değişikliklerine tepkisinin oldukça sınırlı olduğu ve bu nedenle Türkiye elektrik piyasasında ekonomik düzenlemeye ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır. Diğer bir sonuca göre, resmi elektrik talebi tahminlerinin elektrik talebini fazlasıyla abartması nedeniyle tutarlı bir enerji politikasının geliştirilmesini zora soktuğu ifade edilmiştir.

Nüfus artışı ve kişi başına düşen enerji tüketimi artış oranını kullanan Yumurtacı ve Asmaz (2004), doğrusal regresyon yöntemiyle Türkiye'nin 2050 yılına kadarki elektrik enerjisi tüketimini tahmin etmiştir. Çalışma aynı zamanda 2050 yılında tüm hidro enerji potansiyel kullanımı durumunda enerji ihtiyacının değerlendirilmesini de içermektedir. Elde edilen sonuca göre, Türkiye'nin 2050 yılında elektrik enerjisi ihtiyacının yaklaşık 1.173 milyar kWh olacağı ve hidroelektrik potansiyelini kullandığı düşünüldüğünde, diğer enerji kaynaklarından üretilen 360 milyar kWh enerjiye ihtiyaç duyulacağı tespit edilmiştir. Bu değerlere göre bu 360 milyar kWh enerji üretimi için 2050 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerektiği ortaya konulmuştur.

Dilaver ve Hunt (2011), 1960-2008 yıllarına ilişkin toplam elektrik tüketimi, GSYİH ve elektrik fiyatları arasındaki ilişkiyi yapısal zaman serisi analizi tekniğiyle araştırmış ve farklı varsayımlarla 2020 yılı için Türkiye’nin toplam elektrik talebini tahmin etmiştir. Sonuçlara göre, gelir ve fiyat esneklikleri sırasıyla 0.17 ve -0.11 olarak bulunmuş ve UEDT (Underlying Energy Demand Trend=Temel Enerji Talep Eğilimi) genel olarak yukarı doğru eğimli (elektrik kullanımı) ancak genel olarak azalan bir oranda bulunmuştur. Tahmin edilen denkleme ve farklı tahmin varsayımlarına dayanarak, Türkiye’nin toplam elektrik talebinin 2020’de 259 TWh ile 368 TWh arasında olacağı tahmin edilmiştir.

Literatürde yapay zekâ modelleri ile yapılan çalışmalarda genellikle, genetik algoritma, yapay sinir ağları ve karınca kolonisi gibi metotlar kullanılmaktadır. Yiğit (2011), ekonomik göstergelere (Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla, Nüfus, İthalat ve İhracat) dayalı GAETM Lineer ve GAETM Karesel isimli iki farklı model kullanarak Türkiye’nin 2020 yılına kadar ihtiyaç duyduğu net Elektrik Enerjisi Tüketimini Genetik Algoritma yaklaşımıyla tahmin etmiştir. Türkiye’nin 2020 yılında elektrik enerjisi talebinin geliştirilen GAETM Lineer modeli ile 452,47 TWh, GAETM Karesel modeli ile ise 354,29 TWh olacağı tahmin edilmiştir.

1970-2015 yıllarına ait Türkiye elektrik enerjisi verilerini kullanarak yaptığı çalışmada Ekinci (2019), yapay sinir ağları (YSA) ve adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi (ANFIS) yöntemleri ile tahminde bulunmuş, elde ettiği tahmin sonuçlarını gerçek verilerle kıyaslayarak iki yöntemin performansını incelemiştir. Sonuçlara göre, YSA modelinin ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) % 3,69 iken, ANFIS modeli için karşılık gelen değer % 3,35 olarak bulunmuştur. Bu değerler, ANFIS modelinin YSA yönteminden daha doğru bir şekilde elektrik tüketim tahmini yaptığını göstermiştir.

Türker ve Köksal (2008), geliştirdikleri ekonometrik ve yapay sinir ağları modelleriyle Türkiye’nin 2020 yılına kadar elektrik talebi ve tepe yük değerlerini tahmin etmiştir. Türkiye geneli uzun dönem talep tahminleri, planlanan termik santrallerin yakıt türleri bazında dağıtılmıştır. Bu yakıt türlerinin emisyon faktörleri kullanılarak Türkiye’nin uzun dönem CO<sub>2</sub> emisyonu elde edilmiştir. Oluşturulan kötümser, vasat ve iyimser senaryolara göre, Türkiye’de 2020 yılı için elektrik tüketim değerleri sırasıyla 325 TWh, 374 TWh ve 413 TWh olarak tahmin edilmiştir. Bunun yanında, 2020 yılında



yaklaşık CO<sub>2</sub> emisyonunun senaryolara göre sırasıyla 138, 177 ve 207 milyon ton olması öngörülmüştür.

Kaynar vd. (2016), Türkiye'nin 1974-2014 yılları arasında elektrik tüketimini; gayri safi yurtiçi hâsıla, ithalat, ihracat ve nüfus değişkenlerini kullanarak, genel algoritma ve destek vektör regresyon (DVR) yöntemiyle tahmin etmişlerdir. Elde edilen %3.66 hata performansı bu metodun başarılı bir tahmin yöntemi olduğunu ve sıkça kullanılan klasik regresyon ve yapay sinir ağları yöntemlerine alternatif olarak kullanılabilceğini göstermiştir.

Özger vd. (2019)'da zaman serisi tekniklerinden biri olan ve mevsimsellik içeren Holt-winters üstel düzeltme (HWÜD) yöntemindeki parametrelerin tespit edilmesinde genetik algoritmayı kullanarak elektrik yük tahmini yapmıştır. Parametre tespitinde optimizasyon hedef fonksiyonu olarak ortalama mutlak sapma (MAD) kullanılmıştır. Yapılan çalışmada MAPE, MAD ve MPE hataları gösterilmiş olup, önerilen yaklaşımın elektrik yük tahmini için uygun olduğu belirlenmiştir.

Enerji talebi konusunda geçmiş yıllardan beri birçok çalışma yapılırken, yenilenebilir enerji kaynakları son yıllarda araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiştir. Çalışma konusunun Türkiye'de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi olması nedeniyle bu konuda yapılmış çalışmalara da değinilmesi önem arz etmektedir. Yurdadoğ ve Tosunoğlu (2017), Türkiye'de yenilenebilir enerji gelişimi için kullanılan kamu desteklerini incelemiş ve dünya kıyaslamasına göre ülkemizde bu alandaki teşviklerin yetersiz olduğunu ifade etmiştir. Kentsel dönüşüm çerçevesinde sürdürülebilir yapılar (binalar) ve yenilenebilir enerji konusunda dünyada uygulanan teşvik örneklerini araştıran Özdemir vd. (2017), yapılacak toplu konut projelerinde ve sanayi tesislerinde sürdürülebilir sistemlerin kullanılmasının zorunlu hale gelmesi gerektiğini vurgulamıştır. Flora vd. (2019), çatılarda güneş enerjisinden elektrik üretimi için uygulanan teşviklerden yola çıkarak hanelerde enerji kullanımı, fotovoltaik panellerin kurulum maliyetleri ve Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeline dayalı varsayımlarla bir geri ödeme süresi modeli hazırlamıştır. Çalışma sonucunda bağımsız bir güneş enerjisi sisteminin şu anda 11 yıllık geri ödeme süresi ve %0,8'lik bir yatırım getirisi olduğunu, maliyetlerdeki azalmayla birlikte bu sürenin 2030 yılında 4,4 yıla düşeceği ve getirisinin %17'ye yükseleceğini öngörmüştür. Çınar ve Yılmaz (2015), sekiz gelişmekte olan ülke verilerini kullanarak 1990-2013 yıllarını kapsayan dönem için panel veri seti yardımıyla yenile-

