



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN, ELEKTRİK TALEBİ VE FİYATINA
YAPACAĞI ETKİNİN ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORÇUN FIRAT UYGUROĞLU

DANIŞMAN: DOÇ. DR. TAYLAN GÜNEŞ

**YALOVA
OCAK 2023**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN, ELEKTRİK TALEBİ VE FİYATINA YAPACAĞI
ETKİNİN ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORÇUN FIRAT UYGUROĞLU
195103017

DANIŞMAN: DOÇ. DR. TAYLAN GÜNEŞ

YALOVA
OCAK 2023

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım “Elektrikli Araçların, Elektrik Talebi ve Fiyatına Yapacağı Etkinin Analizi” başlıklı bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

İmza

Orçun Fırat UYGUROĞLU



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, akademik anlamda bana her zaman destek olan ve doğru yolu gösteren sayın danışman hocam Taylan GÜNEŞ'e teşekkür ederim. Her zaman yanımda oldukları ve benden desteklerini hiçbir zaman esirgemedikleri için aileme çok teşekkür ederim

Ayrıca çalışmamda her zaman desteklerini hissettiğim Sn. Furkan TALU, Sn. Halil Aykut ZERE, Sn. Alper İNKAYA, Sn. Başar AYDIN'a ve Sn. Murat KİRAZLI'ya teşekkür ederim.

Ocak – 2023

Orçun Fırat UYGUROĞLU





İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	ix
TABLOLAR LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
ÖZET.....	xv
ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTRİK PİYASALARI	3
2.1. EPİAŞ Piyasaları	4
2.1.1. Vadeli elektrik piyasası.....	4
2.1.2. Organize yenilenebilir enerji kaynak garanti sistemi (YEK-G) piyasası... ..	5
2.1.3. Gün öncesi piyasası	5
2.1.3.1. Teklifler	6
2.1.3.1.1. Saatlik teklif.....	6
2.1.3.1.2. Esnek teklifler	6
2.1.3.1.3. Blok teklifler	6
2.1.4. Gün içi piyasası	7
2.1.4.1. Teklifler	8
2.1.4.1.1. Saatlik teklifler.....	8
2.1.4.1.2. Blok teklifler	8
2.1.5. PTF belirleme yöntemi	8
2.2. TEİAŞ Piyasaları	10
2.2.1. Dengeleme güç piyasası	10
2.2.2. Yan Hizmetler Piyasası	10
3. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİSİ.....	13
3.1. Pil Paketli Elektrikli Araçlar	13
3.2. Elektrikli Araçlarda Pil Teknolojileri.....	14
3.2.1. Kurşun-asit (Pb-acid) piller	14
3.2.2. Nikel kadmiyum (NiCd) piller	14
3.2.3. Nikel metal hidrat (NiMH) piller	15



3.2.4.	Lityum iyon (Li-ion) piller	15
3.2.5.	Lityum iyon polimer (LiPo) piller	15
3.2.6.	Lityum demir fosfat (LiFePO ₄) piller	15
3.2.7.	Lityum sülfür (Li-S) piller	16
3.3.	Elektrikli Araçların Talebe Etkileri	16
4.	TALEP ARTIŞININ PTF'YE ETKİSİ	19
5.	GÜNEŞ ENERJİ ARZININ FİYATA ETKİSİ	35
6.	NÜKLEER ENERJİ ARZININ FİYATA ETKİSİ	43
7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR		51
ÖZGEÇMİŞ		53



SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

SİMGELER

E : Enerji
P : Güç

KISALTMALAR

DGP : Dengeleme Güç Piyasası
EPDK : Enerji Piyasa Düzenleme Kurulu
EPIAŞ : Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
EÜAŞ : Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GİP : Gün İçi Piyasası
GÖP : Gün Öncesi Piyasası
PTF : Piyasa Takas Fiyatı
TEİAŞ : Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
YHP : Yan Hizmetler Piyasası

