

## **Araştırma Makalesi**

### **Türkiye’de Doğalgaz ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Üretilen Elektrik Arasındaki İlişki: 2009:01-2019:08**

*The Time Series Determined By Analysis of The Relationship Between Natural Gas And Electricity Produced From Renewable Energy Sources in Turkey: 2009: 01-2019: 08*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Selim GÜNDÜZ</b><br>Dr. Öğretim Üyesi, Adana Alparslan Türkeş<br>Bilim ve Teknoloji Üniversitesi<br>İşletme Bölümü<br><a href="mailto:sgunduz@atu.edu.tr">sgunduz@atu.edu.tr</a><br><a href="https://orcid.org/0000-0001-5289-6089">https://orcid.org/0000-0001-5289-6089</a> | <b>Hüseyin ATAŞ</b><br>Doktora öğrencisi, Adana Alparslan Türkeş<br>Bilim ve Teknoloji Üniversitesi<br>Sosyal Bilimler Enstitüsü<br><a href="mailto:hatasphd@gmail.com">hatasphd@gmail.com</a><br><a href="https://orcid.org/0000-0003-3201-7360">https://orcid.org/0000-0003-3201-7360</a> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                             |                                      |                                   |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Makale Gönderme Tarihi</b><br>24.07.2020 | <b>Revizyon Tarihi</b><br>15.11.2020 | <b>Kabul Tarihi</b><br>11.12.2020 |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|

## **Öz**

*Bu çalışmada Türkiye’nin 2009:01-2019:08 dönemi doğalgazdan ürettiği elektrik miktarı ile yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyoyakıtlardan ürettiği elektrik miktarı arasındaki ilişki ele alınmıştır. Türkiye’nin doğalgazdan ve yenilenebilir kaynaklardan ürettiği elektrik ilişkisini tespit etmek amacıyla serilere önce birim kök testleri yapılmış, VAR modeli tahmin edilmiş ve Johansen eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Ayrıca Hata Düzeltme Modeli, Varyans Ayrıştırma, Etki-Tepki analizleri de yapılmıştır. Bulgular, hidroelektrik ve biyoyakıtlardan elektrik üretimi ile doğalgazdan elektrik üretiminin pozitif, rüzgâr ile jeotermal enerji üretimi ile ise negatif bir ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bulguların Türkiye’nin elektrik üretiminde doğalgaz kullanım oranını %30’un altına çekme hedefi ve Kyoto protokolünün çevresel hedeflerine ulaşma doğrultusunda veri olması beklenmektedir.*

**Anahtar kelimeler:** Yenilenebilir enerji, doğalgaz, elektrik üretimi, Johansen eşbütünleşme, VAR analizi

## **Abstract**

*In this study, Turkey's 2009: 01-2019: 08 period with the amount of electricity from renewable energy sources wind produced from natural gas, hydropower, it is considered the relationship between the amount of electricity generated from geothermal and biofuels. Turkey natural gas and electricity from renewable sources produced by the correlation unit roots tests before the series to determine the VAR model was estimated and Johansen cointegration test. In addition, Error Correction Model, Variance Decomposition, Effect-Response analysis were also performed. The findings show that electricity production from hydroelectricity and biofuels and electricity from natural gas have a positive relationship and wind and geothermal energy production have a negative relationship. Findings of Turkey's goal of pulling the gas utilization rate below 30% in electricity production and in the direction of achieving the environmental objectives of the Kyoto Protocol is expected to be data.*

**Keywords:** Renewable energy, Electricity production, Johansen cointegration, Natural gas, VAR analysis

## **Önerilen Atıf /Suggested Citation**

Gündüz, S., Ataş, H. 2020 Türkiye’de Doğalgaz ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Üretilen Elektrik Arasındaki İlişki: 2009:01-2019:08, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(4), 2770-2789

## Giriş

Türkiye’deki önemli gider kalemlerinden birisi de enerji ithalatıdır. Türkiye’nin doğalgaz tedarikçilerinden Rusya ile yaşadığı 2015 yılındaki uçak krizi ve petrol tedarikçilerinden olan Irak’ın kuzey bölgesinde yaşanan siyasi belirsizlikler enerji arz güvenliğinin tartışılmasına sebep olmuştur. Yaşanan bölgesel gelişmeler enerji arz güvenliğinin siyasi sonuçları da olabileceğini göstermiştir. Enerji arz güvenliğini sağlamak ve enerji ithalatından kaynaklanan cari açığı azaltmak isteyen Türkiye, sahip olduğu yeraltı kaynaklarına ile güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyoyakıt gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Türkiye enerjide dışa bağımlılığı iktisadi ve siyasi bakımdan azaltmak için, özellikle elektrik üretiminde yenilenebilir enerji santrallerine ciddi kapasite yatırımı yapmaktadır. Bu kapasite yatırımları 2019’da çarpıcı sonuçlara neden olmuştur. 2023 hedefleri kapsamında belirlenen, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimini %30’a yükseltme amacına 2019’da ulaşılmıştır. 2019’da yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretim oranı yaklaşık %44 olmuştur (TEİAŞ, 2020). Türkiye’nin özellikle santrallerdeki doğalgaz tüketimini azaltma amacının başlıca sebeplerinden birisi enerji maliyetini azaltmaktır. Ancak diğer bir önemli sebep ise Türkiye’nin Rusya’ya olan enerji bağımlılığını azaltmak istemesi ve enerji arzında çeşitlilik yaratarak bu bağımlılığın siyasi bir koz olarak kullanılmasının önüne geçmek istemesidir. Rusya ile Suriye savaşı özelinde yaşanan siyasi çatışmalarda dönem dönem enerji arz güvenliğinin sorgulanması bu niyetten bağımsız değerlendirilmemelidir.

Türkiye’nin yıllık enerji ithalatının bedeli son beş yılda ortalama 45 milyar doların altına düşmemektedir. Enerji için ödenen tutarın yaklaşık %80’i doğalgaz ve petrol ithalatından kaynaklanmaktadır (Bloomberg, 2020). Ayrıca 2004-2016 döneminde Türkiye’nin elektrik tüketimi ikiye katlanmıştır (IEA, 2016). 2015’te tüketime karşılık Türkiye’nin yerel enerji üretimi oranı %24,8 (32.2 Mtoe-Milyon ton eşdeğer petrol)’dir, Türkiye’nin 2020 tahmini ise 222.4 Mtoe’dir. Türkiye’nin 2013’te brüt nihai enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %13,5’tir. 2023’e dek bu oranın %20,5’e ulaşması hedeflenmektedir. Türkiye’nin elektrik üretiminde fosil yakıtların payı 2015’te Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) üyesi ülkeleri arasında en yüksek dokuzuncu sırada yer almıştır (IEA, 2016).

Türkiye 2019’a dek enerji üretiminde doğalgaz kullanım oranını %38’e düşürmeyi hedeflemiş ve bu doğrultuda yatırım planları hazırlayarak gerçekleştirmeye çalışmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010). Türkiye, enerji üretiminde doğalgaz kullanım oranını 2023’te %30’un altına düşürmeyi hedeflemektedir (MENR, 2014). Türkiye’nin doğalgaz tüketimi ile büyüme performansı arasında pozitif ilişki ve doğalgazdan büyümeye doğru nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir (Ataş, 2018). Tespit edilen bu ilişki doğalgazın çevrimiçi santrallerde ve dolaylı olarak üretimde kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

**Tablo 1. Türkiye elektrik üretim istatistikleri 2013-2018**

|                   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Kömür</b>      | 63786  | 76262  | 76165  | 92273  | 97476  | 113248 |
| <b>Katı Yakıt</b> | 1738   | 2145   | 2223   | 1926   | 1200   | 329    |
| <b>Doğalgaz</b>   | 105116 | 120576 | 99218  | 89227  | 110490 | 92482  |
| <b>Atık</b>       | 1171   | 1432   | 1758   | 2371   | 2972   | 3622   |
| <b>Termik</b>     | 171812 | 200416 | 179366 | 185798 | 212138 | 209683 |
| <b>Hidro</b>      | 59420  | 40644  | 67145  | 67230  | 58218  | 59938  |
| <b>Jeotermal</b>  | 1363   | 2363   | 3424   | 4815   | 6127   | 7431   |
| <b>Rüzgar</b>     | 7557   | 8520   | 11652  | 15517  | 17903  | 19949  |
| <b>Güneş</b>      | 0      | 17     | 194    | 1043   | 2889   | 7799   |

Kaynak: TEİAŞ (2020).-

## Literatür

Elektrik üretiminde dünyada en yaygın kullanılan üç kaynak tipi bulunmaktadır: fosil yakıtlar, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji. Gelişmiş ülkelerde elektrik üretiminde nükleer ve yenilenebilir kaynakların payı daha yüksek olsa da az gelişmiş yahut gelişmekte olan ülkelerde halen elektrik üretiminde fosil kaynaklara olan bağımlılık oranı yüksektir. Fosil kaynakların sınırlı oluşu ve arz güvenliği endişesi ülkeleri elektrik üretiminde alternatif kaynaklara yönlendirmiştir. Zira ham petrol ve doğalgaz için kanıtlanmış rezervlerin ömrünün 40-67 yıl arasında olduğu tahmin edilmektedir (BP, 2005).

Sera gazı, atmosferde kızıl ötesi ışınları absorbe ederek atmosferin ısınmasına neden olan gazlara veya bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Başlıca sera gazları, başta Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) olmak üzere, Metan (CH<sub>4</sub>), Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O), Hidroflorür karbonlar (HFCs), Perfloro karbonlar (PFCs), Sülfürhekza florid (SF<sub>6</sub>) gibi gazlardır (Ekolojist, 2019). 2017’de dünyada gerçekleşen sera gazı emisyon miktarı 6,457 milyon ton CO<sub>2</sub>’tir. Seragazı oluşumuna en fazla sebep olan faaliyetler %29 ile ulaşım ve %28 ile elektrik üretimidir. Dünyadaki elektrik üretiminin halen %62.9’u fosil kaynaklardan, kömürden ve doğalgazdan sağlanmaktadır (EPA, 2019). Birim enerji başına doğalgazın sera gazı salınımı, kömüre kıyasla yaklaşık yarısı kadar olsa da (Johnson & Keith, 2004) toplamda doğalgaz kaynaklı sera gazı salınım miktarı oldukça yüksektir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerji ithalat maliyetini azaltmak ve sera gazı emisyonlarını düşürmek amacıyla doğalgazdan elektrik üretimine alternatif kaynaklar ve senaryolar üzerinde çalışılmaktadır (El-Kordy vd., 2002; Zhang vd., 2004; Diakoulaki & Karangelis, 2007; Fthenakis & Kim, 2009; Brand & Missaoui, 2014).