nenilenebilir- yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme ilişkisini araştırmıştır. Araştırma neticesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının büyüme üzerindeki etkisinin pozitif ve yenilenebilir kaynakların etkisinden daha büyük olduğunu tespit etmiştir. Bağcı (2019), Türkiye’nin cari dengesi ve enerji ithalatı ilişkisini incelemiş, Türkiye’nin cari açığının büyük kısmının enerji ithalatından kaynaklandığını belirtmiştir. Türkiye’nin yeterince faydalanmadığı yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla önem vermesinin gerekliliğini ve fosil kaynaklardan yenilenebilir kaynaklara geçişin etkin bir şekilde yapılandırılması gerektiğini vurgulamıştır. 1990-2017 dönemini kapsayan verileri kullanarak Türkiye’de yenilenebilir- yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştıran Anatürk ve Özata (2019), sermaye (K) ve emeği (L) de dâhil ettiği çok değişkenli bir model kullanmıştır. Çalışma neticesinde ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit etmiştir.

Türkiye’de yapılan araştırmaların yanı sıra dünyada da çalışma konusuyla ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Park vd. (2013), Kore’de üç elektrik senaryosunun enerji, çevresel ve ekonomik etkilerini Uzun Dönem Enerji Alternatifleri Planlama Sistemi (Long-range Energy Alternatives Planning System, LEAP) modelini kullanarak 2050’ye kadar analiz etmiştir. Çalışmadaki senaryolar; temel (BL), yeni hükümet politikası (GP) ve sürdürülebilir toplum (SS) senaryolarından oluşmaktadır. 2050’de BL ve GP senaryolarında üretilen elektriğin çoğunu nükleer ve kömürle çalışan elektrik santralleri oluştururken, SS senaryosu 2050’de en fazla elektriği yenilenebilir enerjinin üreteceğini öngörmüştür.

Nwulu ve Agboola (2011), Nijerya’daki elektrik endüstrisinin durumunu değerlendirmiş ve son yıllarda ülkedeki elektrik üretimi ve tüketimini göz önünde bulundurarak Nijerya’nın yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini araştırmıştır. Çalışmada ülkedeki enerji üretimini iyileştirmek için özellikle hidroelektrik, güneş, rüzgâr ve biyokütle olmak üzere başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarının bir tahmini yapılmıştır. Buna göre, Nijerya’nın sahip olduğu büyük miktardaki yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ülkenin enerji talebini rahatlıkla karşılayabileceği ve aynı zamanda komşularına elektrik enerjisi ihraç edebileceği belirlenmiştir.

Aslani vd. (2014), bir nedensel döngü diyagramı ve sistem dinamikleri modeli kullanarak 2020 yılına kadar Finlandiya’nın yenilenebilir enerji poli-

tikalarının üç farklı senaryosunu değerlendirmiştir. Analiz sonuçları, Finlandiya'da 2020 yılına kadar %7 elektrik/ısı tüketim artışına rağmen, ithal kaynaklara olan bağımlılığın tanımlanan senaryolara bağlı olarak %1 ile %7 arasında azalacağını göstermiştir.

Zhang vd. (2012), Japonya'nın geleceğin güvenli ve temiz bir elektrik sistemini gerçekleştirmesi için, farklı nükleer güç geliştirme politikalarına göre 2030 için üç elektrik tedarik senaryosu önermiş ve yenilenebilir enerji üretiminin maksimum katkısını değerlendirmiştir. Senaryo analizi, teknolojik, ekonomik ve çevresel açıdan kısıtlamalar içeren saatlik simülasyon modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kurulu kapasite karması, elektrik üretim karması, CO2 emisyonları ve senaryoların üretim maliyetleri karşılaştırılarak, gelecekte Japonya'da bir elektrik sisteminde yenilenebilir enerji üretiminin payı ve nükleer enerji payı ile ilişkisi ortaya konulmuştur.

## Veri Seti ve Yöntem

Çalışmada Türkiye'de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının etkileri simülasyon yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. Araştırmaya konu olan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirmesi mevcut çalışmada elektrik enerjisi talebi yönünden incelenmiştir. Bu doğrultuda bağımlı değişken olarak kullanılan Toplam Elektrik Talebi için TÜİK veri tabanından alınan net elektrik tüketimi değerleri kullanılmıştır.

1988-2017 dönemini kapsayan mevcut çalışmada veriler yıllık olup temelde elektrik talebini etkileyen faktörlerden oluşmaktadır. Reel Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla değişkenine ait veriler modelde geliri temsilen 2010 Sabit Fiyatlarıyla (US\$) kullanılmış ve Dünya Bankası (World Bank, WB) veri tabanından alınmıştır. Ayrıca modelde ekonomik gelişmişliği temsilen kullanılan Kentleşme Oranı değişkeni verileri de Dünya Bankası veri tabanından alınmıştır. Çalışmada Elektrik Fiyatı değişkenine ait veriler Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency, IEA)'ndan, mevsimsel şartları temsilen kullanılan Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklık değişkeni verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nden elde edilmiştir. Araştırmaya konu olan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla oluşturulan modele dâhil edilen Yenilenebilir Enerji Kaynakları (güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik ve biyokütle enerjisi) Toplam Kurulu Gücü (YEKKG) verileri ise Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ)'nden alınmıştır.

Kurulan ekonometrik modelde Kentleşme Oranı (KO) haricindeki değişkenlere ait tüm veriler logaritmik formda kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenlere ait ayrıntılı bilgiler Tablo 2’de açıklanmıştır.

**Tablo 2. Kullanılan Değişkenlere İlişkin Bilgiler**

Kısaltma	Açıklama	Kaynak	Birim
LTPET	Toplam Elektrik Talebi’nin Logaritması	TÜİK	GWh
LGSYH	Reel Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla’nın Logaritması	WB	2010 Sabit Fiyatlarıyla US\$)
LOEF	Ortalama Elektrik Fiyatı’nın Logaritması	IEA	pence/kWh
LTOS	Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklığı’nın Logaritması	MGM	°C
LYEKKG	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Gücü’nün Logaritması	TEİAŞ	MW
KO	Kentleşme Oranı	WB	Toplam Nüfus’un %’si

Zaman serileri analizinde modellerin ampirik bir tahminini yapmadan önce, çalışmada kullanılan serilerin durağanlık açısından incelenmesi önemli bir adımdır. Bu nedenle çalışmada öncelikle serilerin durağan olup olmadıkları hem geleneksel hem de yapısal kırılmaya izin veren birim kök testleriyle araştırılmıştır. Geleneksel birim kök testlerinden Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (1992) tarafından geliştirilen “KPSS” testi ve yapısal kırılmaya izin veren birim kök testlerinden Lee ve Strazicich (2003; 2004) tarafından geliştirilen “LS” testi kullanılmıştır. Durağanlık testi yapılan seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığı Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen Gecikmesi Dağıtılmış Otoresif (ARDL) Sınır Testi yaklaşımı ile incelenmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin belirlenmesinden sonra uzun ve kısa vadede elektrik talebi modellenmiş ve değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkiler belirlenmiştir. Son olarak simülasyon modelinde kullanılmak üzere oluşturulan düşük, baz ve yüksek senaryolar ışığında 2019-2023 dönemi için elektrik talebi öngörüsünde bulunulmuştur.