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1.1. Fiyat Bağımlı Teklif.....	9
Tablo 1.2. Fiyat Bağımsız Teklif	9
Tablo 4.1. 2021 Yılı Azami Fiyat Seviyeleri	21
Tablo 4.2. 2021 Yılı Azami Fiyat Çıkan Saat Sayısı	22
Tablo 4.3. 2021 Yılı Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi	25
Tablo 4.4. 2022 Yılı Azami Fiyat Seviyeleri	26
Tablo 4.5. 2020 Yılı Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi	29
Tablo 4.6. 2019 Yılı Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi	32
Tablo 4.7. Gün Öncesi Piyasası Eşleşme Miktarları.....	32
Tablo 5.1. 2021 Yılı Arz-Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi.....	38
Tablo 5.2. 2020 Yılı Arz-Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi.....	40
Tablo 5.3. 2020 Yılı, Arz ve Talep Artışının PTF'ye Etkisi.....	40
Tablo 5.4. 2019 Yılı Arz-Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi.....	41
Tablo 5.5. Yıllara Göre Arz-Talep Artışının PTF'ye Etkisi	42
Tablo 6.1 2021 Yılı Nükleer Enerjinin Aylık Bazda PTF'ye Etkisi.....	45
Tablo 6.2. 2020 Yılı Nükleer Enerjinin Aylık Bazda PTF'ye Etkisi	46
Tablo 6.3. 2019 Yılı Nükleer Enerjinin Aylık Bazda PTF'ye Etkisi	46



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Elektrik Piyasaları Yapısı	4
Şekil 1.2. Arz-Talep Eğrisi	10
Şekil 3.1. Elektrikli Araç Teknolojileri.....	13
Şekil 3.2. Pil Paketli Elektrikli Araç	13
Şekil 3.3. Enerji Hacim ve Kütle İndeksi.....	14
Şekil 3.4. Pillerin Hacimsel Enerji Yoğunluğu ve Özgül Enerjileri	16
Şekil 4.1. Yıllara Göre Aylık PTF Ortalamaları	20
Şekil 4.2. 01.01.2021, Saat 00:00 Arz-Talep Eğrisi	23
Şekil 4.3. 01.01.2021, Saat 00:00 Elektrikli Araç Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi	23
Şekil 4.4. Gerçekleşen PTF ile Talep Artışı Kaynaklı Oluşan PTF.....	24
Şekil 4.5. 08.03.2020, Saat 15:00 Arz-Talep Eğrisi	27
Şekil 4.6. 08.03.2020, Saat 15:00 Elektrikli Araç Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi	27
Şekil 4.6. Gerçekleşen PTF ile Talep Artışı Kaynaklı Oluşan PTF.....	28
Şekil 4.7. 27.06.2019, Saat 15:00 Arz-Talep Eğrisi	30
Şekil 4.8. 27.06.2019, Saat 15:00 Elektrikli Araç Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi	30
Şekil 4.9. Gerçekleşen PTF ile Talep Artışı Kaynaklı Oluşan PTF.....	31
Şekil 5.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli	35
Şekil 5.2. Fotovoltaik Dizi Karakteristikleri	36
Şekil 5.3. Saatlik Bazda Aylık Ortalama Güç Değerleri (Saat 00:00-12:00 Arası).....	36
Şekil 5.4. Saatlik Bazda Aylık Ortalama Güç Değerleri (Saat 13:00-24:00 Arası).....	36
Şekil 5.5. 09.07.2021, Saat 15:00, Arz ve Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi.....	37
Şekil 5.6. 08.03.2020, Saat 15:00, Arz ve Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi.....	39
Şekil 5.7. 27.06.2019, Saat 15:00, Arz ve Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi.....	41
Şekil 6.1. 09.07.2021, Saat 15:00, Nükleer Arz Artışı ile Arz-Talep Eğrisi	44
Şekil 6.2. 01.01.2021, Saat 00:00, Nükleer Arz Artışı ile Arz-Talep Eğrisi	44
Şekil 6.3. Yıllara Göre Gerçekleşen PTF ile Arz-Talep Etkileri ile Oluşan PTF	47



ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN, ELEKTRİK TALEBİ VE FİYATINA YAPACAĞI ETKİNİN ANALİZİ.