Türkiye’nin komşusu Yunanistan da elektrik üretiminde yüksek oranda doğalgaz kullanımını azaltmayı planlamaktadır. Nitekim Yunanistan’da 1999-2009 döneminde doğalgaz tüketimi 20 kat artmıştır. Yunanistan’da tüketilen doğalgazın %70’i elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Yunanistan’da elektrik üretimi ile ilgili doğalgaz kullanımını azaltabilecek senaryolarda linyit kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları öne çıkmaktadır (Diakoulaki & Karangelis, 2007). Elektrik üretiminde artan doğalgaz kullanım oranları Avrupa ülkelerinin de üzerinde durduğu bir konudur. (Damigos vd., 2009). Tunus’un elektrik üretiminde kaynak dağılım oranı Türkiye’ye benzer bir yapıdadır. Tunus’ta doğalgaz elektrik üretiminde birincil kaynaklar arasında %96’lık bir paya sahiptir. Elektrik üretiminde kaynak çeşitliliği sağlamak isteyen Tunus kömür, nükleer enerji ve yenilenebilir kaynaklara yönelmiştir. 2030’e dek bu ülkede elektrik üretiminde doğalgazın payının %70’e düşürülmesi gerektiği savunulmaktadır (Brand & Missaoui, 2014).

Literatürde elektrik üretiminde doğalgazın diğer kaynaklarla olan ilişkilerini maliyet, sera gazı salınımı, kullanım ömrü gibi başlıklar ile ele alan çok sayıda çalışma bulunmaktadır (An, Li, & Gedra, 2003; Morais & Marangon-Lima, 2003; Sims vd., 2003; Johnson & Keith, 2004; Roth & Ambs, 2004; Wiser vd., 2004; Kannan vd., 2005; Shahidehpour vd., 2005; Tzimas & Peteves, 2005; Fischer, 2006; Unsuhay vd., 2007; K Hossain & Badr, 2007; Morais & Marangon-Lima, 2007; Risto & Aija, 2008; Marrero & Ramos-Real, 2010; Muis vd., 2010; Middleton & Eccles, 2013; Rentizelas & Georgakellos, 2014; Ataş & Güler, 2020)

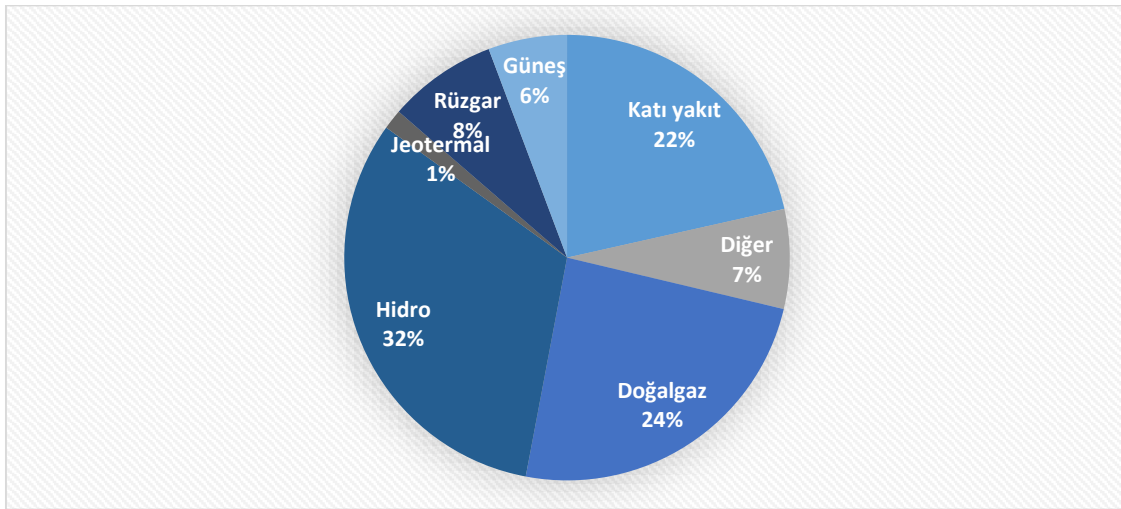
## Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Görünümü

Yenilenebilir enerji kaynakları, 2005’te çıkan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında şu şekilde tanımlanmıştır: “Yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden üretilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarıdır” (Akçay & Bilgin, 2017). Türkiye’de hâlihazırda en fazla üretimi gerçekleştirilen yenilenebilir kaynaklar; hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyoyakıttır.

Türkiye’de artan enerji talebi ve yatırım ihtiyacına paralel olarak enerji, ekonomik ve çevresel hedeflere (3E) ulaşmak önemli bir zorluktur (MENR, 2012). Enerji pazarının serbestleştirilme çabaları, hedeflenen büyümeyi sağlama eğiliminde olsa da rekabetçi piyasa yapısı içerisinde

enerji güvenliğinin ve güvenilirliğinin sağlanması zorluk yaratmaktadır. Türkiye 3E için sürdürülebilir politikalar üretmek ve uygulamak istese de bu hedeflere paralel şekilde ulaşmak pek de kolay değildir. Türkiye parlamentosu 2009’da Kyoto Protokolünü kabul etmiştir. Protokolün ana stratejileri arasında enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir kaynakların daha fazla kullanılması, temiz kömür teknolojileri, enerji-çevre ilişkilerini geliştirme gibi hedefler bulunmaktadır (MENR, 2012). Rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi MWh başına 0,56 Euro maliyeti azaltabilmekte ve yıllık CO<sub>2</sub> salınımını MWh başına 1.24 kton azaltabilmektedir (Delarue vd., 2009). Elektrik üretiminde rüzgâr kullanımı arttıkça CO<sub>2</sub> salınımı da azalmaktadır (Holladay & LaRiviere, 2017). Türkiye’nin Kyoto hedeflerine ulaşabilmesi için rüzgar enerjisi öncelik gerektiren bir yatırım alanıdır.

Türkiye, kuruluşunun 100. Yılı olan 2023 için çeşitli ekonomik, siyasi ve sosyal bazı hedefler belirlemiştir. Bu hedeflerden birisi de elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını %30’un üzerine çıkarmaktır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010). Belirlenen hedef 2023’e ulaşmadan 45 GW ile 2019’da %44’e ulaşarak gerçekleştirilmiştir (TEİAŞ, 2020). 2019’da elektrik üretiminde hidroelektriğin payı %29,4, rüzgâr enerjisi %7,1, güneş enerjisi %3,1, jeotermal enerji %2,7 ve biyoyakıtlar %1,3 olmuştur (GÜYAD, 2020). Şubat 2020 itibarıyla elektrik üretiminde kurulu gücün kapasitesinin yaklaşık %48’i yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. 2023 hedefleri arasında ilk ulaşılan hedef yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili olan elektrik üretim hedefi olmuştur. Bu durum Türkiye’nin yenilenebilir enerji yatırımlarına ne denli önem verdiğinin de kanıtı niteliğindedir. Şekil 1’de Türkiye’nin elektrik üretimi kurulu güç dağılımı verilmiştir.



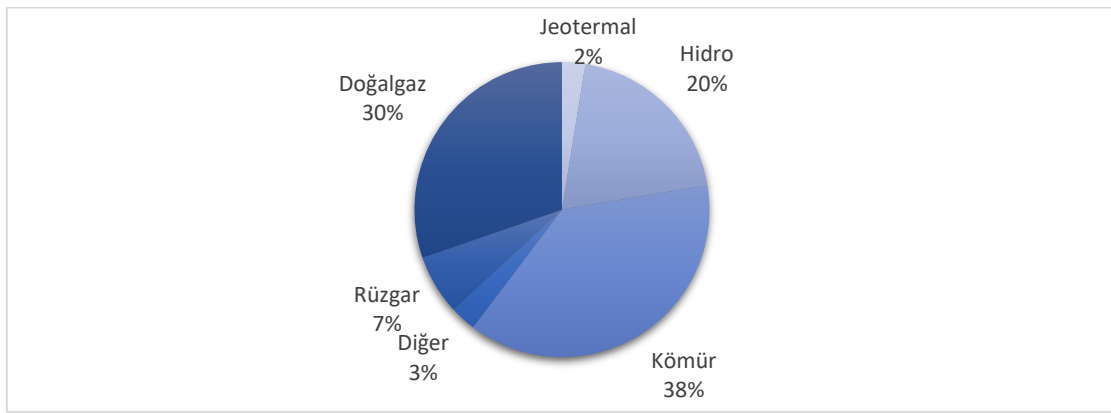
**Şekil 1. Türkiye’nin elektrik üretimi kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı 2018 (MW)**

Kaynak: TEİAŞ (2020)

Türkiye 2019’da ürettiği elektriğin %8’ini rüzgâr enerjisinden elde etmiştir. Elektrik üretiminde rüzgâr enerjisinin payını ise %10’ yükseltmeyi hedeflemektedir. Türkiye rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminde kurulu güç bakımından Avrupa’da 6. Dünyada ise 12. Sırada yer almaktadır. Türkiye 2019’da yenilenebilir kaynaklardan ürettiği elektrik miktarı ile santrallerde kullanılan doğalgaz kullanımını azaltmış ve yaklaşık 3.5 milyar dolar tasarrufta bulunmuştur. Türkiye’nin elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payını artırması ithalat verilerine de yansımıştır. Nitekim Rus doğalgaz şirketi Gazprom’un açıkladığı verilere göre, Türkiye 2018’de 29 milyar metreküp doğalgaz ithal ederken 2019’da bu rakam %35 azalarak 24 milyar metreküpe düşmüştür. Ayrıca 2019’da Türkiye’nin enerji ithalatı için ödediği tutar da düşmüştür. 2018’de 43,5 milyar dolar olan enerji ithalatı, 2019’da %4,2 azalarak 41,1 milyar dolara düşmüştür. Şüphesiz bu değişimde petrol fiyatlarının düşüşü etkili olmuştur ancak doğalgaz ithalatının azalmasının etkisi de yadsınamaz düzeydedir. Bu veriler Türkiye’nin santrallerde tükettiği

doğalgaz ile yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki ilişkinin tespitinin önemini de ortaya koymaktadır (Anadolu Ajansı, 2020).

