

SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Piyasasına Etkisi - 2022 Yılı Analizi

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Hakkında
European Climate Foundation (ECF), Agora Energiewende ve Sabancı Üniversitesi İstanbul Politikalar Merkezi (IPM) tarafından kurulan SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, yenilikçi bir enerji dönüşüm platformu olarak enerji sektörünün karbonsuzlaşmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda Türkiye'deki enerji sektörünün politik, teknolojik ve ekonomik yönleri üzerine yapılan tartışmalarda sürdürülebilir ve kabul görmüş bir ortak zemine olan ihtiyacını karşılamayı hedeflemektedir. SHURA gerçeklere dayalı analizler ve en güncel veriler ışığında, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji üzerinden düşük karbonlu bir enerji sistemine geçişi desteklemeyi odağına almaktadır. Farklı paydaşların bakış açılarını göz önünde bulundurarak bu geçişin ekonomik potansiyeli, teknik fizibilitesi ve ilgili politika araçlarına yönelik bir anlayışın oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

Yazarlar: Hasan Aksoy, Sena Serhadlıoğlu (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi), Kerim Gökşin Bavbek, Serkan Sargın (APlus Enerji)

Teşekkürler
Raporun hazırlanma sürecinde sağlamış oldukları değerli geri bildirimleri için SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Direktörü Alkım Bağ Güllü'ye teşekkür ederiz.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, bu rapor için AGCI-Crux Enerji Programı tarafından sağlanan cömert finansmana müteşekkirdir.

Bu rapor, www.shura.org.tr sitesinden indirilebilir. Daha ayrıntılı bilgi almak veya geri bildirimde bulunmak için info@shura.org.tr adresinden SHURA ekibiyle temasa geçiniz.

Tasarım
Tasarımhane Tanıtım Ltd. Şti.

Telif Hakkı © 2023 Sabancı Üniversitesi

ISBN 978-625-6956-14-8

Sorumluluk Reddi
Bu rapor ve içeriği, çalışma kapsamında göz önünde bulundurulan kabuller ve 2022 yıl sonu itibarıyla mevcut olan piyasa koşulları doğrultusunda hazırlanmıştır. Bu kabuller ve piyasa koşullarının değişime açık olması nedeniyle, rapor kapsamındaki gelecek dönem öngörülerinin, gerçekleşecek sonuçlarla aynı olacağı garanti edilemez. Bu raporun hazırlanmasına katkı yapan kurum ya da kişiler, raporda sunulan öngörülerin gerçekleşmemesi ya da farklı şekilde gerçekleşmesinden dolayı oluşabilecek ticari kazanç ya da kayıplardan sorumlu tutulamazlar.

APLUS | ENERJİ

1. Çalışma Özeti ve Kullanılan Senaryolar

Dünya genelinde enerji piyasaları belirsizliklerin yüksek olduğu çalkantılı bir dönemden geçmektedir. 2020 yılında COVID-19 salgını ve salgınla mücadele kapsamında alınan önlemlerle birlikte küresel olarak elektrik talebinde kayda değer bir düşüş gözlemlenmiştir. 2021 yılı itibarıyla başlayan normalleşme süreciyle birlikte tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de elektrik talebinde hızlı bir artış yaşanmıştır. 2021 yılı ikinci yarısında artış göstermeye başlayan enerji talebiyle birlikte doğal gaz, kömür ve petrol gibi birincil enerji emtia fiyatlarında hızlı bir artış gerçekleşmiştir. 2022 yılının Şubat ayına gelindiğinde ise Rusya Ukrayna savaşı ve Rusya'ya yönelik uygulanmaya başlanan yaptırımlar, enerji piyasalarında benzeri görülmemiş fiyat oluşumlarına neden olmuştur. Son dönemde doğal gaz, kömür ve petrol fiyatlarında görülen düşüşlerle birlikte bir miktar rahatlama sağlansa da, olası jeopolitik risklerle birlikte emtia fiyatlarının yakın gelecekte nasıl bir seyir izleyeceği belirsizliğini korumaktadır.

Küresel ölçekte yaşanan enerji krizi ve arz güvenliği sorununun etkileri enerjide dışa bağımlılığı yüksek olan Türkiye'de de önemli ölçüde hissedilmektedir. Türkiye elektrik piyasalarında oluşan piyasa takas fiyatları (PTF), 2021 yılının ortasından itibaren enerji talebindeki artış, kuraklığa bağlı olarak hidroelektrik santrallerin düşen üretimi ve yükselen enerji emtia maliyetleri nedeniyle hızla artmıştır. Özellikle doğal gaz ve ithal kömür santrallerinin maliyetlerindeki artışlarla birlikte, Türkiye elektrik üretimi ortalama maliyetleri de çok yüksek seviyelerde gerçekleşmektedir. 2021 yılı ikinci yarısından bu yana artış eğiliminde olan küresel emtia ve elektrik fiyatları, 2022 yılı Eylül ayından itibaren yavaşlama eğilimine girmiştir. Fakat önümüzdeki dönem için riskler devam etmektedir. Maliyetlerde yaşanan artışın son kullanıcılara daha az yansıtılabilmesi için 'Azami Uzlaştırma Fiyatı' gibi uygulamalar geliştirilmiş olsa da, 2022 yılı içerisinde kaçınılmaz olarak son kullanıcı elektrik tarifelerinde önemli oranda artışlar yaşanmıştır. Elektrik tarifelerindeki bu artışlar enflasyonu ve ekonomiyi doğrudan etkilediği için enerjide ithal yakıt bağımlılığı ve yenilenebilir enerjiden azami faydalanma gerekliliği gibi konular tartışmaların odak noktası haline gelmiştir.

Enerji krizinin Türkiye'deki yansıması küresel gelişmelerle paralellik göstermekle birlikte, enerji fiyatlarındaki artış uygulanmakta olan mevcut enerji politikalarından da etkilenmektedir. Bu çalışmanın amacı; günümüzde yatırım maliyetleri oldukça düşmüş rüzgâr ve güneş enerjisi teknolojilerinin Türkiye elektrik sisteminde daha fazla olması ya da hiç olmaması durumlarında oluşan piyasa maliyetini, karbon emisyonu ve ithal yakıt maliyeti değişimlerini analiz etmektir. Bu kapsamda, iki temel senaryo oluşturulmuş ve projeksiyon dönemi boyunca gerçekleşmiş değerlerle karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu senaryolardan ilki yenilenebilir enerji kapasitesinin günümüzdeki seviyelerinden daha yüksek olduğu bir vaka analizi iken; ikinci senaryo mevcut güneş ve rüzgâr kapasitesi yerine doğal gaz, ithal kömür ve yerli kömür gibi termik santrallerin kapasitesinin daha yüksek olduğu bir vaka analizidir.