ÖZET

Enerji dünyada olduğu gibi ülkemizde de en önemli konulardan birini oluşturmaktadır. Yaşamın her alanında ihtiyaç duyulan enerjinin, bireylerin yaşam kalitesi ve konforu haricinde ülkelerin ekonomik ve siyasi durumlarında da rolü büyüktür. Ülkemizde enerji piyasası gün geçtikçe gelişmektedir. Enerji fiyatlarındaki yükseliş tüm dünyada dikkat çekmektedir. Ülkemizde de enerjide dışa bağımlılığın mevcut olması sebebiyle bu artışların etkisi büyük olmaktadır. Enerji arz güvenliğini temin edecek ve artan maliyetlerle başa çıkabilecek yatırım planlamaları yapılması zorunluğuna dönüşmüştür. Tüm bunların haricinde dünyada olduğu kadar ülkemizde de gündemde olan elektrikli araç teknolojisi gün geçtikçe kullanımı artan ve ülkemizde de önemli yatırımları bulunan bir konudur. Elektrikli araçların kullanımının artması ile birlikte elektrikli araç kaynaklı bir talep yükselişi meydana gelecektir. Bu talep yükselmesi sürecinde arz yatırımlarının gelişmemesi durumunda elektrik fiyatlarında yaşanacak yükselişler kaçınılmaz olacaktır. Temiz enerji tüketimi kapsamında elektrikli araçlara olan yönelim, elektrikli araçların yaratacağı talep yükselişine de temiz ve çevreci çözümler bulmakla tamamlanacaktır. Bu çalışmada elektrikli araçların yol açacağı talep artışının elektrik fiyatında oluşturacağı etki analiz edilmiş ve bu durum karşısında güneş enerji santrali arz girişinin bu durum üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonrasında ise ülkemizde faaliyete geçecek olan nükleer enerji santralinin bu talep artışı karşısında yaşatacağı etki analizleri gerçekleştirilmiş ve ilgili durumların gelişen enerji piyasasında, enerji piyasa dinamiklerine ne gibi etkilerde bulunacağına dair araştırmalar yapılmış ve enerji fiyatlarını ne yönde şekillendireceği üzerine hesaplamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Piyasası, Elektrikli Araç, Enerji



THE ANALYSIS OF THE EFFECT OF ELECTRIC VEHICLES ON ELECTRICITY DEMAND AND PRICE

ABSTRACT

Energy is one of the most important issues in our country as well as in the World. Energy is needed in all areas of life. It is necessary for quality of life and comfort. It also plays an important role in economic and political situations. and comfort of individuals. The energy market in our country is developing day by day. The rise in energy prices draws attention all over the world. There is foreign dependency in energy in our country. For this reason, the effect of cost increases is high. Investments should be made to ensure energy supply security and to reduce high costs. The use of electric vehicles is increasing in the world and in our country. There are significant investments in our country. The increase in the number of electric vehicles will also increase the demand for electricity. As long as no investment is made, the increase in demand will also increase the prices. There is a trend towards electric vehicles in the principle of clean energy consumption. Clean and environmentally friendly solutions should be brought to the increase in demand. In this study, the effect of the increase in demand caused by electric vehicles on the electricity price was analyzed Then it is assumed that solar energy investment is made. The effect of solar energy on the price in case of an increase in demand has been examined. There is a nuclear power plant that will be operational in our country. Finally, the effect of the nuclear power plant on the price has been analyzed. The effects of all these analyzes on the energy market have been calculated.