## Temel Bulgular

Bu bölümde öncelikle çalışmadaki ampirik uygulamalar sonucunda elde edilen bulgulara, daha sonra oluşturulan senaryolar ışığında 2019-2023 dönemi için Türkiye Toplam Elektrik Talebi öngörülerine ve son olarak, sonuç ve konuyla ilgili önerilere yer verilecektir.

## Birim Kök Test Sonuçları

Birim kök testleri ve yapısal kırılmaların varlığına yönelik araştırmalar, zaman serisi çalışmalarında güvenilir sonuçlar elde etmenin önemli bir parçası haline gelmiştir. Perron (1989), bir değişkenin yapısal kırılmaya sahip olduğunda, geleneksel birim kök testlerinin gücünün azaldığını ve sonuçların yanıltıcı olabileceğini belirtmiştir. Birim kök testlerinin yapısal kırılmalarla uygulanması önemli olmakla birlikte, zaman serisi çalışmalarının çoğu yapısal kırılma bulunma olasılığına yeterince önem vermemektedir. Serilerin durağanlığını tespit etmede farklı birçok birim kök testi kullanılmaktadır. Serilerin durağanlık koşulunun sağlanıp sağlanmadığını test etmek için kullanılan KPSS birim kök testinde sıfır hipotezi serinin durağan olduğu (birim kök içermediği) şeklinde kurulmaktadır. Çalışmada oluşturulan ekonometrik modelde kullanılan her bir değişken için %5 önem düzeyinde yapılan KPSS birim kök testi sonuçları Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3. KPSS Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler	DÜZEY I(0) LM İstatistiği		&	1.FARK I(1) LM İstatistiği		& Sonuç
	Sabit Terimli	Sabit Terim Trendli		Sabit Terimli	Sabit Terim Trendli	
TPET	0,711	0,169	0,293	0,222	I(1)	
GSYH	0,709	0,159	0,207	0,156	I(1)	
OEF	0,635	0,063	0,195	0,074	I(0)	
TOS	0,405	0,076	0,086	0,082	I(0)	
YEKKG	0,686	0,142	0,309	0,141	I(0)	
KO	0,719	0,139	0,338	0,132	I(0)	

%5 önem seviyesi için sabit terimli KPSS testinin LM test istatistiği asimptotik kritik değeri 0.463, sabit terim ve trendli KPSS testi için ise 0.146'dır. Buna göre; OEF, TOS, YEKKG ve KO serilerinin düzey değerlerine ait LM test istatistikleri, %5 önem seviyesinde KPSS testi kritik değerinden küçük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilememiş ve serilerin düzeyde durağan oldukları belirlenmiştir. TPET ve GSYH serilerinin ise birinci farklarına ait LM test istatistikleri, %5 önem seviyesinde KPSS testi kritik değerinden küçük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilememiş ve serilerin birinci farkları alındığında durağan oldukları tespit edilmiştir.

Çalışmada karşılaştırma amacıyla birim kök testlerinden yapısal kırılmalara izin veren LS testi kullanılarak serilerde yapısal değişikliklerin varlığı

test edilmiş ve sonuçlar KPSS birim kök testiyle karşılaştırılmıştır. Uygulanan LS birim kök testinde incelenen hipotezler aşağıdaki gibidir:

$H_0: \alpha = 0$  (seri bir (iki) kırılma ile durağan değil)

$H_1: \alpha < 0$  (seri bir (iki) kırılma ile durağan)

Bu çalışmada LS birim kök testini yapmak için, verilerin yıllık olması ve örneklem büyüklüğünün küçük olması dikkate alınarak maksimum gecikme uzunluğu  $k=3$  olarak kabul edilmiştir. İlk olarak, CC modeli test edilerek kırılmalar için önemsiz katsayıları olan değişkenler ikinci aşamada AA modeliyle test edilmiştir. Bu iki aşamadan elde edilen sonuçlar ikiden az kırılma içeriyorsa, süreç bir kırılma için tekrarlanarak Lee ve Strazicich (2004) tarafından geliştirilen bir kırılma ile birim kök testi uygulanmıştır. Ekonometrik modelde kullanılan her bir değişken için %5 önem düzeyinde yapılan LS testi sonuçları Tablo 4’te sunulmuştur.

**Tablo 4. LS Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler	Model	k	$\alpha$ (Test istatistiği)	Kritik Değer	Tb1	Tb2	Sonuç
TPET	CC	2	-6,202	-6,166	1999	2005	İki kırılmayla I(1)
OEF	AA	3	-4,274	-3,563	1996	2010	İki kırılmayla I(0)
GSYH	AA	3	-4,164	-3,563	1998	2010	İki kırılmayla I(0)
YEKKG	CC	3	-8,590	-6,185	1997	2007	İki kırılmayla I(0)
TOS	CC	3	-7,276	-6,175	1998	2006	İki kırılmayla I(0)
KO	CC	1	-6,959	-6,312	1993	2003	İki kırılmayla I(0)

OEF, GSYH, YEKKG, TOS ve KO serilerine ait test istatistikleri, %5 önem seviyesinde kritik değerden küçük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilmiş ve serilerin yapısal kırılma(lar) ile durağan oldukları belirlenmiştir. TPET serisinin ise birinci farkına ait test istatistiği, %5 önem seviyesinde kritik değerden küçük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilmiş ve serinin birinci farkı alındığında durağan olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak çalışmada incelenen her iki birim kök testi sonuçları dikkate alındığında, değişkenlerin bazıları I(0) bazıları ise I(1) çıkmıştır. Dolayısıyla bu sonuçlar değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin araştırılmasında ARDL yaklaşımının kullanılmasının bu çalışma için uygun bir yöntem olduğunu doğrulamaktadır.

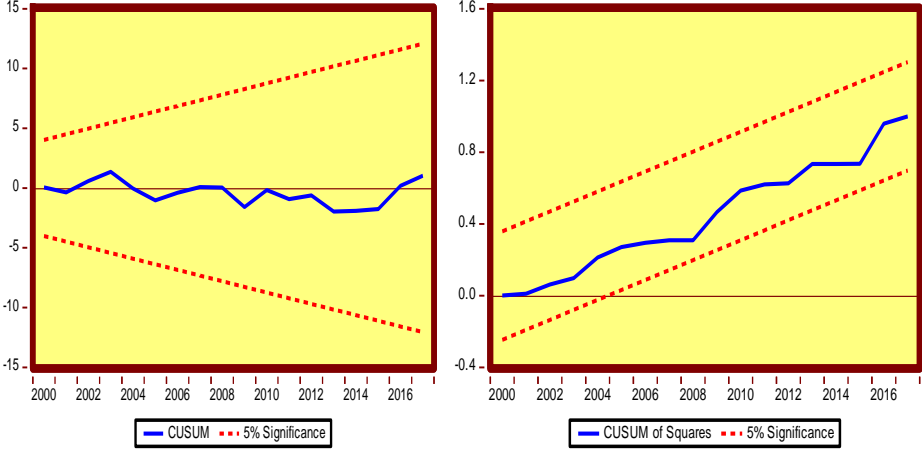
## Eşbütünleşme Testi ve Varsayımlar

Türkiye'nin Toplam elektrik talebi modelinde, ARDL modelinin ilk aşaması olarak uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi için maksimum gecikme sayısı 2 olarak belirlenmiş ve değişkenler farklı gecikme kombinasyonları ile test edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan bilgi kriterine göre (SIC) en uygun model olarak ARDL (1, 0, 1, 2, 0, 0) modeli tahmin edilmiştir. Daha sonra belirlenen uygun gecikme uzunluğu göz önünde bulundurularak değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı incelenmiştir. Tablo 5'te görüldüğü üzere, modelde hesaplanan F istatistik değeri %5 önem düzeyinde üst sınır değerinden büyük ( $4,51 > 3,38$ ) olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilmiş, yani değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğuna karar verilmiştir.