2019 sonu itibariyle toplam 42 GW yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesine ulaşan Türkiye'nin 2023'e kadar yaklaşık 21 GW'lık yeni kapasite eklemesi öngörülmektedir. 2019-2024 tahmininde hidroelektrik kapasitesinin %11 büyüme ile 31 GW'e yükseleceği, rüzgâr kapasitesinin 5,9 GW, jeotermal 2,1 GW ve biyoenerji kapasitesinin de 1,5 GW aratacağı öngörülmektedir. Türkiye'nin 2024'te yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesini %50 arttırarak 63 GW'ya ulaşacağı, yenilenebilir enerji kapasitesi bakımından da Avrupa'da 5., Dünyada ise 11. en yüksek kapasiteye sahip ülke olacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2019). Türkiye'nin 2020 için tahmin edilen enerji kullanım miktarının 319,5 GWh olacağı ve 2019-2027 döneminde Türkiye'nin enerji talebinin ortalama %4,5 oranında büyüyeceği öngörülmektedir (TEİAŞ, 2018).



**Şekil 2. Kaynak türlerine göre Türkiye'nin elektrik üretimi kurulu güç dağılımı (%) 2018**

Kaynak: EPDK, 2019b.

Türkiye'nin 2020'den sonra yenilenebilir enerji kapasite geliştirme tahminine göre hidroelektrikte sınırlı bir büyüme beklenmektedir (IEA, 2019). Türkiye 2018'de küresel hidroelektrik pazarında Çin, Brezilya ve Pakistan'ın ardından kapasitesini en fazla arttıran (1GW) dördüncü ülke olmuştur. Türkiye 2018'de güneş enerjisi kapasite artışında da Çin'in ardından güneş enerjisi kapasitesini en fazla arttıran ikinci ülke olmuştur. Jeotermal enerji alanında da 2018'de Türkiye, Endonezya ile birlikte kapasitesini en fazla arttıran ülke olmuştur. Türkiye ayrıca dünyada kurulu hidroelektrik güç santralleri içerisinde %3'lük paya sahiptir (REN21, 2019).

#### Türkiye'de Elektrik Üretiminde Doğalgaz Kullanımı

Şekil 2'de Türkiye'nin kaynak türlerine göre elektrik üretim kurulu güç dağılımı verilmiştir. 2018'de Türkiye'de doğalgaz kullanılarak elde edilen elektrik üretim miktarı 25.731,93 MWh olmuştur. Türkiye'nin toplam elektrik üretiminde doğalgazın payı %30,93 olarak gerçekleşmiştir (EPDK, 2019b). Türkiye bu oranla IEA ülkeleri arasında elektrik üretiminde doğalgaz kullanım oranı en yüksek beşinci ülke olmuştur (IEA, 2016). Türkiye'nin tükettiği doğalgaz miktarının yaklaşık %35'i santrallerde elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır (EİGM, 2020). Bu rakam yıl içerisinde bazı aylarda %40 bandını aşabilmektedir. Elektrik enerjisi üretiminde kaynak çeşitliliğini sağlamak kaynakların etkin kullanımı ve dışa bağımlılığın azaltılması açısından önemli bir belirleyicidir. Türkiye, doğalgaz arz güvenliğini sağlamak adına ithalatta tek bir ülkeye bağımlı olmamak için kaynak ülkeleri çeşitlendirme yoluna gitmektedir. Ayrıca yerel ve yenilenebilir kaynakları da etkin kullanabilmek adına elektrik üretiminde doğalgaz tüketim payını azaltmayı hedeflemektedir. Türkiye'nin elektrik üretiminde doğalgazın payını azaltmak için

yöneldiği kaynaklar; yerli kömür rezervleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (rüzgar, güneş, hidroelektrik, jeotermal, biyoyakıt). Nitekim Türk Enerji Bakanlığı 2019 Strateji Belgesinde, 2019’da kömür kaynaklı elektrik üretim miktarının 60 milyar KWh olmasını planlamıştır (MENR, 2014). 2019 sonu itibariyle bu hedefe ulaşılmıştır. Kaynak çeşitliliğini sağlayabilmek adına koyulan hedeflerden diğeri de yenilenebilir enerji kapasitesini geliştirmektir. Enerji güvenliği Avrupa ülkelerinin de gündeminde olan bir konudur. Zira AB’nin gaz ithalatının % 70’i elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır (Damigos vd., 2009). Türkiye’nin sektörlere göre doğalgaz tüketim miktarları Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2’ye göre, 2018 tüketim miktarı önceki yıla göre azalmıştır. Doğalgazın en fazla tüketildiği sektör elektrik üretimini ifade eden dönüşüm sektörüdür. 2018’deki miktarın önceki yıla göre azalmasının en büyük nedeni de elektrik üretimindeki kullanımın azalmasıdır.

**Tablo 2. Türkiye’de sektörlere göre doğalgaz tüketim miktarı (milyon Sm<sup>3</sup>)**

|         | 2017     | 2018     |
|---------|----------|----------|
| Dönüşüm | 20536,52 | 18197,51 |
| Enerji  | 2056,51  | 1735,04  |
| Ulaşım  | 529,42   | 430,5    |
| Servis  | 3725,76  | 4043,15  |
| Hane    | 13514,94 | 12701,85 |
| Diğer   | 121,86   | 232,93   |
| Sanayi  | 13372,13 | 11987,95 |
| TOPLAM  | 53857,14 | 49328,93 |

Kaynak: EPDK (2019a).

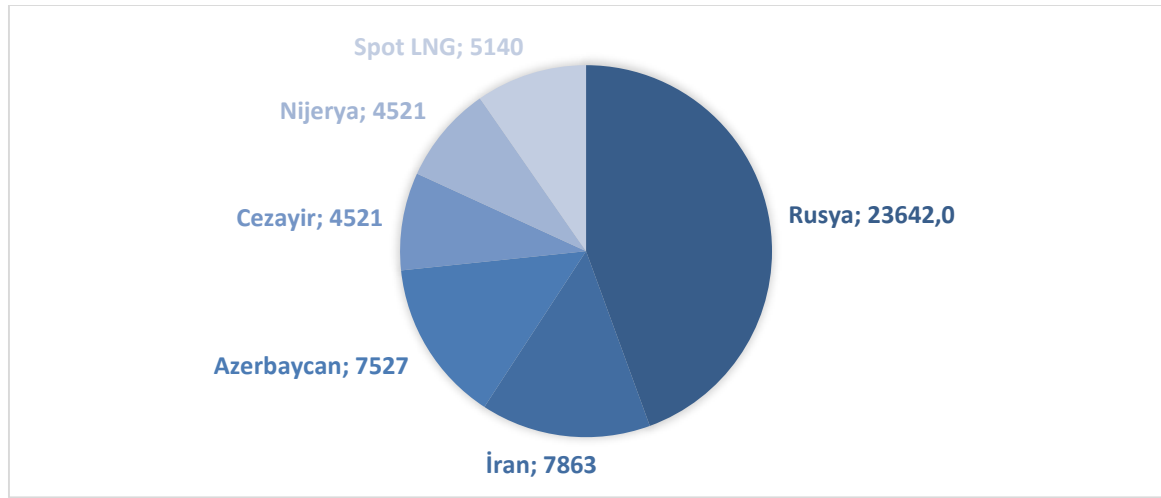
Enerji arz güvenliğinin üretim, ithalat, iletim, dağıtım, depolama ve talebin yönetimi şeklinde çeşitli alt bileşenleri bulunmaktadır. Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2015-2019 Stratejik Planında doğalgaza bağımlı elektrik enerjisi üretim yapısının enerji arz güvenliği bakımından ciddi risk taşıdığı belirtilmiştir. 2019’a dek doğalgazın elektrik üretimindeki payının azaltılması ve doğalgaz ithal edilen kaynak ülkelerin çeşitlendirilmesi planlanmıştır. Elektrik üretiminde doğalgaza alternatif olarak ise yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması gerekliliği belirtilmiştir. Yenilenebilir enerji yatırımlarını arttırmak için teşvik edici sübvansiyon modellerinin sağlanması, iletim altyapısının güçlendirilmesi ve yasal mevzuatın güncellenmesi hedeflenmiştir (MENR, 2014).

Türkiye, doğalgaz piyasasında bölgesel enerji ticaret merkezi (hub) olmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda 2018’de doğalgaz fiyatlandırmasında Türkiye’nin de söz sahibi olmasını sağlayabilecek “Organize Toptan Doğalgaz Satış Piyasası” açılmıştır. Bu borsada şeffaf koşullarda gaz alım-satımı yapılmaktadır. Ayrıca Azerbaycan doğalgazını Türkiye üzerinden Avrupa ülkelerine taşımak amacıyla gerçekleştirilen Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı (TANAP) 2018’de faaliyete geçmiştir. Doğalgazda arz çeşitliliği ve güvenliğini sağlamak için 11 farklı ülkeden LNG temin edilmeye başlanmıştır. Doğalgaz stok seviyesi bağlamında da 2018 en yüksek stok seviyesine ulaşılan sene olmuştur (EPDK, 2019a). Doğalgaz piyasasında kıtalararası iletim hatlarının ortasında bulunan Türkiye jeostratejik bir konuma sahiptir. Türkiye elektrik üretiminde doğalgaz kullanımını azaltmak istese de ısıtmada hanelerin kullanımını yaygınlaştırmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, her ile doğalgaz altyapısının kurulması hedeflenmektedir.