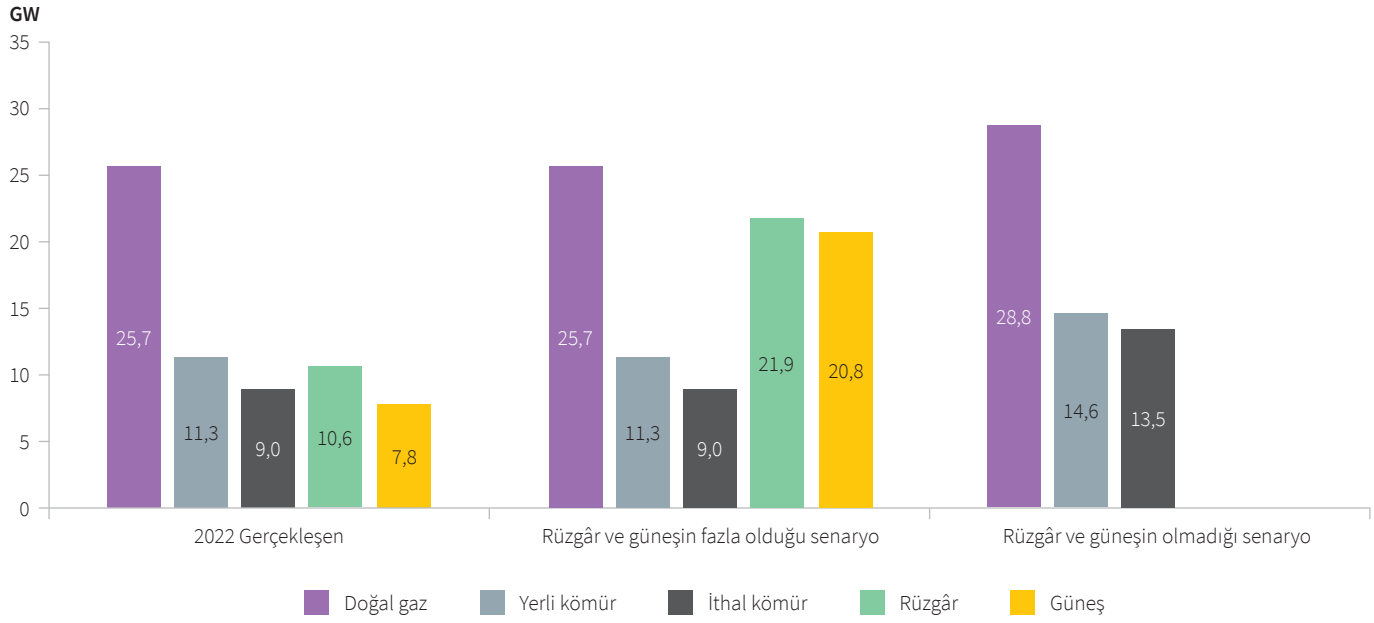
Yenilenebilir enerjinin daha yüksek kapasitede olduğu senaryo kapsamında YEKDEM ve YEKA ihalelerinde lisans almış fakat farklı nedenlerle yapımı geciken veya lisansı iptal olan kapasite stoğu da dikkate alınmıştır. Çalışmada ayrıca 2021 ve 2022 yıllarında devreye alınan kapasiteler de dikkate alınarak Türkiye elektrik piyasası simülasyonu yapılmış ve enerji krizinin etkilerinin oldukça yoğun hissedildiği 2022 yılı analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında oluşturulmuş olan iki senaryo aşağıdaki gibidir:

- **Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo:** Senaryo kapsamında 2021 yılı başı itibarıyla rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücünün her birinin 20 GW seviyesinde olduğu varsayılmıştır. 2022 yılı için gerçekleşen kapasite girişleri de aylık olarak modele girdi olarak sağlanmıştır. Bahsi geçen kurulu güçlere, geçmiş ön lisans (YEKDEM kapsamında) ve YEKA ihalelerinde dağıtılan kapasitelerin başarıyla devreye alınmış ve benzer yeni ihalelerin yürütülmüş olduğu varsayımları ile ulaşılmıştır. Elektrik talebi, yakıt maliyetleri ve diğer kaynakların kurulu gücü gibi etmenler ise gerçekleşen seviyeleriyle aynı olarak kullanılmıştır.

- **Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo:** Bu senaryo kapsamında rüzgâr ve güneş yatırımlarının gerçekleşmediği, bunların yerine gerçekleştirilememiş termik enerji santral projelerinin işletmeye alınmış olduğu varsayılmıştır. Bu amaçla geçmiş proje ilerleme raporları incelenmiş ve buradaki verilerden hareketle senaryo içerisinde yaklaşık 3,1 GW ek doğal gaz, 3,3 GW ek yerli kömür ve 4,5 GW ek ithal kömür santralinin devrede olduğu varsayılmıştır. Modellemeye girdi sağlayan diğer tüm parametreler için gerçekleşen değerler kullanılmıştır.

Senaryolarda dikkate alınan 2022 yılı başındaki kurulu güç varsayımları Şekil 1'de gösterilmektedir.

Şekil 1: *2022 yılı başı itibarıyla gerçekleşmiş[1] ve modellenmiş kaynak bazlı kurulu güç verileri*



Çalışmada oluşturulan bu iki senaryo, elektrik üretim karışımı, üretim maliyetleri, ithalat maliyetleri ve karbon emisyonları gibi çeşitli parametreler üzerinden karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Simülasyonlar, AVIEW MarketSIM[2] modeli kullanılarak yapılmıştır. Model kapsamında, saatlik düzeyde merit-order oluşturulmakta ve arz-talep her saat için kesiştirilmektedir. Analiz kapsamında model, gerçekleşen verilerle (saatlik talep, yenilenebilir enerji üretimi, aylık yakıt maliyetleri vb.) geçmişe dönük olarak çalıştırılmış, model

[1] Gerçekleşen veriler için TEİAŞ'ın yayımladığı aylık kurulu güç raporları kullanılmıştır.
[2] APlus Enerji'nin fundamental model yaklaşımıyla geliştirdiği bir fiyat tahmin modelidir. Detaylı bilgi için: https://www.aplusenerji.com.tr/portfolio-item/aview-marketsim/

sonuçlarının gerçek piyasa koşulları ile tutarlılığı kontrol edilerek, kalibrasyonu sağlanmıştır. İncelenen her iki senaryo için değerlendirilen varsayımlar geriye dönük olarak çalıştırılan bu model üzerine yansıtılmıştır. Bu hesaplamaların sonucunda elektrik üretim karışımı, ithal yakıt maliyetleri, piyasa fiyatları ve emisyon miktarları gibi senaryo sonuçları ile gerçekleşen veriler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Modelin çalıştırılmasında göz önüne alınan bir başka nokta ise 2022 yılında doğal gaz tedarikinde yaşanmış aksamalardır. İlk olarak 2022 yılı ilk çeyreğinde İran'dan ithal edilen doğal gaz tedarikinde beklenmeyen kesintiler meydana gelmiş ve bu nedenle sanayide ve elektrik santrallerinde %50'lere varan bir doğal gaz kesintisi gerçekleşmiştir. Bu durumun senaryolardaki yansımaları aşağıdaki gibidir:

- **Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo:** Senaryo kapsamında doğal gaz üretimi normalden düşük olduğundan, bu dönemde gerçekleşmiş doğal gaz kesintisinin yansıtılmasına gerek kalmamıştır. Bu nedenle, bu senaryo kapsamında model doğal gaz kesintisi olmadan çalıştırılmıştır.