**Tablo 5. Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları**

Uygun Gecikme Uzunluğu	(1, 0, 1, 2, 0, 0)		
F İstatistik Değeri	4,5198		
Önem Düzeyi	Alt Sınır	Kritik Değer	Üst Sınır
% 5	2,39		3,38
Tanısal Testler	İstatistikler		P Değeri
Breusch-Godfrey LM Testi	0,6807		0,5203
Breusch-Pagan-Godfrey Testi	0,6683		0,7268
Jarque-Bera Testi	0,7062		0,7024
Ramsey Reset Testi	0,0048		0,9451

Tahmin edilen ARDL (1, 0, 1, 2, 0, 0) modeli için tanısal test sonuçları da Tablo 5'te sunulmuştur. Breusch-Godfrey LM test istatistiğine ait  $p$  (0,5203) ve Breusch-Pagan-Godfrey test istatistiğine ait  $p$  (0,7268) değerleri 0,05'ten büyük oldukları için modelde sırasıyla otokorelasyon (ardışık bağımlılık) ve değişen varyans sorununun olmadığı ifade edilebilir. Jarque-Bera test istatistiğine ait  $p$  değerinin (0,7024) ve Ramsey Reset test istatistiğine ait  $p$  değerinin (0,9451) 0,05'ten büyük olması ise sırasıyla hata terimlerinin normal dağılım sergilediği ve model kurma hatasının olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca tahmin edilen ARDL modelinin kararlılığını incelemek ve modelde yapısal kırılma olup olmadığını araştırmak için CUSUM ve nispeten daha hassas olan CUSUM-SQ testleri kullanılmıştır (Coskun ve Eygü, 2020).



**Grafik 1. Toplam Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği**

Grafik 1 incelendiğinde, CUSUM ve CUSUM-SQ testi sonuçlarına göre model artıklarının %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içinde kaldığı görülmektedir. Bu durum ARDL modelindeki parametrelerin kararlı olduğu ve modelde yapısal değişimin olmadığı şeklinde ifade edilebilir. Elde edilen tüm bu istatistiki sonuçlar doğrultusunda kısa ve uzun dönem ilişkilerini belirlemek üzere ARDL modeli kurulabileceği belirlenmiştir.

### Uzun Dönem Tahmin Sonuçları

Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı belirlendikten sonra ikinci aşamada uzun dönemli ilişkileri yansıtan parametreler tahmin edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenlere ait uzun dönem katsayıları Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 6. Toplam Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları**

Değişkenler	Katsayılar	t istatistiği	p değeri
LOEF	-0,1146	-2,8714	0,0102
LGSYH	0,3870	2,6993	0,0147
KO	0,1038	10,2292	0,0000
LYEKKG	-0,3173	-6,8644	0,0000
LTOS	0,4245	2,4990	0,0224
C	-3,7464	-1,2152	0,2400
R <sup>2</sup> : 0,999	DW: 2,24	F ist: 4076,483	p (F ist): 0,000



Tablo 6 incelendiğinde, uzun dönemde ortalama elektrik fiyatı ile toplam elektrik talebi arasında %5 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ( $p<0,05$ ) ve iktisadi beklentilere uygun (negatif) bir ilişki olduğu görülmektedir. Çalışma dönemi içerisinde toplam elektrik talebinin fiyat esnekliği -0,1146'dır. Başka bir ifadeyle, toplam elektrik fiyatında meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem toplam elektrik talebinde yaklaşık %0,12 azalışa (veya artışa) neden olduğu söylenebilir. Modelde toplam elektrik talebi ile gayrisafi yurtiçi hâsıla arasında ise %5 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ( $p<0,05$ ) ve beklenildiği gibi pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Uzun dönemde gelir esnekliği 0,3870 olup, bu sonuç toplam elektrik talebinin uzun vadede gelirdeki değişikliklere nispeten duyarlı olmadığı anlamına gelmektedir. Diğer bir deyişle, gelirden meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem toplam elektrik talebini yaklaşık %0,39 artırdığı (veya azalttığı) ifade edilebilir. Bu durum elektrik talebinin uzun vadede elektrik fiyatı ve gelirdeki değişiklikler açısından pek esnek olmadığını anlamına gelebilir. Elektrik talebinin, genel anlamda temel bir ihtiyaç olması bakımından bu durum beklenebilecek bir sonuçtur. Bunun bir başka nedeni olarak elektriğin ikame enerji eksikliği gösterilebilir. Bu durum, elektrik fiyatı veya gelirdeki değişiklikler karşısında, ikame imkânının olmaması nedeniyle elektrik tüketimine devam edileceği şeklinde yorumlanabilir.

Toplam elektrik talebini en çok etkileyen faktör 0,4245 katsayısı ile temmuz ayı ortalama sıcaklık değişkenidir. Bu değişken, bağımlı değişken toplam elektrik talebi ile aynı yönlü ve %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ( $p<0,05$ ) bir ilişkiye sahiptir. Bu sonuç, hava koşullarının toplam elektrik talebi üzerinde önemli bir etkisi olduğu şeklinde yorumlanabilir. Elektrik, konutlarda sıcaklığın yüksek olduğu yaz aylarında serinleme (klima) amaçlı yoğun bir şekilde kullanılmakta iken, sanayide ise endüstriyel makinelerin çalışması nedeniyle yüksek ortam sıcaklığı ve iç havayı temizlemek için havalandırma amaçlı ve endüstriyel soğutucu olarak kullanılmaktadır. Diğer sektörlerde bu amaçlarla kullanım oranı nispeten daha az olduğu için bu sektörlerdeki elektrik talebi üzerinde hava koşullarının daha az etkili veya etkisiz olduğu söylenebilir. Genel anlamda elektriğin bahsi geçen amaçlar için kullanımının özellikle yaz aylarında toplam elektrik talebini artırdığı ifade edilebilir.

Ekonomik gelişimin bir göstergesi olarak modele dâhil edilen kentleşme oranı değişkeninin 0,1038 katsayı değerine ve  $p$  değerine bakılarak toplam elektrik talebi ile kentleşme oranı arasında iktisadi açıdan pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki ( $p < 0,01$ ) olduğu söylenebilir. Ekonomik gelişime paralel olarak artan teknolojik gelişmeler ve buna bağlı olarak elektrikli aletlerin çeşitliliği ve kullanımı ne kadar artarsa, elektrik talebinin o kadar artacağı şeklinde yorumlanabilir. Doğalgazın hemen hemen tüm sektörlerde kullanıldığı göz önüne alınarak, toplam elektrik talebi modelinde elektrik yerine ikame yakıt olarak doğalgaz fiyatı da bağımsız değişken olarak modele katılmış ancak istatistiki açıdan anlamlı olmadığından modelden çıkarılmıştır. Bu durumda doğalgazın bir bütün olarak elektriğin yerini tutmadığı ifade edilebilir.

Yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla modele bağımsız değişken olarak dâhil edilen yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün toplam elektrik talebi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu anlamda elde edilen sonuca göre (-0,3173), yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile toplam elektrik talebi arasında negatif yönlü ve istatistiki açıdan %1 önem düzeyinde ( $p < 0,01$ ) anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre, yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünde meydana gelen %1’lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem toplam elektrik talebinde yaklaşık %0,32’lik bir azalışa (veya artışa) neden olduğu ifade edilebilir. Bu sonuç yenilenebilir enerji kaynaklarının gerek yüksek maliyete ihtiyaç duyan teknolojiler gerekse geliştirilen politikaların eksik ve yetersiz oluşu gibi nedenlerden dolayı ülkemizde henüz istenilen düzeyde kullanılmadığı şeklinde yorumlanabilir.

### **Kısa Dönem Tahmin Sonuçları**

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin katsayıları tahmin edilip ve katsayılar hakkında değerlendirmeler yapıldıktan sonra, hata düzeltme modeli ile kısa dönem parametreleri tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7’den de görüldüğü gibi kısa dönemde elektrik fiyatı değişkeni, %5 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ( $p < 0,05$ ) olsa da kısa dönem fiyat esnekliği (-0,0455) oldukça küçüktür. Bu sonuç uzun dönemde olduğu gibi tüketicilerin kısa dönemde de elektrik fiyatındaki değişikliklere pek duyarlı olmadıklarını göstermektedir. Modelin kısa dönem gelir esnekliği

(0,5459) olup beklenildiği gibi gelirin toplam elektrik talebini pozitif yönde etkilediği ve bu etkinin istatistiki açıdan %1 önem seviyesinde anlamlı olduğu ( $p<0,01$ ) tespit edilmiştir. Buna göre, gelirden meydana gelecek %1'lik bir artışın (veya azalışın), kısa dönem toplam elektrik talebini yaklaşık %0,55 artırdığı (veya azalttığı) söylenebilir. Bu sonuçlar toplam elektrik talebinin fiyat ve gelirdeki değişimler açısından kısa dönemde de pek esnek olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

**Tablo 7. Toplam Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları**

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>t istatistiği</i>	<i>p değeri</i>
<i>D(LOEF)</i>	-0,0455	-2,4561	0,0244
<i>D(LGSYH)</i>	0,5459	9,9359	0,0000
<i>D(KO)</i>	0,0198	0,7909	0,4393
<i>D(KO(-1))</i>	-0,1156	-3,8427	0,0012
<i>D(LYEKKG)</i>	-0,1701	-3,6486	0,0018
<i>D(LTOS)</i>	0,2059	3,5773	0,0022
<i>HDT (-1)</i>	-0,5510	-8,5039	0,0000

Kısa dönemde 0,2059 katsayısı ile temmuz ayı ortalama sıcaklık değişkenini toplam elektrik talebiyle aynı yönlü bir ilişkiye sahip ve istatistiki açıdan anlamlıdır ( $p<0,01$ ). Bu durumda, hava koşullarının kısa dönemde de toplam elektrik talebini etkilediği söylenebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değişkeninin toplam elektrik talebi üzerindeki etkisi kısa dönemde de uzun dönem bulgularını destekler niteliktedir. Bu anlamda elde edilen sonuç (-0,1701) yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile toplam elektrik talebi arasında kısa dönemde de negatif ve istatistiki açıdan %1 önem düzeyinde ( $p<0,01$ ) anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. 0.0198 katsayı değerine ve  $p$  değerine (0,4393) bakarak toplam elektrik talebi ile kentleşme oranı arasında kısa dönemde istatistiksel olarak %10 önem düzeyinde dahi anlamlı ( $p> 0,10$ ) bir ilişki olmadığı görülmektedir.

Hata düzeltme terimi katsayısının (-0,5510) işareti beklenildiği gibi negatif ve istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde ( $p<0,01$ ) anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, kısa dönem toplam elektrik talebinde meydana gelecek olağanüstü bir durum veya dengesizliğin (politika değişikliği, doğal afetler gibi etkenlerden kaynaklanan) her yıl %55'lik kısmının düzeltilerek uzun dönem dengesinin sağlanabileceğini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, bu dönemde yaşanacak bir şokun yaklaşık 1,8 yıl sonra atlatılabileceği söylenebilir.

## Öngörü Sonuçları

Son olarak Türkiye’nin toplam elektrik talebiyle ilgili 2019-2023 dönemi için baz, düşük ve yüksek senaryo varsayımlarından hareketle öngöründe bulunulmuştur. Senaryolarımızın temel çıkış noktasını Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın 2019-2023 stratejik planı çerçevesinde hedeflenen yenilenebilir enerji politikaları oluşturmaktadır. Toplam elektrik talebine ilişkin senaryolar Tablo 8’de özetlenmiştir.

**Tablo 8. Toplam Elektrik Talebi Senaryoları**

Senaryo	YEKKG	OEF	GSYH	TOS	KO
<i>Düşük</i>	%4,3				
<i>Baz</i>	ETKB	8,40	IMF	25,2	1
<i>Yüksek</i>	%8,8	(pence/kWh)	(%)	(°C)	(%)

Tablo 8’e bakıldığında, ilk aşamada baz senaryo olarak ETKB tarafından hazırlanan 2019-2023 stratejik planında yer alan YEKKG hedefleri kullanılmıştır. Düşük senaryoda çalışmanın kapsadığı zaman aralığında yenilenebilir enerji politikalarının uygulanmadığı 1988-2004 dönemi içerisinde YEKKG’deki ortalama artış oranı (%4,3) 2018 yılı temel alınarak her yıl için kullanılmıştır. Yüksek senaryoda ise çalışmada incelenen dönem içerisinde yenilenebilir enerji politikalarının uygulanmaya başlandığı ve devam ettiği 2005-2017 yılları arasında YEKKG’deki ortalama artış oranı (%8,8) her yıl için uygulanmıştır. Senaryoların ikinci aşamasında, OEF (8,40) ve TOS (25,2) için örneklem döneminin son beş yıl ortalama değerleri öngörü döneminin her yılı için sabit alınmıştır. Bağımsız değişkenlerden GSYH için, IMF tarafından yayınlanan 2019-2023 dönemi için Türkiye’nin reel GSYH’sindeki tahmini büyüme oranları kullanılmıştır. KO değişkeni için ise örneklem dönemindeki son beş yıllık ortalama %1 artış oranı öngörü döneminde her yıl için uygulanmıştır. Bu senaryolar doğrultusunda Türkiye’nin toplam elektrik talebi için yapılan öngörü sonuçları Tablo 9’da sunulmuştur.

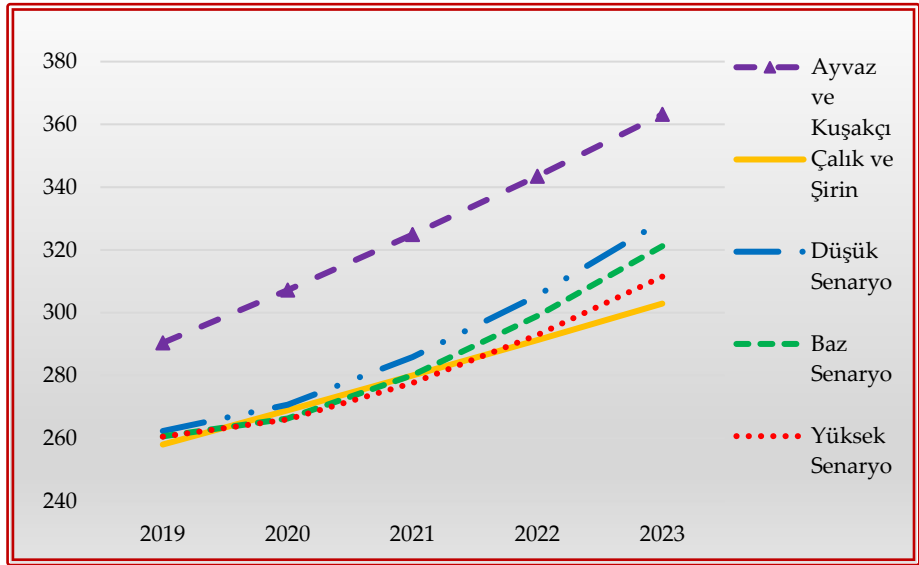
Tablo 9’da görüldüğü üzere, Türkiye’nin toplam elektrik talebi 2018 yılında 258.232 GWh’dır. Öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değer için düşük senaryo için %27,5 artışla 329.217 GWh, baz senaryo için %24,4 artışla 321.294 GWh ve yüksek senaryo için %20,6 artışla 311.553 GWh olacağı tahmin edilmiştir.