Türkiye 2019’a kadar doğalgaz ithalatında tek bir ülkeye bağımlılığı en fazla %50 seviyesine indirilmesini hedeflemiş, bu hedef doğrultusunda Türkiye’nin doğalgaz ithalatında en yüksek oranda bağımlı olduğu Rusya’nın payı 2016’da %60 iken 2019’un ilk yarısı itibariyle %35’e

düşürülmüştür (Euronews, 2019). Şekil 4’te Türkiye’nin 2018’de doğalgaz ithal ettiği ülkeler ve miktarlar paylaşılmıştır. Türkiye’de yürürlükte bulunan 4646 sayılı Doğalgaz Piyasa Kanununa göre, tüketimin en az %10’u kadar doğalgaz depolama hacmini sağlamak gerekmektedir. Türkiye’nin 2019’e dek ulaşmak istediği hedeflerden birisi de doğalgaz depolama hacmini tüketimin önce %10’una ilerleyen süreçte ise %20’sine denk gelecek şekilde arttırmaktadır (MENR, 2014). Kışın düşen sıcaklıklar ile birlikte doğalgaz tüketimindeki artışlar bu kaynakta mevsimsel dalgalanmalara sebep olmaktadır. Doğalgazın tamamına yakınının ithal ediliyor olması ve doğalgaz temininde kaynaklanabilecek olası riskler karşısında kesintisiz kaynak kullanımı sağlayabilmek için depolama kapasitesi önem arz etmektedir.

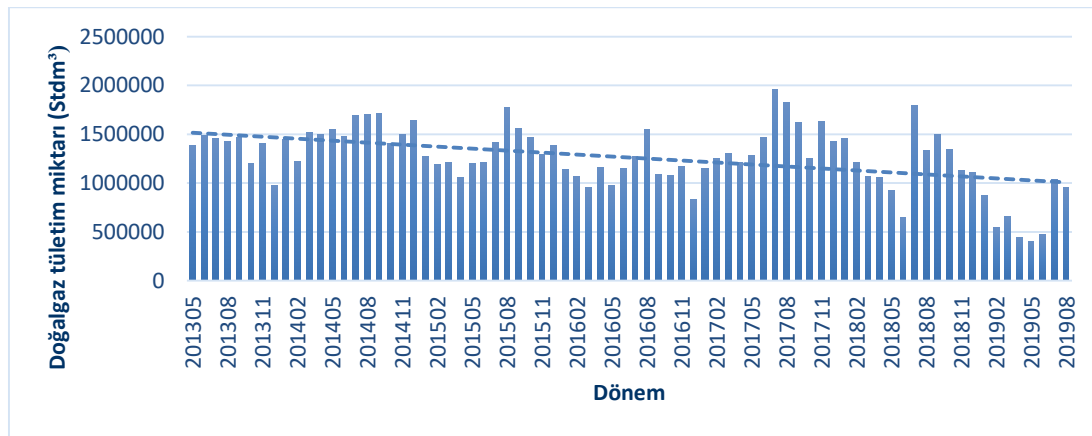
Şekil 3’te Türkiye’nin doğalgaz ithal ettiği ülkeler ve ithalat miktarları verilmiştir. 2018’de en fazla doğalgaz ithal edilen ülke 23.642 milyon metreküp ile Rusya olmuştur.



**Şekil 3. Türkiye’nin doğalgaz ithal ettiği ülkeler ve ithalat miktarları 2018 (Milyon Sm³)**

Kaynak: EPDK (2019a)

Şekil 4’te Türkiye’nin çevrimiçi elektrik santrallerinde tükettiği doğalgaz miktarının aylara göre miktarı verilmiştir. Yaz aylarında elektrik üretimi için doğalgaz tüketiminde bariz artışlar meydana gelmiştir. 2013-2019 arasında ise genel olarak azalış yönünde bir eğilim trendi gözlenmektedir. Bu trend şüphesiz son yıllarda elektrik üretiminde kaynak çeşitliliğini artırma girişimlerinin bir sonucudur.



**Şekil 4. Türkiye'deki enerji santrallerinde tüketilen doğal gaz istatistikleri (Bin Std m³)**

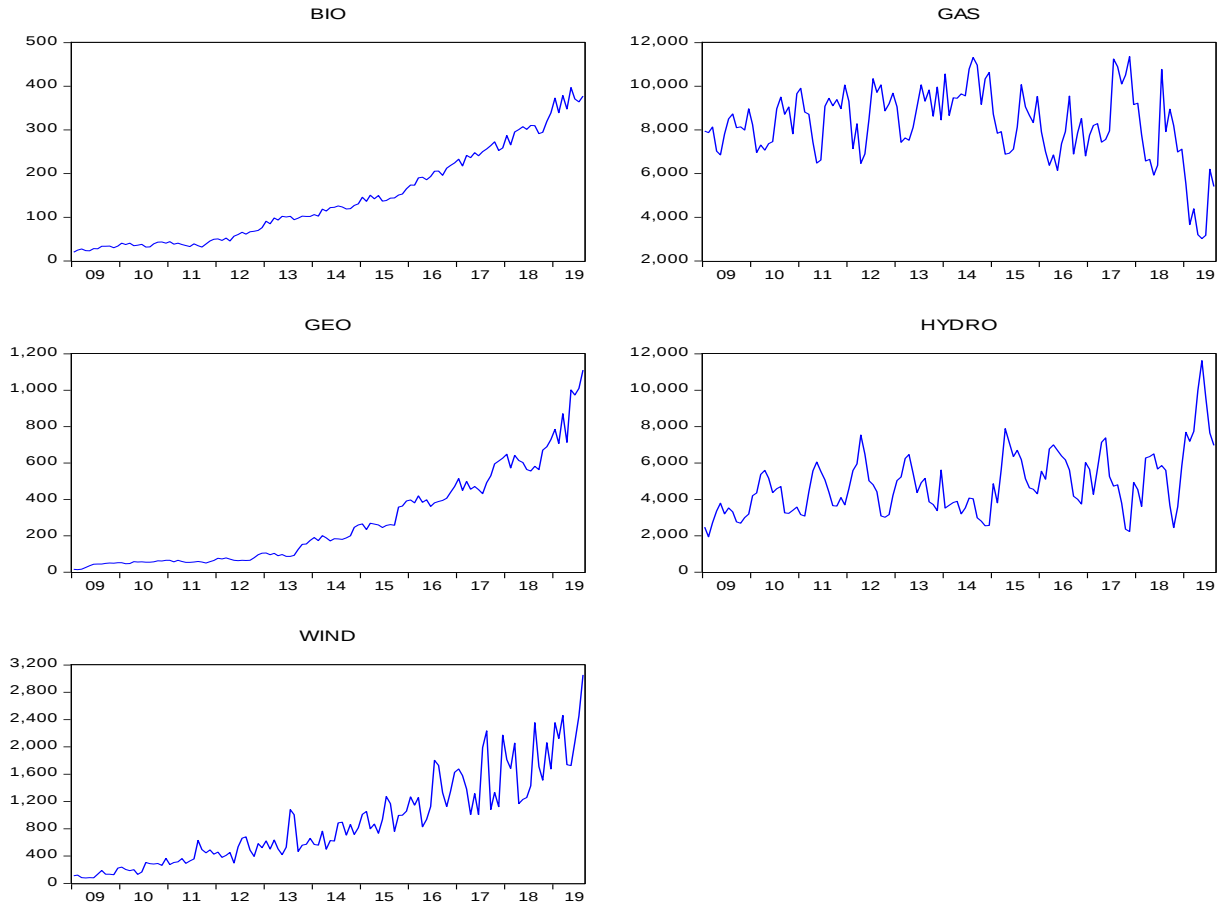
Kaynak: TEİAŞ, (2020).

## Yöntem

Bu çalışmada Türkiye'nin yenilenemeyen enerji türlerinden doğalgaz ile yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyoyakıtlardan ürettiği elektrik miktarları arasındaki ilişki ele alınmıştır. Kullanılan veri seti 2009:01-2019:08 dönemini içermekte olup aylık frekanslardan oluşmaktadır. Veriler Türkiye Elektrik İdaresi Anonim Şirketi (TEİAŞ) web sitesinden temin edilmiştir. Değişkenlerin tamamı GWh cinsinden, elektrik üretim miktarlarını içermektedir. Modelde bağımlı değişken doğalgazdan üretilen elektrik miktarını ifade eden LNGas, bağımsız değişkenler ise yenilenebilir enerji kaynaklarını ifade etmek üzere: rüzgâr (LNWind), jeotermal (LNGeo), biyoyakıt (LNBio) ve hidroelektrik (LNHydro)'tir. Türkiye'nin güneş enerjisi elektrik üretimi 2014 yılı öncesi verileri temin edilemediği için analizlere güneş enerjisine ait veriler dâhil edilmemiştir. Analizlerde belirtilen değişkenlere ait veriler logaritmik biçimde kullanılmıştır. Araştırma modeli denklem 1.1'de belirtilmiştir.

$$LNGas_t = \beta_0 + \beta_1 LNGeo_t + \beta_2 LNWind_t + \beta_3 LNHydro_t + \beta_4 LNBio_t + u_t \quad (1.1)$$

Analizlere başlamadan önce değişkenlere ait zaman serilerinin grafikleri incelenmiştir. Şekil 5'te araştırma modelinde kullanılan değişkenlere ait zaman serisi grafikleri verilmiştir. Geo, Bio ve Wind değişkenlerine ait grafiklerde sürekli artış yönünde bir trend olduğu gözükmemektedir. Hydro değişkeninde ele alınan periyotta değişkenlikler görülse de genel bir artış trendi mevcuttur. Gas değişkeni genel olarak dalgalı bir seyir izlemekle birlikte 2017 sonrası azalış yönünde bir seyir göstermiştir.



Şekil 5. Modelde kullanılan değişkenlere ait zaman serisi grafikleri (2009:01-2019:08)

## Bulgular

Türkiye'nin doğalgazdan ve yenilenebilir kaynaklardan ürettiği elektrik ilişkisini tespit etmek amacıyla serilere önce birim kök testleri yapılmış, VAR modeli tahmin edilmiş ve Johansen eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Ayrıca Hata Düzeltme Modeli, Varyans Ayırıştırma, Etki-Tepki analizleri de yapılmıştır.