- **Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo:** Doğal gaz kaynaklı elektrik üretiminin gerçekleşen seviyelere yakın olması nedeniyle, doğal gaz tüketimi de gerçekleşen miktara benzer bir hacimde gerçekleşmiş ve bu nedenle doğal gaz kesinti miktarı reel durumdaki kesinti miktarıyla aynı olarak uygulanmıştır.



2. Model Sonuçları

2.1 Elektrik Üretim Miktarları

Değerlendirilen senaryolar kapsamında, 2022 yılı için gerçekleşen ve modellenen aylık elektrik üretimleri kaynak türüne göre hesaplanmıştır. Yapılan projeksiyonlar ve gerçekleşen değerler Tablo 1'de gösterilmektedir:

Tablo 1: *2022 yılı için gerçekleşen ve modellenmiş kaynak bazlı elektrik üretim miktarları (GWh)*

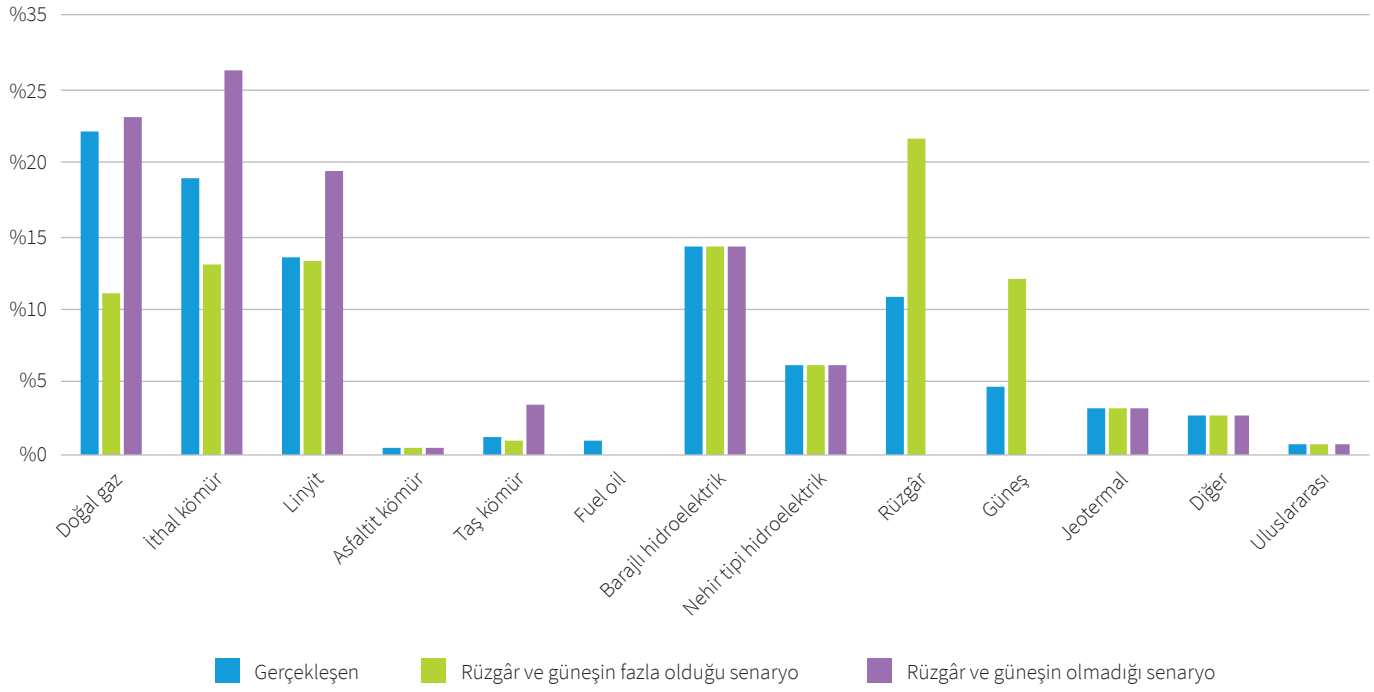
Kaynak	2022		
	Gerçekleşen[3]	Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo	Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo
Doğal Gaz	72.536	36.389	76.134
İthal Kömür	62.481	43.211	86.150
Linyit	44.746	43.778	63.585
Asfaltit Kömür	1.549	1.586	1.681
Taş Kömür	4.040	3.458	11.740
Fuel Oil	3.007	-	-
Barajlı Hidroelektrik	47.003	47.003	47.003
Nehir Tipi Hidroelektrik	20.187	20.187	20.187
Rüzgâr	35.447	71.145	-
Güneş	15.484	39.722	-
Jeotermal	10.448	10.448	10.448
Diğer	9.077	9.077	9.077
Uluslararası	2.704	2.704	2.704
Toplam	**328.709**	**328.709**	**328.709**

2022 yılı için Şekil 2'te sunulan sonuçlara göre Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo'da bu kaynakların elektrik üretimindeki toplam payı yaklaşık %34'e yükselmiştir. Bu yükselişin etkisiyle doğal gazın elektrik üretimdeki payı, gerçekleşen değer olan %22 seviyesinden %11'e kadar düşmüştür. Aynı dönemde kömürün payı ise %34'ten %28'e gerilemiştir.

Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo'da ise sistemde rüzgâr ve güneş üretiminin eksikliği nedeniyle doğal gazın elektrik üretimindeki payı mevcut durumdaki %22 seviyesinden %23 seviyesine yükselmiştir. Bununla birlikte kömürün elektrik üretimindeki payı kayda değer bir artış göstererek %34,3 seviyesinden %49,6'a kadar çıkmıştır.

[3] Gerçekleşen veriler için EPİAŞ ve TEİAŞ'ın yayımladığı halka açık veriler kullanılmıştır.

Şekil 2: *2022 yılı için gerçekleşen ve modellenen kaynak bazlı elektrik üretim oranlarının karşılaştırması (%)*