**Tablo 9. Toplam Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları**

Senaryolar	Düşük Senaryo		Baz Senaryo		Yüksek Senaryo	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
2018	258.232 *		258.232 *		258.232 *	
2019	262.365	2	260.687	1	260.522	1
2020	270.733	3	266.384	2	266.054	2
2021	285.969	6	280.119	5	277.686	4
2022	305.540	7	299.050	7	292.946	5
2023	329.217	8	321.294	7	311.553	6
2018	258.232 *	27,5	258.232 *	24,4	258.232 *	20,6
2023	329.217		321.294		311.553	

\* Gerçek Değer

2019-2023 yılları arasında Türkiye geneli elektrik talebi tahmini için bulduğumuz sonuçlar ile karşılaştırabileceğimiz Çalık ve Şirin (2017) ile Ayvaz ve Kuşakçı (2017) çalışmalarının sonuçları Grafik 2’de sunulmuştur.



**Grafik 2. Türkiye Net Elektrik Enerjisi Tüketimi Tahmin Modellerinin Karşılaştırılması**

Çalık ve Şirin (2017), Türkiye'nin net elektrik tüketiminin 2019 yılında 258.070 GWh olacağını, 2023 yılında bu değerın 302.994 GWh olacağını tahmin etmiştir. Ayvaz ve Kuşakçı (2017), yaptıkları çalışma sonucunda 2019 yılında Türkiye'nin net elektrik tüketiminin 290.494 GWh olacağını

öngörürken, 2023 yılında ise 363.247 GWh olacağını tahmin etmiştir. Grafik 2 incelendiğinde, Çalık ve Şirin (2017) çalışması ile mevcut çalışma sonuçlarının yakın olduğu görülürken, Ayvaz ve Kuşakçı (2017) tahminlerinin biraz farklılaştığı (mevcut çalışmanınkinden daha yüksek) olduğu görülmektedir. Bunda çalışmaların kapsam ve yöntem bakımından birbirinden farklılaşmasının etkili olduğu unutulmamalıdır.

## Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada; Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla Türkiye’de elektrik enerjisi talebi incelenmiştir. Bu doğrultuda ilk aşamada, ekonometrik modeller yardımıyla elektrik enerjisi talebi tahmin edilmiş ve ikinci aşamada, Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarını değerlendirmek amacıyla Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın 2019-2023 stratejik planı çerçevesinde hazırlanan senaryolarla 2023 yılına kadar olan dönem için öngörülerde bulunulmuştur.

Mevcut çalışmada öncelikle serilerin durağan olup olmadıkları geleneksel birim kök testlerinden KPSS testi ve yapısal kırılma(lar) içeren birim kök testlerinden ise LS testi ile araştırılmıştır. Her iki birim kök testi sonuçları dikkate alındığında, serilerin bazılarının seviyede  $I(0)$ , bazılarının ise birinci fark değerlerinde  $I(1)$  durağan oldukları belirlenmiştir. Dolayısıyla bu sonuçlar, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin araştırılmasında ARDL yaklaşımının kullanılmasının bu çalışma için uygun bir teknik olduğunu doğrulamaktadır. Seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığı ARDL Sınır Testi Yaklaşımı ile belirlendikten sonra uzun ve kısa dönemde toplam elektrik talebi modellenmiş ve değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkiler ortaya konulmuştur. Son olarak simülasyon yöntemi kullanılarak 2023 yılına kadar düşük, baz ve yüksek senaryolar için toplam elektrik talebi öngörülmüştür.

Çalışmaya konu olan Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla modele bağımsız değişken olarak dâhil edilen yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değişkeninin toplam elektrik talebi modelinde uzun dönem (-0,3173) ve kısa dönem (-0,1701) katsayı değerlerine bakıldığında yenilenebilir enerji politikalarının elektrik talebi üzerinde negatif bir etkisinin olduğu fakat bu etkinin çok yüksek olmadığı söylenebilir. Yenilenebilir enerji sistemleri için yatırım maliyetlerinin

yüksek olması, ülkenin elektrik üretim portföyünde yenilenebilir enerji yatırımları payının henüz istenen seviyede olmaması ve uygulanan teşviklerin yetersizliği mevcut politikaların etkilerinin beklenen oranda olmamasının nedenleri arasında sayılabilir. Türkiye'nin toplam elektrik talebi 2018 yılında 258.232 GWh olarak kaydedilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre 2023 yılında bu değer için %27,5 artışla 329.217 GWh, baz senaryo için %24,4 artışla 321.294 GWh ve yüksek senaryo için %20,6 artışla 311.553 GWh olacağı tahmin edilmiştir. Çalışmada incelenen yüksek senaryo sonuçlarına bakıldığında uygulanan yenilenebilir enerji politikası bağlamında yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücündeki artış ( yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı) ne kadar fazla olursa elektrik talebindeki azalmanın da o kadar fazla olacağı tespit edilmiştir. Bu durum politikaların henüz yeterli seviyede olmadığı tezini destekler niteliktedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları açısından önemli bir potansiyele sahip olan Türkiye'de, bu potansiyelin maksimum seviyede değerlendirilmesi ve ülkenin enerji sorunlarının çözümüne katkı sağlaması adına bazı öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yenilenebilir enerji sabit fiyat garantisi kapsamındaki fiyatlandırmalar, yatırımcıların teşvik edilmesi ve fosil yakıtlarla rekabetin sağlanması adına artırılabilir. Özel sektörün bu alanda yapacağı yatırımlar için sübvansiyon, düşük faizli kredi, vergi muafiyeti gibi uygulamalar getirilebilir.
- Ulaşım sektöründe yenilenebilir enerjiye dayalı ulaşım modeli geliştirilebilir. Bu amaçla gerekli altyapının geliştirilmesi kapsamında yerli elektrikli araçların kullanımı ve bu araçların şarj vb. altyapı tahsisinin araç piyasasıyla paralel gelişimi sağlanabilir.
- Lisanslama, plan, proje ve yatırım faaliyetleri açısından sektörün gelişiminde yavaşlamaya neden olan bürokratik engeller azaltılabilir.
- Üniversiteler vb. kuruluşlar aracılığıyla sektördeki AR-GE çalışmalarını artırılabilir ve yeni projeler geliştirilebilir. Mühendislik ve mimarlık fakültelerinde yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanmasında teknik ve mimari uygulama dersleri açılabilir. Sektör yatırımcılarına yönelik eğitimler verilebilir.
- Kamu binalarında, yeni yerleşim birimlerinde ve yapılan kentsel dönüşüm uygulamalarında enerji verimliliği adına yeni ve mevcut binalar için zorunlu bir düzenleme getirilebilir. Isıtma, soğutma ve

elektrik ihtiyacını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayan konut ve özel işyerlerine vergi indirimini vb. teşvikler uygulanabilir.