Analiz aşamasında ilk olarak değişkenlere ait serilerin durağan olup olmadıkları araştırılmıştır. Çünkü serilerin durağan olmaması durumunda yapılacak olan regresyon sonucunun gerçek bir ilişkiyi gösterdiğinden emin olunamamaktadır. Serilerin durağanlığını tespit etmek için Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Philips Peron (PP) testi uygulanmıştır. ADF ve PP testleri sonucunda tüm serilerin birim kök içerdiği ve en az  $I(1)$  olduğu belirlenmiştir. Tablo 3'te de serilere uygulanan ADF ve PP testlerinin sonuçları verilmiştir.

**Tablo 3. Birim kök test sonuçları**

| ADF ve PP Birim Kök Testleri |                       |                 |                      |                |
|------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|----------------|
|                              | ADF Test (k=otomatik) |                 | PP Test (k=otomatik) |                |
| Değişken                     | Normal                | Birinci Fark    | Normal               | Birinci Fark   |
| LNGas(t)                     | 0.3636                | 0.0499          | 0.5423               | 0.0000         |
|                              | [-0.809313]           | [-1.943933]**   | [-0.389121]          | [-14.57531]*** |
| LNBio(t)                     | 0.8276                | 0.0000          | 0.6525               | 0.0000         |
|                              | [-0.756812]           | [-14.53796]***  | [-1.247712]          | [-15.88487]*** |
| LNHydro(t)                   | 0.8812                | 0.0000          | 0.7052               | 0.0000         |
|                              | [ 0.783928]           | [-8.627844]***  | [ 0.075536]          | [-11.31585]*** |
| LNGeo(t)                     | 0.9995                | 0.0000          | 0.9990               | 0.0000         |
|                              | [ 3.099247]           | [-5.868775]***  | [ 2.889999]          | [-10.32613]*** |
| LNWind(t)                    | 1.0000                | 0.0167          | 0.9995               | 0.0000         |
|                              | [ 3.953698]           | [ -2.395701] ** | [ 3.077654]          | [-16.21605]*** |

Not. Köşeli parantez [ ] içindeki değerler t istatistiklerini, diğerleri p-değerlerini gösterir.

\*: %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı p-değerini gösterir.

\*\*: %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı p-değerini gösterir.

\*\*\*: %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı p-değerini gösterir.

Johansen eşbütünleşme testini uygulayabilmek için uygun VAR modelini tahmin etmek gerekmektedir. VAR modelinde gecikme uzunluğunun seçimi için bilgi kriterleri kullanılabilir. Tablo 4'te, düzeydeki VAR modeli için farklı gecikme uzunluklarına göre hesaplanan bilgi kriterleri verilmiştir. Uygun gecikme uzunluğu AIC 5 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4. Düzeyde Yapılan VAR analizinde gecikme uzunluğunun seçimi**

| Lag | LogL            | LR              | FPE              | AIC               | SC               | HQ               |
|-----|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 0   | -102.7282       | NA              | 4.21e-06         | 1.810558          | 1.927328         | 1.857975         |
| 1   | 371.4489        | 900.5381        | 2.22e-09         | -5.738637         | -5.038018*       | -5.454138        |
| 2   | 418.7031        | 85.77222        | 1.53e-09         | -6.112656         | -4.828188        | -5.591074*       |
| 3   | 435.3069        | 28.74282        | 1.77e-09         | -5.971545         | -4.103227        | -5.212880        |
| 4   | 465.1070        | 49.08248        | 1.65e-09         | -6.052218         | -3.600051        | -5.056470        |
| 5   | <b>498.7047</b> | <b>52.51407</b> | <b>1.45e-09*</b> | <b>-6.196718*</b> | <b>-3.160701</b> | <b>-4.963887</b> |
| 6   | 518.3793        | 29.09853        | 1.63e-09         | -6.107215         | -2.487348        | -4.637301        |
| 7   | 546.6703        | 39.46484*       | 1.60e-09         | -6.162527         | -1.958811        | -4.455530        |
| 8   | 562.3975        | 20.61714        | 1.96e-09         | -6.006681         | -1.219115        | -4.062602        |
| 9   | 580.4543        | 22.15369        | 2.35e-09         | -5.889988         | -0.518573        | <b>-3.708826</b> |
|     |                 |                 |                  |                   |                  |                  |

Not. Gecikme uzunluğu AIC ile belirlenmiştir.

Tablo 5'te Johansen eşbütünleşme test sonuçları verilmiştir. Eşbütünleşik vektör sayısı belirlenirken İz İstatistiği ve Maksimum Özdeğer İstatistiği p-değerine bakılmaktadır. Tablo 5'te verilen sonuçlara göre her test için %5 anlamlılık düzeyinde en fazla iki tane anlamlı eşbütünleşme vektörü olduğu görülmektedir.

**Tablo 5. Johansen eşbütünleşme test sonuçları**

| $H_0$          | Özdeğer         | İz İstatistiği  |                 | Max-Eigen İstatistiği |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
|                |                 | İstatistik      | p-değeri        | İstatistik            | p-değeri        |
| Yok            | 0.247294        | 86.78462        | 0.0012**        | 34.65783              | 0.0403**        |
| <b>En az 1</b> | <b>0.210694</b> | <b>52.12680</b> | <b>0.0188**</b> | <b>28.86539</b>       | <b>0.0341**</b> |
| En az 2        | 0.120764        | 23.26140        | 0.2335          | 15.70161              | 0.2428          |
| En az 3        | 0.057008        | 7.559793        | 0.5136          | 7.161140              | 0.4703          |
| En az 4        | 0.003262        | 0.398652        | 0.5278          | 0.398652              | 0.5278          |

\*: %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı p-değerini gösterir.

\*\*: %5 anlamlılık düzeyinde anlamlı p-değerini gösterir.

\*\*\*: %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı p-değerini gösterir.

Tablo 6'de eşbütünleşme denkleminde ait değişkenler, katsayı tahminleri ve standart hata değerleri verilmiştir. Buna göre uzun dönemde Gas'taki %1'lik bir artış; Hydro'da %1,69 ve Bio'da %1,99 artışa, Wind'de %2,14, Geo'da %0,42 azalışa neden olmaktadır. Sonuç olarak doğalgazdan elektrik üretimi uzun dönemde hidroelektrik ve biyoyakıtlardan elektrik üretimi ile pozitif, rüzgâr ve jeotermal enerji elektrik üretimi ile negatif bir ilişkiye sahiptir. Hidroelektrik ile doğalgaz kaynaklarından elektrik üretim ilişkisinin pozitif olması sürekli artan enerji talebi ile açıklanabilir.

Biyoyakıtların 2019:8 için toplam elektrik üretimi içerisindeki payı %0,2’dir. Biyoyakıtlardan üretilen elektriğin ele alınan veri döneminde toplam elektrik üretimi içerisindeki payının bu denli düşük oluşu yorum yapmayı güçleştirmektedir. Uzun dönemde, rüzgâr ve jeotermal enerji kaynaklarından üretilen elektrik miktarı, elektrik üretiminde kullanılan doğalgaz miktarını azaltmaktadır. Dolayısıyla bu kaynak türlerine yapılan yatırımlar doğalgazdan elektrik üretim payını düşürebilecektir.

**Tablo 6. Uzun dönem denklemi**

| Değişken  | Katsayı   | Standart Hata |
|-----------|-----------|---------------|
| Doğalgaz  | 1         | -             |
| Hidro     | 1.688949  | 0.61916       |
| Rüzgar    | -2.149668 | 0.50924       |
| Jeotermal | -0.424579 | 0.60699       |
| Biyoyakıt | 1.992667  | 0.84919       |

Not. Değerler değişkenlerin modelin diğer tarafına atılmasıyla ters işaretli olarak belirtilmiştir.

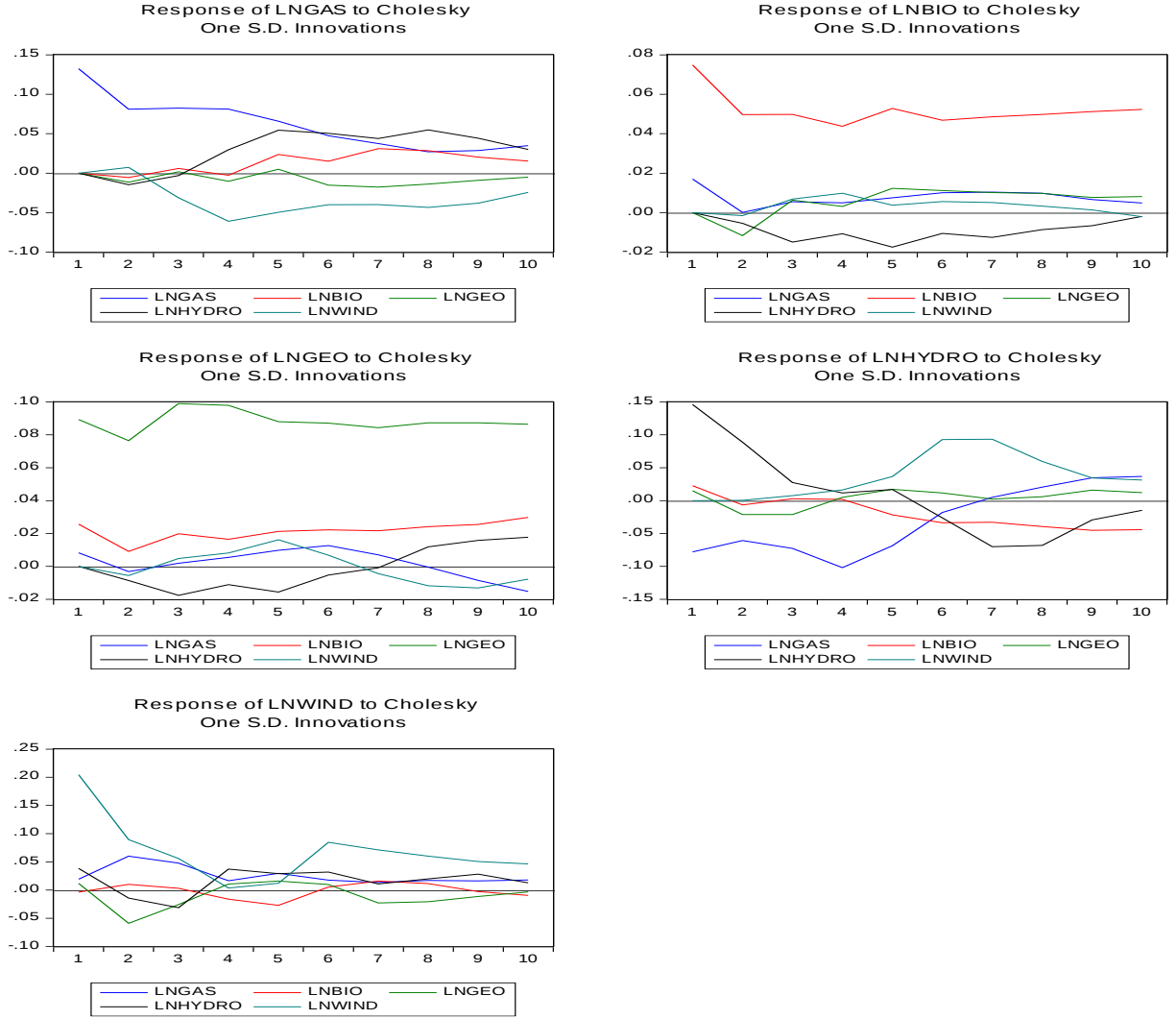
Tablo 7’de hata düzeltme modelinin sonuçları verilmiştir. D(LNGAS) için t istatistik değeri istatistiki bakımdan anlamlı olsa da hata düzeltme katsayısı beklendiği gibi negatif değildir. Bu katsayının pozitif oluşu, hata düzeltme mekanizmasının bu değişkenlerdeki değişimler yoluyla çalışmadığı şeklinde ifade edilebilir.