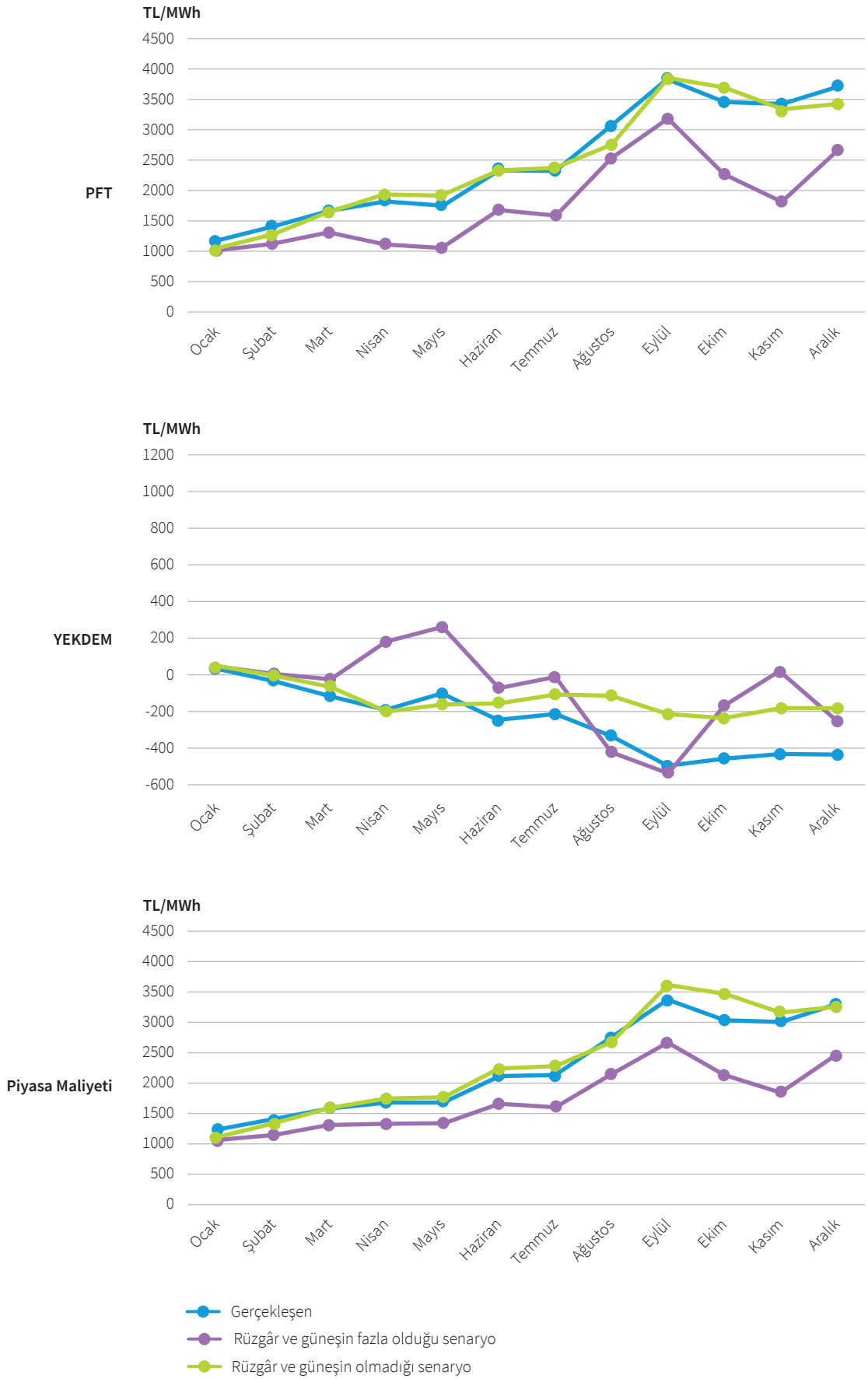
2.2 Piyasa Maliyeti Değerlendirmesi

Elektrik piyasası maliyetini[4] incelemek için YEKDEM ve piyasa takas fiyatlarının (PTF) birlikte ele alınması gerekmektedir. Gün Öncesi Piyasası'nda (GÖP) oluşan fiyat (PTF) ve YEKDEM birim maliyeti, son kullanıcı fiyatlarının iki temel unsurunu oluşturmaktadır. 2022 Şubat ayından itibaren YEKDEM birim maliyeti artan yakıt fiyatlarının etkisiyle eksi çıkmaya başlamıştır. Buna istinaden yapılan mevzuat değişikliğiyle bu durumun tüketicilerin tamamına yansıtılmaması kararı alınmıştır. Oluşan bu tutar Görevli Tedarik Şirketleri'ne (GTŞ) aktarılarak K-1 tarifesindeki tüketicilerin[5] sübvanse edilmesi ve böylelikle, tüketicilerin artan piyasa maliyetlerinden etkilenmemesi hedeflenmiştir. Halihazırda uygulanmakta olan bu uygulama, maliyet artışlarına karşı geliştirilmiş bir yöntem olduğundan ve normalde bu uygulama kullanılmadığından ilgili modelleme çalışması kapsamında dikkate alınmamıştır. Bu nedenle çalışmada, analiz edilen her iki senaryoda (Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo ile Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo) YEKDEM birim maliyetinin tüm tüketicilere yansıtıldığı durum modellenmiştir.

2022 yılı için gerçekleşmiş ve senaryolar kapsamında projekte edilmiş PTF, YEKDEM ve piyasa maliyetleri Şekil 3'te gösterilmektedir.

[4] Çalışmada "piyasa maliyeti" ile piyasa takas fiyatı (PTF) ve YEKDEM'in toplamı ifade edilmektedir.
[5] K-1 tarifesindeki tüketiciler, "Son Kaynak Tedarik Tarifesi" kapsamında olmayıp ulusal tarifeden elektrik satın alan konut, ticarethane, sanayi ve diğer tür küçük tüketicileri ifade etmektedir.

Şekil 3: *2022 yılı için aylık bazda gerçekleşen ve modellenen PTF, YEKDEM ve Piyasa Maliyetleri*



2021 yılı ikinci yarısından itibaren ve 2022 yılının tamamında başta doğal gaz ve ithal kömür olmak üzere yakıt fiyatlarında artışlar gözlemlenmiştir. Bu durum 2022 yılı içinde PTF'ye yansımış ve PTF'de hızlı bir yükselişe neden olmuştur.

Modellenen senaryolardan "Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo" kapsamında, 2022 yılında PTF değerleri gerçekleşmiş reel maliyetlerden daha düşük seyretmiştir. Özellikle 2022 yılı içinde bu senaryoda düşük maliyetli rüzgâr ve güneş üretimi, PTF üzerinde oldukça etkili olmuş ve senaryoda hesaplanan toplam piyasa maliyetleri gerçekleşen değerlerin ortalama %24,7 altında gerçekleşmiştir. 2022 yılı Eylül ayında doğal gaz tarifelerine zam yapılmıştır. Bu durumda, 2022 yılı son 4 ayında gerçekleşen ve modellenen piyasa maliyetleri karşılaştırıldığında, Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo kapsamında ortalama maliyet düşüşü reel duruma kıyasla %29,1 seviyesinde olmuştur. Doğal gaz tarifelerinin en üst seviyeye ulaştığı 2022 yılın son 4 ayı için Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo'da ise modellenen piyasa maliyetleri gerçekleşen değerlerin %6,0 üzerinde gerçekleşmiştir.