- Yenilenebilir ve termik enerji kaynaklarının ikili veya daha fazla olarak kullanımına imkân sağlayan hibrit teknoloji (birden çok kaynaklı elektrik üretim tesisi) santral türleri artırılarak verimlilik artışı ve enerjinin sürdürülebilirliği sağlanabilir. Öyleki RES (Rüzgâr Enerji Santrali)’lerin geceleri GES (Güneş Enerji Santrali)’lerin ise gün içerisinde daha fazla üretim yapmalarına bağlı olarak rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin hibrit çalışması dünya genelinde yaygın görülen bir teknolojidir.
- Çok büyük alanlar kullanılarak inşa edilen rezervuarlı HES (Hidroelektrik Santrali)’lerde bu alanlara hem saha tipi güneş santralleri hem de baraj gölü üzerine kurulacak güneş santralleri ile HES+GES olarak hibrit teknolojisi değerlendirilebilir. Gündüz saatlerinde GES, akşam saatlerinde HES çalıştırılarak, güneş panellerinin soğukta daha verimli çalışmaları sayesinde baraj gölü üzerine kurulacak güneş panellerinden alınan verim artabilir ve buharlaşma azaltılarak baraj gölü suyunun azalması önenebilir. Ayrıca yaz mevsiminde yağışların azalmasıyla elektrik üretiminin azaldığı HES’lerde bu açığı, güneşlenme süresinin artmasına bağlı olarak üretimi artan GES’ler kapatılabilir.



EXTENDED ABSTRACT

## **Electricity Demand Forecasting to Based Renewable Energy in Turkey by Simulation Approach**

\*

Fatih Soğukpınar- Gökhan Erkal- Hüseyin Özer  
*Atatürk University*

Energy, which is a indispensable need for people to continue their lives, forms the basis of the country's economies. Energy supply security and effective use of energy are of vital importance for economic development and sustainability. From past to present, most of the world's energy needs are obtained from non-renewable (fossil fuel) energy sources (coal, oil and natural gas). However, after the 1973 oil crisis, these energy resources faced the problem of supply security. In this process, renewable energy sources have come to the fore as an alternative to fossil fuels.

When analyzed by separating into energy components, it is seen that electricity is the highest quality energy component and its share in energy consumption is increasing rapidly. As an indispensable tool in the realization of economic activities, the production and consumption of electrical energy is increasing depending on the development of countries. From this point of view, electrical energy demand plays an important role in the realization of both production and consumption activities and is accepted as an important variable that affects the economy of countries. Since electrical energy cannot be stored, it is a type of energy that must be consumed as soon as it is produced. Due to this unique structure of electrical energy, the production-consumption balance is of great importance. In this context, the demand analysis of energy resources has a great importance in determining the energy policies of countries.

Renewable energy resources are energy resources that are readily available in nature and can renew themselves in a short time, in short, have a sustainable feature. Turkey has a rich potential in terms of renewable energy sources due to its geographical location. However, Turkey uses only hydraulic energy resources from these resources intensively and meets the rest of its energy needs from fossil fuel energy resources, dependent on foreign sources. The limited potential of these consumed fossil resources and the

environmental problems they create have led especially the countries that are dependent on foreign sources, for these resources, to alternative domestic and renewable resources. Many countries apply various policies in order to make the use of renewable energy sources more widespread and different incentive methods to realize these policies.

This study aims to contribute to the country's future plans, programs and policies, assessing by simulation method the renewable energy policies implemented in Turkey. In the study, Turkey's renewable energy policies were evaluated by the total electricity energy demand forecast, covering the period 2019-2023. For this purpose, firstly, long-and short-term relationships were examined with Autoregressive Distributed Lag Boundary Test approach. Then, a forecast was made until the end of 2023 with the simulation approach based on low, base and high scenarios, prepared within the framework of the 2019-2023 Strategic Plan of the Ministry of Energy and Natural Resources.

In the current study, which covers the period of 1988-2017, the data are annual and mainly consist of the factors affecting the electrical energy demand. In the study, firstly, whether the series are stationary or not was investigated with both conventional and unit root tests that allow structural breaks. The KPSS test, which is one of the traditional unit root tests, and the LS test, which is one of the unit root tests that allow structural break, were used. When the results of both unit root tests were examined, it was determined that some of the variables were  $I(0)$  and some were  $I(1)$ . Therefore, these results confirm that the use of ARDL approach is a suitable method for this study in investigating long-term relationships between variables.

In Turkey's total electricity demand model, as the first step of the ARDL model, the maximum delay number was determined as 2 to determine the appropriate delay length and the variables were tested with different delay combinations. According to the information criterion (SIC) used in this study, the ARDL (1, 0, 1, 2, 0, 0) model was estimated as the most appropriate model. Since the F statistical value calculated in the model is greater than the upper limit value at the 5% significance level, the null hypothesis stating that there is no cointegration relationship between the variables was rejected, that is, it was decided that there was a cointegration relationship between the variables.

When the diagnostic test results for the estimated ARDL (1, 0, 1, 2, 0, 0) model were examined, it was determined that there was no autocorrelation and heteroscedasticity problem in the model, the error terms exhibited normal distribution, and there was no functional form error. In addition, according to the results of the CUSUM and CUSUM-SQ tests performed to examine the stability of the estimated ARDL model and to investigate whether there is a structural break in the model, it was determined that the model residuals remained within the critical limits at the 5% significance level, so the model parameters were stable and there was no structural change in the model. In line with the determination of the cointegration relationship and all these statistical results obtained, the long-run and short-run electricity demand was modeled and the long-run and short-run relationships between the variables were determined.

Considering the long-run (-0.31) and short-run (-0.17) coefficient values in the total electricity demand model of the installed capacity of renewable energy resources, which is included in the model as an independent variable, in order to evaluate the renewable energy policies implemented in Turkey, which is the subject of the study, can be said that policies have a negative effect on electricity demand, but this effect is not very high. Finally, in the light of the low, base and high scenarios created, electricity demand forecasts were made for the 2019-2023 period. Turkey's total electricity demand was recorded as 258,232 GWh in 2018. According to the results obtained from the study, it is forecasted that this value will be 329,217 GWh with an increase of 27.5% for the low scenario, 321,294 GWh with an increase of 24.4% for the base scenario, and 311.553 GWh with an increase of 20.6% for the high scenario in 2023. Considering the scenario results examined in the study, it has been determined that the higher the increase in the installed capacity of renewable energy resources (the rate of use of renewable energy resources) in the context of the renewable energy policies implemented, the more the decrease in electricity demand will be. This situation supports the thesis that the policies are not yet at a sufficient level.