**Tablo 7. Hata düzeltme modeli sonuçları**

|       | D(LNGAS)   | D(LNBIO)   | D(LNGEO)   | D(LNHYDRO) | D(LNWIND)  |
|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| u t-1 | 0.113195   | -0.005055  | 0.018118   | -0.264847  | -0.021375  |
|       | (0.03314)  | (0.01922)  | (0.02337)  | (0.04202)  | (0.05242)  |
|       | [ 3.41588] | [-0.26299] | [ 0.77543] | [-6.30338] | [-0.40780] |
| Sabit | 0.011402   | 0.029363   | 0.030738   | 0.012096   | 0.096044   |
|       | (0.01731)  | (0.01004)  | (0.01221)  | (0.02195)  | (0.02739)  |
|       | [ 0.65852] | [ 2.92387] | [ 2.51774] | [ 0.55099] | [ 3.50685] |

Not. Parantez içindeki değerler standart hataları, köşeli parantez içindekiler t istatistiklerini gösterir.

Uzun dönem analizleri kapsamında serilere etki-tepki ve varyans ayrıştırma testleri uygulanmıştır. Etki-tepki analizi ve varyans ayrıştırma analizleri düzeydeki değişkenler ile VAR modeli kullanılarak yapılmıştır. Dolayısıyla uzun dönemdeki ilişkileri göstermektedir. Bu şekilde elde edilen etki-tepki fonksiyonu ve varyans ayrıştırma oranları sırasıyla Şekil 6 ve Tablo 8’de verilmiştir.



Şekil 6. Serilerin GAS değişkenine olan tepkisinin grafiği

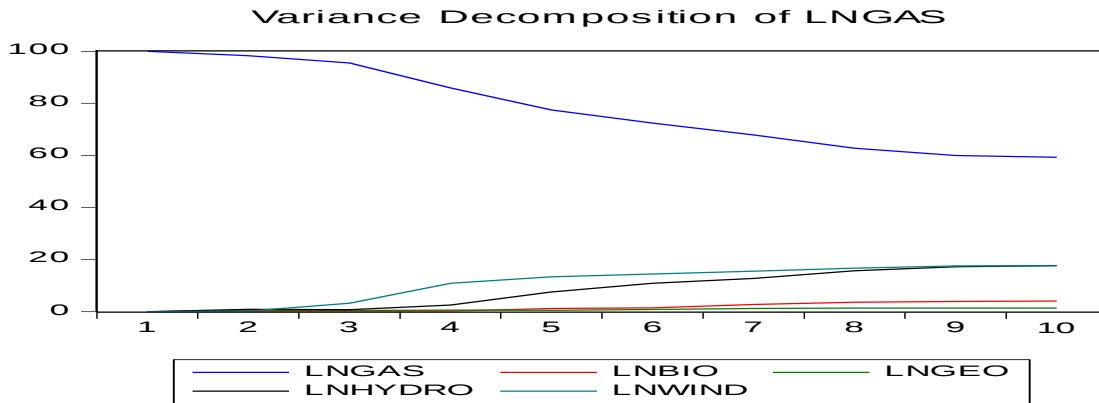
Şekil 6’da değişkenlere verilen 1 standart sapmalılık şoklara GAS’ın tepkisi özetlenmiştir. Sıralama GAS, BIO, GEO, HYDRO ve WİND şeklinde belirlenmiştir. GAS’a 1 birimlik şok verildiğinde BIO ikinci dönemde negatif, sonraki dönemlerde ise pozitif tepki vermektedir. Aynı şoka RÜZGAR değişkeni ikinci dönemde önce pozitif daha sonra ise 0,7 kadar negatif tepki vermektedir. HYDRO’nun GAS’taki bir standart sapmalılık şoka tepkisi ise ilk üç dönemde negatif, sonraki dönemlerde ise 0,5 kadar pozitif tepkisi gerçekleşmiştir. GEO’nun tepkisi beşinci döneme kadar oldukça düşük bu dönemden sonra ise negatif yöndedir. GAS’ın kendisinden kaynaklı şoklara tepkisi ise pozitifdir.

Varyans ayrıştırma tekniği bir değişkendeki değişimin yüzde kaçının kendinden, yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynakladığını ortaya koymaktadır. Tablo 8’de varyans ayrıştırma oranları verilmiştir. Gas’taki bir yıl sonraki değişimin %100’ü kendisi tarafından açıklanmaktadır. İkinci yıl değişimin kendisi tarafından açıklanma oranı %98 iken 10. yılda %59’a düşmüştür. 10. dönemde Gas’taki değişimin %17,7’si Hydro’dan, %4’ü Bio’dan, %17,6’si Wind’den, %1,35’i ise Geo’dan kaynaklanmaktadır. Gas’taki değişimin diğer seriler tarafından açıklanma oranı düşük olmakla birlikte buradaki sıralama: Wind, Hydro, Bio ve Geo şeklinde gerçekleşmiştir.

**Tablo 8. Varyans ayrıştırma oranları**

| Period | S.E.     | LNGAS    | LN BIO   | LN GEO   | LN HYDRO | LN WIND  |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1      | 0.132296 | 100.0000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 2      | 0.156459 | 98.25061 | 0.117498 | 0.529278 | 0.881787 | 0.220823 |
| 3      | 0.179693 | 95.50336 | 0.199701 | 0.410288 | 0.696644 | 3.190008 |
| 4      | 0.208773 | 85.86959 | 0.164888 | 0.544100 | 2.528891 | 10.89254 |
| 5      | 0.232232 | 77.43089 | 1.183282 | 0.483781 | 7.547454 | 13.35460 |
| 6      | 0.246558 | 72.40955 | 1.424976 | 0.816043 | 10.87650 | 14.47293 |
| 7      | 0.258830 | 67.80786 | 2.737180 | 1.204422 | 12.74988 | 15.50065 |
| 8      | 0.271321 | 62.70267 | 3.595045 | 1.356431 | 15.68092 | 16.66493 |
| 9      | 0.279890 | 59.97330 | 3.904623 | 1.379071 | 17.23542 | 17.50758 |
| 10     | 0.285167 | 59.26820 | 4.050000 | 1.359467 | 17.72381 | 17.59852 |

Şekil 7’de Gas değişkenine ait varyans ayrıştırma grafiği verilmiştir. Gas’taki değişimin ilk iki yılda tamamına yakını kendisi tarafından açıklanırken ikinci dönemden sonra Wind ve üçüncü dönemden sonra Hydro tarafından en yüksek oranda açıklanmaktadır. Grafikte Wind, Hydro, Bio, Geo şeklinde sıralama gözükmemektedir. Gas’taki değişimin küçük bir kısmı Bio ve Geo tarafından izah edilebilmektedir.

**Şekil 7. GAS değişkenine ait Varyans ayrıştırma grafiği**

Tablo 9’da Granger nedensellik test sonuçları verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre GAS ve Hydro arasında çift yönlü bir nedensellik mevcuttur. GAS ile Wind arasında Wind’den Gas’a doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır.

**Tablo 9. Granger nedensellik testi sonuçları**

|                                                                             | Chi-square | DF | p      |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|----|--------|
| GAS >> Hydro                                                                | 27.08730   | 4  | 0.0000 |
| Hydro >> GAS                                                                | 14.45665   | 4  | 0.0060 |
| GAS >> Wind                                                                 | 22.67410   | 4  | 0.0001 |
| Wind >> Gas                                                                 | 2.095321   | 4  | 0.7182 |
| Not. 2008:01-2019:08 dönemi 123 gözleme ilişkin nedensellik test sonucudur. |            |    |        |

### Sonuç ve Tartışma

Türkiye’de artan enerji talebi ve yatırım ihtiyacına paralel olarak enerji, ekonomik ve çevresel hedeflere (3E) ulaşmak önemli bir zorluk olarak belirtilmiştir. Türkiye 3E için sürdürülebilir politikalar üretmek ve uygulamak istese de bu hedeflere paralel şekilde ulaşmak pek de kolay değildir. Türkiye’nin 2009’da kabul ettiği Kyoto Protokolünü’nün ana stratejileri arasında enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir kaynakların daha fazla kullanılması, temiz kömür teknolojileri, enerji-çevre ilişkilerini geliştirme gibi hedefler bulunmaktadır. Araştırmamız sonucu elde edilen bulgular Türkiye’nin Kyoto Protokolü sorumlulukları ve 3E hedefleri doğrultusunda yorumlanmıştır.