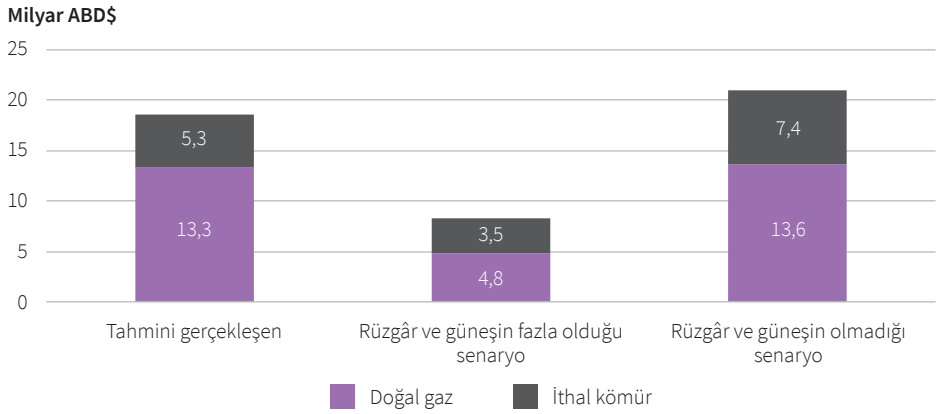
Bu sonuç, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının neredeyse sıfıra yakın kısa dönem marjinal maliyetlere sahip olmalarının, piyasada oluşan fiyatların düşmesinde ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Bu etki özellikle, devam etmekte olan enerji krizi gibi olağanüstü durumlarda daha belirgin bir şekilde görülmektedir.

2.3 İthal Yakıt Maliyeti

Türkiye'nin elektrik üretiminde doğal gaz ve ithal kömürün oldukça büyük bir payı bulunmaktadır. Bu kaynaklardan elektrik üretmek için gerekli linyit harici doğal gaz ve kömürün ithal edilmek zorunda olması sebebiyle elektrik üretim portfoyünde bu kaynakların payı ne kadar düşürülürse ithal yakıt maliyeti de o oranda düşecektir. Modelleme çalışması kapsamında incelenmiş iki senaryonun sonuçları, ithal yakıt maliyetleri çerçevesinde de değerlendirilmiştir. Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo kapsamında, ithal yakıt maliyetlerinde önemli bir tasarrufun elde edilebileceği öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji üretim kapasitesinin artmasıyla birlikte doğal gaz ve ithal kömür üretimlerinin düşmesi, ithal yakıt maliyetlerinde önemli azalmaları getirmiştir. Diğer taraftan, Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo'da, yerli kömür üretiminde artış olmasına rağmen doğal gaz ve ithal kömür kapasitelerindeki artışla birlikte enerji ithalatının arttığı görülmektedir.

2022 yılı için reel durumda hesaplanmış ithalat miktarları ile senaryolar kapsamında modellenmiş ithal yakıt maliyetlerinin karşılaştırılması Şekil 4'te gösterilmiştir:

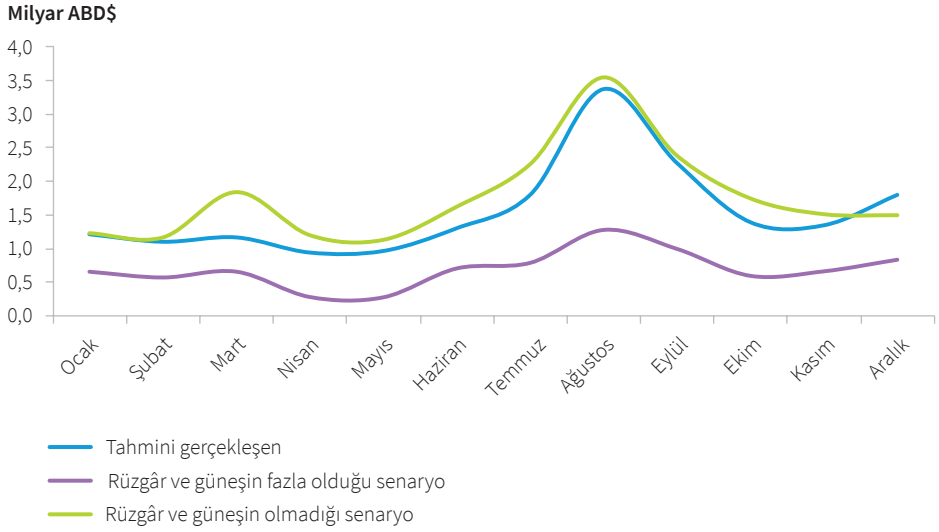
Şekil 4: *2022 yılı için yakıt tipine göre tahmini gerçekleşen ve modellenen ithalat maliyetleri*[6]



Enerji fiyatlarında hızlı bir artışın gerçekleştiği 2022 yılında 18,6 milyar ABD Doları tutarında gerçekleştiği hesaplanan ithalat maliyetine karşılık, Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo'da maliyetler 8,3 milyar ABD Doları; Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo'da ise 21,0 milyar ABD Doları seviyelerinde olacağı modellenmiştir.

Şekil 5'de aylık olarak gerçekleşmiş (mavi) ve modellenmiş (Mor: Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu, Yeşil: Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı senaryolar) aylık ithal yakıt maliyetleri gösterilmektedir. Senaryoların sonuçları gerçekleşmiş verilerle karşılaştırıldığında, Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo'da maliyetlerin genel olarak gerçekleşmelerin biraz yukarısında seyrettiği fakat emtia fiyatlarındaki yükselişle birlikte farkın açıldığı gözlemlenmektedir. Buna karşılık Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo'da ithal yakıt maliyeti sonuçlarının düzenli olarak gerçekleşen değerlerin altında seyrettiği ve farkın oldukça açıldığı görülmektedir.

Şekil 5: *2022 yılı için tahmini gerçekleşen ve modellenen aylık ithal yakıt maliyeti karşılaştırılması*



[6] Doğal gaz maliyeti hesaplamasında, Türkiye'nin gerçekleşen doğal gaz ithalatının aylık kırılımı, Avrupa'da oluşan doğal gaz fiyatları ve Türkiye'nin Brent petrole dayalı sözleşmeleri kapsamında geçmiş Brent petrol değerleri göz önüne alınmıştır. İthal kömür maliyeti hesaplamasında, ICE Futures piyasasında oluşan Rotterdam kömür fiyatları baz alınmıştır. Ancak 2022 yılında Rusya'dan kömür ithalatının artması nedeniyle ülkedeki ithal kömür maliyetinin Avrupa maliyetlerinin altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle 2022 yılı için açıklanan istatistiklerden yararlanılarak ICE piyasası sözleşmelerinin üzerine bir indirim uygulanmıştır.

2.4 Doğal Gaz Sübvansiyon Analizi

Türkiye'nin ithal ettiği doğal gaz için her ay kullanım bazlı tarifeler belirlenmekte ve doğal gaz satışı bu tarifeler üzerinden yapılmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde, senaryolar çerçevesinde elektrik üretiminde kullanılan doğal gazın tedarik maliyetleri analiz edilmektedir. Son dönemdeki maliyet artışlarının ardından uygulanan sübvansiyonlarla bu artışın tamamı piyasaya yansıtılmamıştır. Türkiye'nin ithalat maliyetleri boru gazına kıyasla daha pahalı olan LNG yoluyla tedarik ettiği doğal gazın oranına bağlı olarak artmaktadır. Bu çalışma kapsamında hesaplanan doğal gaz tüketimine bağlı olarak mevcut kontratlar ile birlikte alınan doğal gaz miktarı oranları tekrar hesaplanmış ve buna göre ortaya çıkan paçal maliyet farklı senaryolar için değerlendirilmiştir.

Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo kapsamında hesaplanan toplam doğal gaz tüketimi reel verilerden 2 milyar metreküp (m^3) daha fazla olarak gerçekleşmiştir. Bu nedenle, Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo kurgusunda ilgili bu miktar var olan kontratlara dahil edilmiştir. Yürütülen bu analizde, birim maliyetlerin artmayacağı varsayılmıştır. Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo'da ise düşen doğal gaz ithalat ihtiyacından dolayı tedarik karışımında LNG payının da düşeceği değerlendirilmiştir. Buna bağlı olarak Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo'da ithalat maliyeti hem birim maliyet düşüşünden hem de ithalat miktarının azalmasından dolayı oldukça düşmüştür.

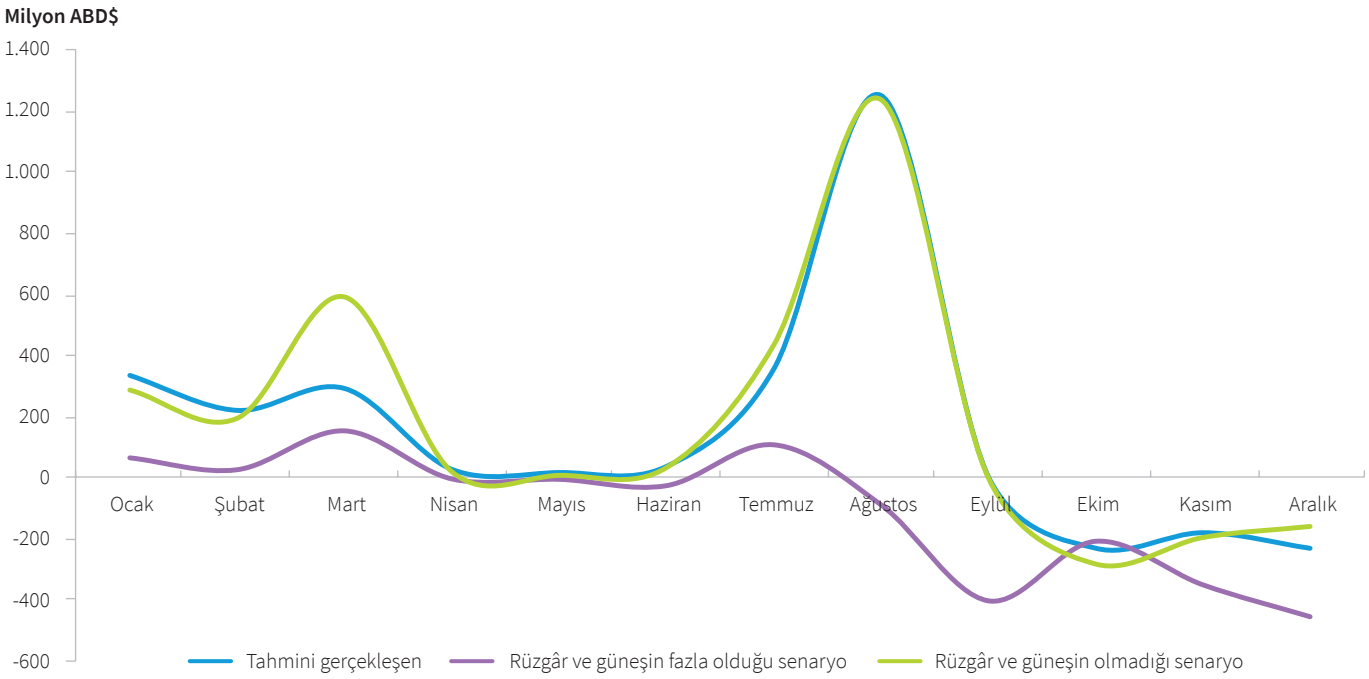
Aylık doğal gaz tarifeleri, tahmini gerçekleşen ve senaryolar kapsamında modellenen doğal gaz ithalat maliyetleri Tablo 2'de özetlenmiştir:

Tablo 2: *Tahmini Gerçekleşen ve Modellenen Doğal Gaz Birim İthalat Maliyetleri ve Aylık Doğal Gaz Tarifesi ((ABD$/tcm)*

		Maliyetler (ABD$/tcm)			Doğal Gaz Tarifesi (ABD$/tcm)
		Gerçekleşen	Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo	Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo	
2022	Ocak	629,0	477,3	629,0	406,9
	Şubat	633,6	489,4	633,6	460,0
	Mart	778,7	651,6	778,7	508,0
	Nisan	752,9	684,0	752,9	729,4
	Mayıs	697,2	637,1	697,2	687,5
	Haziran	757,9	679,6	757,9	733,1
	Temmuz	1.011,6	882,3	1.011,6	714,9
	Ağustos	1.393,6	665,1	1.393,6	760,6
	Eylül	1.117,6	616,1	1.117,6	1.124,1
	Ekim	866,8	547,9	866,8	1.107,2
	Kasım	912,1	531,3	912,1	1.105,9
	Aralık	927,1	526,7	927,1	1.102,7

Hesaplanan birim doğal gaz maliyetleri ve elektrik üretiminde kullanılan doğal gaz hacmi üzerinden toplam sübvansiyon miktarı aylık olarak hesaplanmıştır (Şekil 6). Çalışmada dikkate alınan 2022 yılı için reel durumda elektrik sektörüne satılan doğal gazda toplam 1,9 milyar ABD Doları sübvansiyon uygulandığı hesaplanmaktadır. İlgili sübvansiyon değeri, Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo için 2,2 milyar ABD Doları olarak hesaplanmaktadır. Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo'da ise 2022 yılı için tahmin edilen sübvansiyon seviyesine ek olarak 1,2 milyar ABD Doları tutarında ilave bir sübvansiyon maliyetinden kaçınılarak, toplamda 3,1 milyar ABD dolarlık bir fayda sağlanıyor.

Şekil 6: *2022 yılı için tahmini gerçekleşen ve modellenen aylık doğal gaz sübvansiyon maliyetleri*



2.5 Elektrik Üretimi Kaynaklı Emisyonlar

Türkiye'nin elektrik üretimi kaynaklı sera gazı emisyonları, 2018 yılında 150 milyon ton karbondioksit eşdeğerine (mt CO_2e) yükselerek ölçülmüş en yüksek değerine ulaşmıştır[7]. Elektrik sektörü emisyonları 2018 sonrasındaki iki yılda ise bir düşüş trendine girmiştir. Gözlemlenen düşüş eğiliminde etkili olan faktörler:

- 2019 yılında hidroelektrik santrallerinde gerçekleşmiş rekor düzeydeki elektrik üretimi ile fosil yakıt kaynaklı üretimin gerilemesi ve,
- 2020 yılında COVID-19 salgınının etkisiyle elektrik talebinin düşmesi ve buna bağlı olarak elektrik üretimine bağlı sera gazı emisyonlarındaki gerilemedir.

2021 yılı toplam sera gazı emisyon değerlerini içeren "Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri" henüz yayımlanmamış olmasına rağmen, salgın sonrası normalleşme aktiviteleriyle birlikte emisyonlarda hızlı bir artış olması beklenmektedir.