## Kaynakça/References

- Akan, Y. ve Tak, S. (2003). Türkiye elektrik enerjisi ekonometrik talep analizi. *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 17(1-2), 21-49.
- Akdağ, V. ve Gözen, M. (2019). Yenilenebilir enerji projelerine yönelik güncel yatırım ve finansman modelleri: Seçilmiş ülke örnekleri üzerinden bir değerlendirme. *Izmir Democracy University Social Sciences Journal*, 2(2), 138-172.
- Alrikabi, N. Kh. M. A. (2014). Renewable energy types. *Journal of Clean Energy Technologies*, 2(1), 61-64.
- Anatürk, Ş. ve Özata, E. (2019). Türkiye’de yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ekonometrik analizi. *The Journal of International Social Research*, 68(12), 1018-1030.
- Aslani, A., Helo, P. ve Naaranoja, M. (2014). “Role of Renewable Energy Policies in Energy Dependency in Finland: System Dynamics Approach”. *Applied Energy*, 113, 758-765.
- Bağcı, E. (2019). “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli, Üretimi, Tüketimi ve Cari İşlemler Dengesi İlişkisi”. *R&S-Research Studies Anatolia Journal*, 2 (4), 101-117.
- Bakırtaş, T., Bildirici, M. ve Karbuç, S. (2000). An econometric analysis of electricity demand in Turkey. *METU Studies in Development*, 27(1-2), 23-34.
- Coşkun, H. ve Eygü, H. (2020). Ar-ge harcamaları ve ihracat ilişkisinin incelenmesi: Türkiye örneği. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(İİB), 233-242.
- Çınar, S. ve Yılmaz, M. (2015). Yenilenebilir enerji kaynaklarının belirleyicileri ve ekonomik büyüme ilişkisi: Gelişmekte olan ülkeler örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 30(1), 55-78.
- Demir, Y. ve Görür, Ç. (2020). OECD ülkelerine ait çeşitli enerji tüketimleri ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin panel eşbütünleşme analizi ile incelenmesi. *Journal of Econometrics and Statistics*, 32, 15-33.
- Dilaver, Z. and Hunt, L. C. (2011). Turkish aggregate electricity demand: An outlook to 2020. *Energy*, 36 (11), 6686-6696.
- Ekinci, F. (2019). YSA ve ANFIS tekniklerine dayalı enerji tüketim tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 1029-1044.
- Erdogdu, E. (2007). Electricity Demand Analysis Using Cointegration and ARIMA Modelling: A Case Study of Turkey. *Energy Policy*, 35(2), 1129-1146.

- Esen, Ö. (2013). *Sürdürülebilir büyüme bağlamında Türkiye'nin enerji açığı sorunu: 2012-2020 dönemi enerji açığı projeksiyonu*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- ETKB (2019). [https://sp.enerji.gov.tr/ETKB\\_2019-2023\\_Stratejik\\_Planı.pdf](https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019-2023_Stratejik_Planı.pdf) (Erişim tarihi: 10.11.2019).
- Flora, A., Özenç, B. and Wynn, G. (2019). Yeni teşvikler Türkiye'nin çatı tipi güneş enerjisi sektörünü aydınlatıyor. *Institute for Energy Economics and Financial Analysis*. Erişim adresi: [https://ieefa.org/wp-content/uploads/2019/12/TR\\_New-Incentives-Brighten-Turkey-Rooftop-Solar-Sector\\_December-2019.pdf](https://ieefa.org/wp-content/uploads/2019/12/TR_New-Incentives-Brighten-Turkey-Rooftop-Solar-Sector_December-2019.pdf)
- Gorjian, S. (2017). An Introduction to the Renewable Energy Resources. *Tehran: Tarbiat Modares University Mechanical & Biosystems Eng. Dep.* Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/publication/317561674\\_An\\_Introduction\\_to\\_the\\_Renewable\\_Energy\\_Resources](https://www.researchgate.net/publication/317561674_An_Introduction_to_the_Renewable_Energy_Resources)
- IEA (2020). <https://www.iea.org/data-and-statistics/> (Erişim tarihi: 17.02.2020).
- IMF (2019). IMF Country Report No. 19/395. (Erişim tarihi: 30.12.2019).
- Karagöl, E., Erbaykal, E. ve Ertuğrul, H.M. (2007). Türkiye'de Ekonomik Büyüme İle Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8(1), 72-80.
- Kaynar, O., Yüksek, A.G. ve Demirkoparan, F., (2016). Genetik Algoritma İle Eğitilmiş Destek Vektör Regresyon Kullanılarak Türkiye'nin Elektrik Tüketim Tahmini. *İktisat Fakültesi Mecmuası*, 66(2), 45-60.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P.C.B., 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.
- Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2003). Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Test with Two Structural Breaks. *The Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1082-1089.
- Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2004). "Minimum LM Unit Root Test with One Structural Break". Appalachian State University, Boone, NC.
- MGM (2020). <https://www.mgm.gov.tr> (Erişim tarihi: 25.01.2020).
- Nwulu, N.I. ve Agboola, O.P. (2011). Utilizing Renewable Energy Resources to Solve Nigeria's Electricity Generation Problem. *Int. J. of Thermal & Environmental Engineering*, 3(1), 15-20.

- Özdemir, A., Pınarlık, M. ve Ercan, E. (2017). Sürdürülebilir Binalar İçin Dünyada Uygulanan Devlet Teşvikleri ve Uygulamaların İncelenmesi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı*, 10(1), 52-60.
- Özger, Y.E., Akpınar, M., Musayev, Z., Yaz, M., (2019). Electrical Load Forecasting Using Genetic Algorithm Based Holt-Winters Exponential Smoothing Method. *Sakarya University Journal Of Computer And Information Sciences*, 2(2), 108-123.
- Park, N.B., Yun, S.J. ve Jeon, E.C. (2013). An Analysis of Long-Term Scenarios for the Transition to Renewable Energy in the Korean Electricity Sector. *Energy Policy*, 52, 288-296.
- Perron, P. (1989). The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Econometrica*, 57(6), 1361-1401.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ve Smith, R.J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- TEİAŞ (2019). *Türkiye Elektrik Üretim - İletim İstatistikleri*, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>. (Erişim tarihi: 25.06.2019).
- Türker, L., Köksal, M.A., (2008). Türkiye’nin Uzun Dönem Elektrik Talebi Ve Buna Bağlı CO<sub>2</sub> Emisyonunun Tahmini. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, (822-833), Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- TUİK (2020). <http://www.resmiistatistik.gov.tr/detail/subject/enerji-istatistikleri/> (Erişim tarihi: 11.01.2020).
- Üstün, A.K., Meltem, A., Filik, Ü.B. ve Kurban, M. (2009). Kyoto Protokolü Kapsamında Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Politikalarına Genel Bir Bakış. *YEKSEM 2009 5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, (23-29). Diyarbakır: Emo Yayınları.
- WB (2020). <https://www.worldbank.org/tr/country/turkey>. (Erişim tarihi: 22.01.2020).
- Yeğen, B. (2018). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Gelir Vergisi Esnaf Muafiyeti Uygulaması. *5 th International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS) 26-29 October, 2018, Niğde/Turkey*, 2, 43-49.
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun. (2005). *T.C. Resmi Gazete*, 25819, 10 Mayıs 2005.

- Yiğit, V. (2011). Genetik Algoritma İle Türkiye Net Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2020 Yılına Kadar Tahmini. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(2), 37-41.
- Yumurtacı, Z. ve Asmaz, E. (2004). Electric Energy Demand of Turkey For The Year 2050. *Energy Sources*, 26(12), 1157-1164.
- Yurdadoğ, V. ve Tosunoğlu, Ş. (2017). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Destek Politikaları. *Eurasian Academy Of Sciences Eurasian Business & Economics Journal*, 9, 1-21.
- Zhang, Q., Ishihara, K.N., Mclellan, B.C. ve Tezuka, T. (2012). Scenario Analysis on Future Electricity Supply and Demand in Japan. *Energy*, 38, 376-385.

#### **Kaynakça Bilgisi/Citation Information**

Soğukpınar, F., Erkal, G. ve Özer, H. (2021). Simülasyon Yaklaşımıyla Türkiye'de Yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik talebi öngörüsü. *OPUS– Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 18(42), 5314-5344. DOI:10.26466//opus.899204.