Bulgularımız; rüzgâr ve jeotermal enerji kaynaklarından üretilen elektrik miktarındaki artışın doğalgazdan üretilen elektrik miktarını azaltabileceğini göstermektedir. Türkiye’nin rüzgâr enerjisinde muazzam bir potansiyeli bulunmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde kömür kaynaklı elektrik üretimi yaygın şekilde görülmektedir, Türkiye için de benzer durum söz konusudur. Doğalgazda bağımlılığı azaltmak için yönelinen kaynaklardan birisi de linyit kömürüdür. Kömürden elektrik üretimi maliyeti azaltsa da karbon salınımı sebebiyle Kyoto protokolü sorumluluklarını yerine getirmeyi zorlaştırmaktadır. Giriş bölümünde de belirtildiği üzere; rüzgar enerjisi CO<sub>2</sub> salınımını ve elektrik üretim maliyetlerini azaltmaktadır. Türkiye’nin Kyoto Protokolü ve 2023 hedeflerine ulaşmasında rüzgar enerjisi çift yönlü pozitif bir katkı sunabilecektir.

Türkiye bir yandan Kyoto protokolünün CO<sub>2</sub> salınım koşullarını yerine getirmeye çalışmakta, bu doğrultuda yenilenebilir kaynaklara yatırım yapmaktadır. Öte yandan pahalı bir kaynak olan doğalgaza elektrik üretimindeki bağımlılığını azaltmak için de yerli bir kaynak olan kömüre yönelmek durumunda kalmaktadır. Doğalgaz, kömüre nazaran yarı yarıya daha az sera gazı salınım değerlerine sahip olsa da pahalı olduğu için yerli kaynak olarak kömür ile ikame edilmeye çalışılmaktadır. Türkiye’nin hem Kyoto protokolüne uyum adımları atması hem de elektrik üretiminde doğalgaza olan bağımlılığını azaltmak adına kömüre yönelmesi bizim “*Türkiye’nin CO<sub>2</sub> paradoksu*” olarak tanımladığımız bir çıkmaza sebep olmaktadır. Hem bu paradokstan çıkmak hem de elektrik üretiminde doğalgaza bağımlılığı azaltmak için yenilenebilir kaynaklara yatırımların artırılmasını, yatırımların önündeki bürokratik engellerin azaltılmasını, yatırımların sadece işletmeler tarafından değil organize olmuş vatandaşlar tarafından da yapılabilmesi için yenilenebilir enerji kooperatifçiliğinin teşvik edilmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kooperatifçiliği, enerjinin tüketim biriminde yerel halk tarafından yenilenebilir kaynaklardan üretilmesini ifade etmektedir. Bu uygulamanın kayıp oranlarını azaltma, üretilen enerjinin elektrik dağıtım şirketlerine satılması ve yerel kalkınmaya katkı sağlaması...vb. gibi birçok avantajı bulunmaktadır. 2013 tarihli Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik Türkiye’de yenilenebilir enerji kooperatifi kurulabilmesinin şartlarını belirlemiş ve önünü açmıştır. Türkiye’nin makro enerji politikaları ile

yenilenebilir enerji kaynak kullanımında istikrarlı bir iradenin sonucu olarak elektrik tüketiminde yenilenebilir kaynakların payının sürekli artmıştır. Ancak mikro olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının üretilmesi ve yerinde üretim ve tüketim için yenilenebilir enerji kooperatifliğinin özendirilmesi gerekmektedir. Mikro enerji politikaları ile yenilenebilir enerji kooperatifliğinin özendirilmesi ve sonucunda yaygınlaştırılması Türkiye'nin ekonomik ve çevresel hedeflerine ulaşmasına olumlu katkıda bulunacaktır.

### Kaynakça

- Akçay, V. H., & Bilgin, S. (2017). Sürdürülebilir Kalkınma Politikası Açısından Yenilenebilir Enerji Kooperatifçiliğine Yönelik Mali Teşviklerin Önemi. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi*, 52(Özel Sayı), 867–896.
- An, S., Li, Q., & Gedra, T. W. (2003). Natural Gas and Electricity Optimal Power Flow. *Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference*, 1(1), 138–143. <https://doi.org/10.1109/tdc.2003.1335171>
- Anadolu Ajansı. (2020). *Türkiye'nin Rusya'dan gaz ithalatı 2019'da yüzde 35 azaldı.* <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyenin-rusyadan-gaz-ithalati-2019da-yuzde-35-azaldi/1734321>
- Ataş, H. (2018). *Türkiye İçin Birincil Enerji Kaynaklarının Büyüme Üzerine Etkileri*. Çukurova Üniversitesi.
- Ataş, H., & Güler, H. (2020). Türkiye'nin Doğal Gaz, Petrol Ve Kömür Tüketiminin Büyümeye Etkisi: Ekonometrik Bir Analiz. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 29(3), 524–539.
- Bloomberg. (2020). *Enerji ithalatı faturası 2018'de yüzde 15,6 arttı.* <https://www.bloomberght.com/enerji/haber/2194843-enerji-ithalati-faturasi-2018-de-yuzde-15-6-artti>
- BP, B. P. (2005). *BP Statistical review of world energy 2005*. BP Plc.
- Brand, B., & Missaoui, R. (2014). Multi-criteria analysis of electricity generation mix scenarios in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 251–261. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.069>
- Damigos, D., Tourkolias, C., & Diakoulaki, D. (2009). Households' willingness to pay for safeguarding security of natural gas supply in electricity generation. *Energy Policy*, 37(5), 2008–2017. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.01.042>
- Delarue, E. D., Luickx, P. J., & D'haeseleer, W. D. (2009). The actual effect of wind power on overall electricity generation costs and CO2 emissions. *Energy Conversion and Management*, 50(6), 1450–1456. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.03.010>
- Diakoulaki, D., & Karangelis, F. (2007). Multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(4), 716–727. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.06.007>
- EİGM. (2020). *Enerji İstatistik Bülteni*. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Istatistik-Raporlari>
- Ekolojist. (2019). “Sera gazı”. <http://ekolojist.net/sera-gazi-nedir/>
- El-Kordy, M. N., Badr, M. A., Abed, K. A., & Ibrahim, S. M. A. (2002). Economical evaluation of electricity generation considering externalities. *Renewable Energy*, 25(2), 317–328. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(01\)00054-4](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(01)00054-4)
- EPA, U. S. E. P. A. (2019). *Greenhouse Gas Emissions*. <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>

- EPDK, E. M. R. B. (2019a). *Doğal Gaz Piyasası Resmi İstatistikleri Listesi*.  
<https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-166/resmi-istatistikleri>
- EPDK, E. M. R. B. (2019b). *Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu*.
- Euronews. (2019). *Türkiye ucuz kaynaklara yöneldi Rusya'dan alınan doğal gaz yüzde 36 azaldı*. <https://tr.euronews.com/2019/09/06/turkiye-ucuz-kaynaklara-yoneldi-rusyadan-alinan-dogal-gaz-yuzde-36-azaldi>
- Fischer, C. (2006). How Can Renewable Portfolio Standards Lower Electricity Prices? *Resources for the Future*, 5–9.
- GÜYAD. (2020). *Türkiye'nin 2020 elektrik üretim değerleri*.  
<http://www.guyad.org/TR,139/rapor.html>
- Holladay, J. S., & LaRiviere, J. (2017). The impact of cheap natural gas on marginal emissions from electricity generation and implications for energy policy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 85, 205–227. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.06.004>
- IEA. (2016). *Energy Policies of IEA Countries Turkey 2016 Review*.
- IEA. (2019). *Renewables 2019*. <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>
- Johnson, T. L., & Keith, D. W. (2004). Fossil electricity and CO<sub>2</sub> sequestration: How natural gas prices, initial conditions and retrofits determine the cost of controlling CO<sub>2</sub> emissions. *Energy Policy*, 32(3), 367–382. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00298-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00298-7)
- K Hossain, A., & Badr, O. (2007). Prospects of renewable energy utilisation for electricity generation in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(8), 1617–1649. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.12.010>
- Kannan, R., Leong, K. C., Osman, R., Ho, H. K., & Tso, C. P. (2005). Gas fired combined cycle plant in Singapore: Energy use, GWP and cost-a life cycle approach. *Energy Conversion and Management*, 46(13–14), 2145–2157.  
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.10.021>
- Marrero, G. A., & Ramos-Real, F. J. (2010). Electricity generation cost in isolated system: The complementarities of natural gas and renewables in the Canary Islands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 2808–2818.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.06.007>
- MENR, M. of E. and N. R. (2012). *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2010 - 2023 (Sayı 2)*.
- MENR, M. of E. and N. R. (2014). *2015-2019 Türkiye Stratejik Planı (Sayı 1)*.  
<https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Middleton, R. S., & Eccles, J. K. (2013). The complex future of CO<sub>2</sub> capture and storage: Variable electricity generation and fossil fuel power. *Applied Energy*, 108, 66–73.  
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.065>
- Morais, M. S., & Marangon Lima, J. W. (2003). Natural gas network pricing and its influence on electricity and gas markets. *2003 IEEE Bologna PowerTech - Conference Proceedings*, 3, 190–195. <https://doi.org/10.1109/PTC.2003.1304386>
- Morais, M. S., & Marangon Lima, J. W. (2007). Combined natural gas and electricity network pricing. *Electric Power Systems Research*, 77(5–6), 712–719.  
<https://doi.org/10.1016/j.epsr.2006.05.005>
- Muis, Z. A., Hashim, H., Manan, Z. A., Taha, F. M., & Douglas, P. L. (2010). Optimal planning of renewable energy-integrated electricity generation schemes with CO<sub>2</sub> reduction target. *Renewable Energy*, 35(11), 2562–2570. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.03.032>