Mevcut verilere göre yapılan hesaplamalar, 2021 yılında elektrik üretimine bağlı sera gazı emisyonlarının 2018 yılına benzer şekilde 150 mt CO_2e seviyesinde

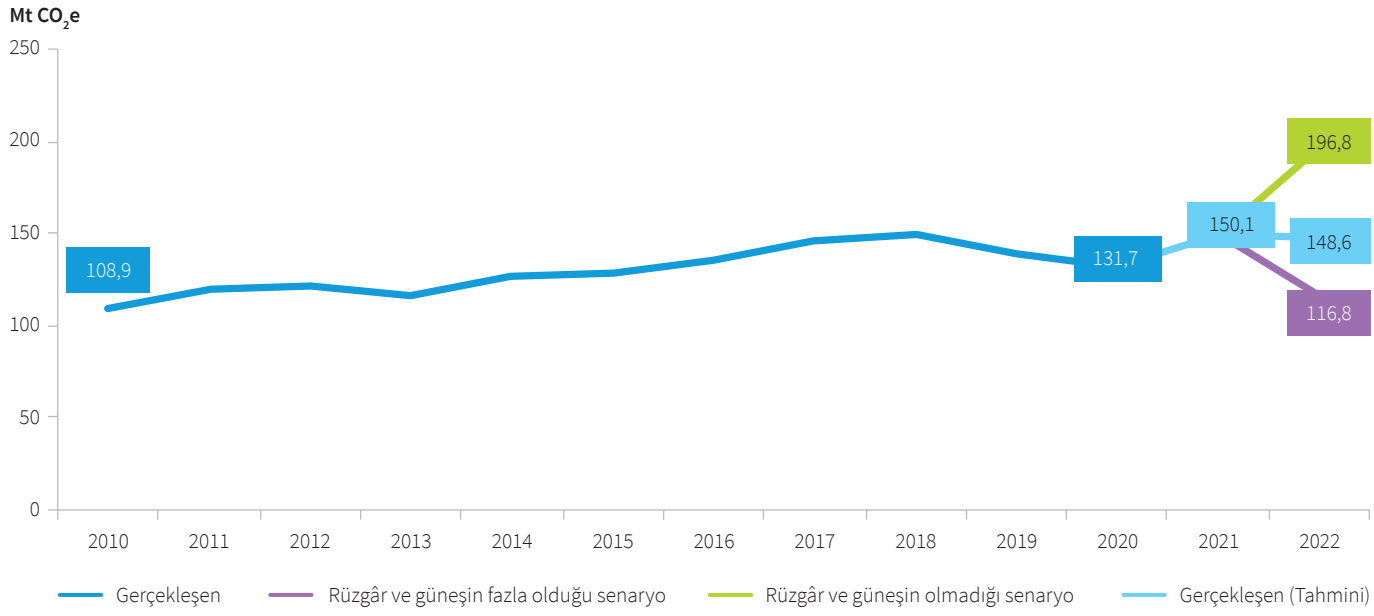
[7] Elektrik üretimi kaynaklı CO_2e emisyonları için TÜİK tarafından yayımlanan 'Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu, 1990-2020' isimli raporda yer verilen 1A1a kategorisi (Elektrik ve Isı Üretimi) baz alınmıştır.

gerçekleşebileceğine işaret etmektedir. Bu bağlamda, 2021 ve 2022 yılları için hem senaryolar hem de tahmini gerçekleşen elektrik üretimine bağlı emisyon değeri için 2018 yılı emisyonları baz alınarak simüle edilmiştir.

2022 yılı için gerçekleşmesi muhtemel emisyon miktarı 148,6 mt CO_2e seviyesinde olabileceği öngörülmektedir. Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo'da emisyonlar 116,8 mt CO_2e olarak hesaplanmaktadır ve bu değer 2022 yılı için gerçekleşmesi öngörülen emisyon miktarına kıyasla %21,4 daha düşüktür.

Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo kapsamında 2022 yılı için elektrik üretimi kaynaklı emisyon değeri ise 196,8 mt CO_2e seviyesinde hesaplanmaktadır. Bu rakam öngörülen 2022 yılı emisyon miktarına oranla %32,4 daha yüksektir.
Şekil 7'da, geçmiş dönemde gerçekleşmiş emisyon miktarları ve senaryolar kapsamında modellenmiş 2022 emisyon verileri karşılaştırılmaktadır.

Şekil 7: *Geçmiş dönemli gerçekleşen ve senaryolar kapsamında projekte edilen emisyon değerleri (mt CO_2e)*



3. Çıkarımlar

Bu çalışma kapsamında 2022 yılı için kurgulanmış iki farklı senaryo ve geçmiş dönemli gerçekleşmiş reel veriler parametrik olarak incelenmiştir. “Rüzgar ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo” kapsamında rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu kapasitelerinin her birinin 20 GW seviyesinde olacağı varsayılmıştır. “Rüzgar ve Güneşin Olmadığı Senaryo” kapsamında ise sistemde hiç güneş ve rüzgâr enerjisi santrali olmadığı varsayılmış ve oluşan üretim açığı geçmiş dönemde planlanmasına rağmen faaliyete geçmemiş çeşitli fosil yakıtlı elektrik üretim tesisi kapasitesi ile giderilmiştir. Yürütülmüş çalışmada dikkate alınan karşılaştırma parametreleri, piyasa maliyetleri, ithal yakıt maliyetleri, doğal gaz sübvansiyon değerleri ve karbon emisyonlarıdır. Analiz sonuçlarına göre, rüzgâr ve güneşten elektrik üretiminin fazla olması durumunda sistemin hem ekonomik hem de çevresel bütüncül faydalar edineceği anlaşılmaktadır. Analiz kapsamındaki temel çıkarımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 2022 yılı itibarıyla, Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo’da hesaplanan piyasa maliyetleri aynı dönemde gerçekleşmiş reel maliyetlerin %24,7 altında seyretmiştir. Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo’da modellenen piyasa maliyetleri incelendiğindeyse, yerli kömür kaynaklı üretimin artmasına rağmen, emtia fiyatlarındaki artışın piyasa maliyetlerini %3,6 oranında artırdığı görülmüştür. Piyasa maliyetleri 2022 yılı için reel durumda 2.257 TL/MWh seviyesinde gerçekleşmişken, Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo’da maliyet 1.699 TL/MWh seviyesinde oluşmuştur. Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo için ise aynı değer 2.338 TL/MWh’dir. Bu durum yenilenebilir enerji üretiminin artmasının, piyasa maliyetleri üzerindeki düşürücü etkisini net bir şekilde göstermektedir.

- İthal yakıt maliyetleri açısında da yenilenebilir enerji kurulu kapasitesinin yüksek olması daha avantajlıdır. Çalışmada dikkate alınan projeksiyon dönemi (2022 yılıı) düşünüldüğünde, elektrik üretimi amaçlı ithal edilen yakıt maliyeti toplam 18,6 milyar ABD Dolar olarak hesaplanmaktadır. Bu değer, Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo’da 21 milyar ABD Doları; Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo’da ise 8,3 milyar ABD doları seviyesinde hesaplanmaktadır. Artan yenilenebilir enerji kurulu gücünün, ithal yakıt maliyetlerini azaltmada ve cari açığın düşürülmesinde oldukça etkili olacağı değerlendirilmektedir. Bu etki emtia fiyatlarında gözlemlenen yüksek artış dönemlerinde daha da önemli bir hale gelmektedir.