- REN21. (2019). *Renewables 2019 Global Status Report 2019*.
- Rentizelas, A., & Georgakellos, D. (2014). Incorporating life cycle external cost in optimization of the electricity generation mix. *Energy Policy*, 65, 134–149. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.023>
- Risto, T., & Aija, K. (2008). Comparison of electricity generation costs. *Research Paper EN A-56, EN A-56*, 25. <http://doria17-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/39685/isbn9789522145888.pdf?sequence..%0Apapers3://publication/uuid/C987AE3D-F652-434C-B6DE-979C46F1C240>
- Roth, I. F., & Ambs, L. L. (2004). Incorporating externalities into a full cost approach to electric power generation life-cycle costing. *Energy*, 29(12-15 SPEC. ISS.), 2125–2144. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2004.03.016>
- Shahidehpour, M., Yong, F. U., & Wiedman, T. (2005). Impact of natural gas infrastructure on electric power systems. *Proceedings of the IEEE*, 93(5), 1042–1056. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2005.847253>
- Sims, R. E. H., Rogner, H. H., & Gregory, K. (2003). Carbon emission and mitigation cost comparisons between fossil fuel, nuclear and renewable energy resources for electricity generation. *Energy Policy*, 31(13), 1315–1326. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00192-1](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00192-1)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2010). *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2010 - 2023*.
- TEİAŞ. (2020). *Türkiye Elektrik Üretim İstatistikleri*. TEİAŞ. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>
- TEİAŞ, T. E. İ. A. Ş. (2018). *Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2018-2022)*.
- Tzimas, E., & Peteves, S. D. (2005). The impact of carbon sequestration on the production cost of electricity and hydrogen from coal and natural-gas technologies in Europe in the medium term. *Energy*, 30(14), 2672–2689. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2004.07.005>
- Unsihuay, C., Lima, J. W. M., & De Souza, A. C. Z. (2007). Modeling the integrated natural gas and electricity optimal power flow. *2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting, PES*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/PES.2007.386124>
- Wiser, R., Bachrach, D., Bolinger, M., & Golove, W. (2004). Comparing the risk profiles of renewable and natural gas-fired electricity contracts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(4), 335–363. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.11.005>
- Zhang, Y., McKechnie, J., Cormier, D., Lyng, R., Mabee, W., Ogino, A., & MacLean, H. L. (2004). *Supporting Information for Life Cycle Emissions and Cost of Producing Electricity from Coal, Natural Gas and Wood Pellets in Ontario, Canada* (C. 2004).

**Research Article**

**Türkiye’de Doğalgaz ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Üretilen Elektrik Arasındaki İlişki: 2009:01-2019:08**

*The Time Series Determined By Analysis of The Relationship Between Natural Gas And Electricity Produced From Renewable Energy Sources in Turkey: 2009: 01-2019: 08*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Selim GÜNDÜZ</b><br>Dr. Öğretim Üyesi, Adana Alparslan Türkeş<br>Bilim ve Teknoloji Üniversitesi<br>İşletme Bölümü<br><a href="mailto:sgunduz@atu.edu.tr">sgunduz@atu.edu.tr</a><br><a href="https://orcid.org/0000-0001-5289-6089">https://orcid.org/0000-0001-5289-6089</a> | <b>Hüseyin ATAŞ</b><br>Doktora öğrencisi, Adana Alparslan Türkeş<br>Bilim ve Teknoloji Üniversitesi<br>Sosyal Bilimler Enstitüsü<br><a href="mailto:hataspd@gmail.com">hataspd@gmail.com</a><br><a href="https://orcid.org/0000-0003-3201-7360">https://orcid.org/0000-0003-3201-7360</a> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Extended Abstract**

**Introduction**

Turkey is also one of the major expenses in energy imports. Turkey's gas suppliers from air attack in 2015, where political uncertainties in Russia and northern Iraq, which caused oil suppliers to discuss the security of energy supplies. Regional developments have shown that energy supply security may have political consequences. Ensure the security of energy supply and energy who want to reduce the current account deficit resulting from imports of Turkey, with its underground resources owned solar, wind, hydropower, geothermal and was directed to renewable energy sources like biofuels. To reduce dependence on foreign energy in Turkey economically and politically, especially capacity to make a serious investment in the renewable energy plants to generate electricity. These capacity investments caused striking results in 2019. The goal of increasing electricity production from renewable energy sources to 30%, determined within the scope of 2023 targets, was achieved in 2019. Electricity generation rate from renewable sources was approximately 44% in 2019 (TEİAŞ, 2020). One of the main reasons for the reduction of natural gas consumption in Turkey's aim is to reduce the energy costs, especially power plants. But another important reason for creating diversity in Turkey wants to reduce its energy dependence on Russia and energy supplies as a political trump card is that it wants to prevent the use of this addiction. The questioning of energy supply security from time to time should not be evaluated independently of this intention in the political conflicts between Russia and Syria.

There are three most widely used types of sources in electricity generation: fossil fuels, nuclear energy and renewable energy. Although the share of nuclear and renewable resources in electricity production is higher in developed countries, the dependency on fossil resources in electricity production is still high in underdeveloped or developing countries. Limited fossil resources and supply security concerns have led countries to alternative sources in electricity generation. Because the life of proven reserves for crude oil and natural gas is estimated to be between 40-67 years (BP, 2005).

Power generation amount obtained by using natural gas in Turkey in 2018 was 25,731.93 MWh. The share of gas in Turkey's electricity consumption was recorded as 30.93% (EMRA 2019b). Turkey natural gas in electricity production utilization rate among the countries of the IEA

countries these rates were highest fifth (IEA, 2016). The amount of natural gas used to produce turkey consumed about 35% of electric power plants (EIGM, 2020). This figure may exceed the 40% band in some months during the year. Providing resource diversity in electricity generation is an important determinant in terms of efficient use of resources and reducing dependency on foreign countries. Turkey, the country of origin are not to be dependent on a single country imports to ensure the security of natural gas supply diversification is the way to go. In addition, it aims to reduce the share of natural gas consumption in electricity generation in order to use local and renewable resources effectively. its resources are directed to reduce the share of gas in Turkey's electricity production; domestic coal reserves and renewable energy sources (wind, solar, hydroelectric, geothermal, biofuel). As a matter of fact, in the 2019 Strategy Document of the Turkish Ministry of Energy, the coal-based electricity generation amount is planned to be 60 billion KWh in 2019 (MENR, 2014). This goal has been achieved by the end of 2019. Another goal set to ensure resource diversity is to develop renewable energy capacity. Energy security is also on the agenda of European countries. Because 70% of the EU's gas imports are used for electricity production (Damigos et al., 2009).

### Methodology

In this study, hydroelectric power from renewable energy sources by natural gas from Turkey's non-renewable forms of energy, solar, wind, and discussed the relationship between the amount of electricity generated from geothermal and biofuels. The data set used includes the period 2009: 01-2019: 08 and consists of monthly frequencies. Turkey Electricity Authority Data Corporation (TEIAS) was obtained from the website. All of the variables include electricity generation amounts in GWh. LNGas, which expresses the amount of electricity produced from dependent variable natural gas in the model, is independent variables to express renewable energy sources: wind (LNWind), geothermal (LNGeo), biofuel (LNBio) and hydroelectric (LNHydro). Turkey's solar energy for electricity generation can not be provided prior to the 2014 data it was not included in the analysis data of solar energy. The data of the variables specified in the analyzes were used in a logarithmic form.

### Findings

Turkey natural gas and electricity from renewable sources produced by the correlation unit roots tests before the series to determine the VAR model was estimated and Johansen cointegration test. In addition, Error Correction Model, Variance Decomposition, Effect-Response analysis were also performed. In the analysis phase, it was first investigated whether the series of variables are stationary. Because if the series is not stationary, it is not possible to make sure that the regression result will show a real relationship. Augmented Dickey-Fuller (ADF) and Philips Peron (PP) tests were applied to determine the stationarity of the series. As a result of ADF and PP tests, it was determined that all series contain unit root and are at least I (1).

Our findings show that the increase in the amount of electricity produced from wind and geothermal energy sources may decrease the amount of electricity produced from natural gas. In Turkey there are an enormous wind energy potential. coal electricity generation in developing countries is seen widely, there is a similar case for Turkey. One of the sources directed to reduce dependence on natural gas is lignite coal. Although electricity production from coal reduces the cost, the Kyoto protocol makes it difficult to fulfill its responsibilities due to carbon emissions.

Electricity generation from wind energy can reduce the cost of 0.56 Euros per MWh and reduce annual CO<sub>2</sub> emissions by 1.24 ktors per MWh (Delarue et al., 2009). As wind usage increases in electricity production, CO<sub>2</sub> emission decreases (Holladay & LaRiviere, 2017).

increasing energy demand in Turkey and parallel to the investment needs energy, economic and environmental objectives (3) is a significant challenge to reach (MENOR, 2012). Although efforts to liberalize the energy market tend to achieve targeted growth, ensuring energy security and reliability within the competitive market structure creates difficulties. Turkey also wants to

produce and implement sustainable policies to 3 in parallel is not easy to achieve these goals. In 2009, Turkey's parliament has adopted the Kyoto Protocol. Among the main strategies of the protocol are targets such as increasing energy efficiency, more use of renewable resources, clean coal technologies, developing energy-environment relations (MENR, 2012).

### **Discussion and Conclusion**

Turkey seeks to fulfill the Kyoto protocol on the one hand the conditions of CO<sub>2</sub> emissions, investing in renewable resources in this direction. On the other hand, in order to reduce its dependence on natural gas, which is an expensive resource, it has to turn to coal, which is a domestic resource. Although natural gas has less than half less greenhouse gas emission values than coal, it is tried to be replaced with coal as a domestic resource because it is expensive. Turkey's both take steps to adapt both the Kyoto Protocol to turn to coal to reduce our dependence on natural gas for electricity generation "Turkey's CO<sub>2</sub> paradox" is causing a dilemma as we define. In order to both get out of this paradox and reduce dependence on natural gas in electricity generation, renewable energy cooperatives should be encouraged in order to increase investments in renewable resources, reduce bureaucratic obstacles to investments, and to make investments not only by businesses but also by organized citizens.