- İthal yakıt maliyetlerindeki değişimler nedeniyle zaman zaman elektrik santrallerine sübvansiyon sağlanarak, bu durumun piyasaya etkisi azaltılmaya çalışılmaktadır. İlgili sübvansiyon maliyetleri ise kamu bütçesinden karşılanmaktadır. Modelleme çalışması sonuçlarına göre yenilenebilir enerji kurulu gücündeki artışla birlikte ithal yakıta olan bağımlılık azalacağından, sübvansiyon maliyetleri de azalmaktadır. Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo sonuçları doğal gazın daha az tüketilmesiyle birlikte birim doğal gaz ithalat maliyetinin de düşeceğini göstermektedir. Mevcut durumda 2022 yılı için 1,9 milyar ABD Doları hesaplanan sübvansiyon bedeli, Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo’da 2,2 milyar ABD Doları seviyesine çıkmaktadır. Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo’da ise 2022 yılı için tahmin edilen sübvansiyon seviyesine ek olarak 1,2 milyar ABD Doları tutarında ilave bir sübvansiyon maliyetinden kaçınılarak, toplamda 3,1 milyar ABD dolarlık bir fayda sağlanıyor.

- Türkiye'nin 2053 net-sıfır karbon hedefi ve Paris Anlaşması kapsamındaki taahhütleri bakımından karbon emisyonlarında yapacağı azaltımlar kısa, orta ve uzun vadede önem kazanmıştır. 2022 yılı için model sonuçları değerlendirildiğinde Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo'da hesaplanan emisyonların 2022 için öngörülen değerlere oranla %21,4 daha düşük; Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo'da ise %32,4 daha yüksek olduğu görülmektedir.

Analiz edilen senaryoların sonuçları ile gerçekleşen değerler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: *2022 yılı için gerçekleşmiş ve modellenmiş sonuçların parametrik karşılaştırması*

	Parametreler	Gerçekleşen	Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo	Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo
2022	Rüzgâr ve Güneşin Üretimdeki Payı (%)	15,5	33,7	-
	Doğal Gazın Üretimdeki Payı (%)	22,1	11,1	23,2
	Kömürün Üretimdeki Payı (%)	34,3	28,0	49,6
	Ortalama Piyasa Maliyeti (TL/MWh)	2.257,0	1.698,5	2.338,0
	Toplam İthal Yakıt Maliyeti (Milyon ABD$)	18.630	8.287	21.049
	Elektrik Üretimi Kaynaklı Doğal Gaz Sübvansiyon Maliyeti (Milyon ABD$)	1.909	-1.221	2.218
	Elektrik Üretimi Kaynaklı Toplam Emisyon Miktarı (mt CO_2e)	148,6	116,8	196,8

Çalışma kapsamında incelenen tüm parametreler göz önüne alındığında yenilenebilir enerji üretiminin artırılmasının hem ekonomik hem de çevresel faydalarının oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. COVID-19 salgını sonrasında artmaya başlayan emtia fiyatları ile birlikte etkisi artan enerji krizinde, yenilenebilir enerjinin ülke ekonomisine ve net-sıfır hedeflerine katkısı daha iyi anlaşılmaktadır. Bu tespiti model sonuçları da desteklemektedir.

Analiz sonuçları incelendiğinde, yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretiminin teşvik edilmesi yerine termik santral yatırımlarına ağırlık verilmesi durumunda son tüketicilere yansıyan elektrik fiyatları, ithalat maliyetleri ve karbon emisyonlarında artış görülmektedir.

Geçmiş dönemde yenilenebilir enerji santrallerine verilen teşvikler bu kaynakların kurulu gücünü artırmada önemli bir rol oynamış olsa da politikalardaki bazı eksiklikler ve piyasadaki rekabet koşullarının etkisiyle çoğu projede gecikmeler yaşanmış ya da projeler iptal olmuştur. Bütüncül politikalarla birlikte piyasa koşullarının yenilenebilir enerji yatırımlarının hızlandırılmasını sağlayacak şekilde iyileştirilmesi, enerji arz güvenliğine, karbon emisyonlarının azalmasına ve Türkiye ekonomisine çok yönlü faydalar sunacaktır.

İstanbul Politikalar Merkezi

İstanbul Politikalar Merkez (İPM) demokratikleşmeden iklim değişikliğine, transatlantik ilişkilerden çatışma analizi ve çözümüne kadar, önemli siyasal ve sosyal konularda uzmanlığa sahip, çalışmalarını küresel düzeyde sürdüren bir politika araştırma kuruluşudur. İPM araştırma çalışmalarını üç ana başlık altında yürütmektedir: İPM-Sabancı Üniversitesi-Stiftung Mercator Girişimi, Demokratikleşme ve Kurumsal Reform, Çatışma Çözümü ve Arabuluculuk. 2001 yılından bu yana İPM, karar alıcılara, kanaat önderlerine ve paydaşlara uzmanlık alanına giren konularda tarafsız analiz ve yenilikçi politika önerilerinde bulunmaktadır.

European Climate Foundation

European Climate Foundation (ECF) Avrupa'nın düşük karbonlu bir toplum haline gelmesine yardımcı olabilmek ve iklim değişikliğiyle mücadelede uluslararası alanda güçlü bir lider rolü oynayabilmek amacıyla kurulmuştur. ECF, her türlü ideolojiden uzak kalarak düşük karbonlu bir topluma geçişin "nasıl" olacağı konusunu odağına alır. Ortaklarıyla yaptığı iş birliği kapsamında ECF, bu geçişte kilit rol oynayacak patikaları ve farklı alternatiflerin sonuçlarını ortaya çıkararak bu tartışmalara katkı sağlamayı hedefler.

Agora Energiewende

Agora Energiewende; Özellikle Almanya ve Avrupa olmak üzere tüm dünyada temiz enerjiye başarılı bir geçiş yapılmasını sağlamak amacıyla veri odaklı, politik açıdan uygulanabilir stratejiler geliştirir. Bir düşünce kuruluşu ve politika laboratuvarı olan Agora; yapıcı bir fikir alışverişi sağlarken siyaset, iş ve akademi dünyasından paydaşlarla da bilgi birikimini paylaşmayı hedefler. Kâr amacı gütmeyen ve bağışlarla finanse edilen Agora, kendini kurumsal ve siyasi çıkarlara değil, iklim değişikliğiyle mücadeleye adamıştır.



SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

Bankalar Caddesi,
Minerva Han, No:2, Kat:3
34420 Karaköy / İstanbul
Tel: +90 212 292 49 51
E-mail: info@shura.org.tr
www.shura.org.tr

SHURA Kurucu Ortakları:

İPM | IPC İSTANBUL POLİTİKALAR MERKEZİ
SABANCI ÜNİVERSİTESİ KAMPUSU
İSTANBUL POLICY CENTER
AT SABANCI UNIVERSITY

European Climate Foundation

Agora Energiewende