Keywords: Electricity Market, Electric Vehicle, Energy



1. GİRİŞ

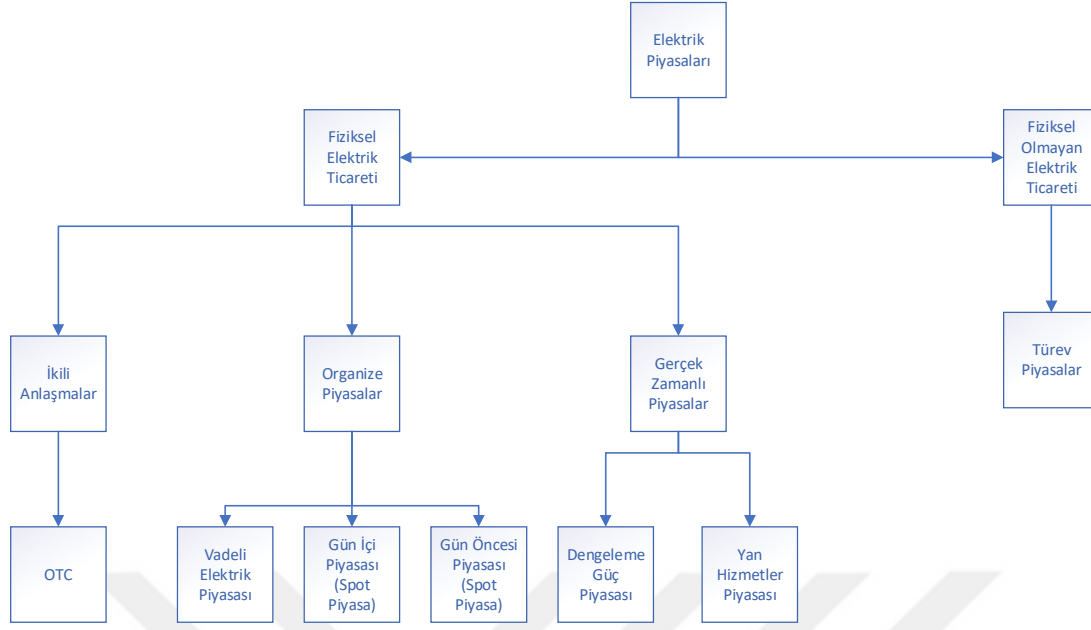
Türkiye’ de 2001 de çıkarılan Elektrik Piyasası Kanunu ile, elektrik piyasasında serbestleşme süreci başlamıştır. Dengeleme Güç Piyasası ve Gün Öncesi Piyasası 2011 yılından beri yürürlüktedir. Bu süreçte dağıtım şirketleri için özelleştirme süreci gerçekleştirilmiş ve 2013 yılında dağıtım şirketleri ile perakende şirketlerini birbirlerinden ayrılmıştır. [1] 2015 yılında Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPIAŞ) bağımsız bir şirket olarak kurulmuş ve enerji piyasa süreçleri bu şirkete aktarılmıştır. Yine aynı yılda dengeleme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi adına Gün İçi Piyasası da sisteme dahil edilmiştir. [2] Elektrik Piyasasında her gün, her saat için bir gün öncesinden fiyatlar belirlenir. Bu fiyatlamalar belirlenirken arz-talep eğrisi dikkate alınır.[3] Üretici ve tüketiciler her gün bir sonraki gün için üretim ve tüketimlerini sisteme girerler. [4] Yapılan fiyatlamalar neticesinde arz ve talebin kesiştiği noktada bulunan fiyat, ilgili saat için Piyasa Takas Fiyatını (PTF) oluşturur. Bu süreçte fiyatın belirlenmesinde temel oluşturan arz ve taleptir. [3][4]. Talebin yükselişe geçmesi elektrik fiyatlarını yükseltici yönde bir rol oynayacaktır. Maliyeti düşük enerji kaynakları, talebi karşılayabilecek seviyede ise elektrik fiyatlarında azalma görülecektir. Şu an ki durumda ülkemizde yaşanan su sıkıntılarının da etkisiyle elektrik fiyatlarında belirleyici unsur doğalgaz ve ithal kömür santralleridir. Bu sebeple de ülkemizde elektrik fiyatları doğalgaz ve ithal kömürün fiyatları ile benzer bir eğri göstermektedir. Arz kaynakları fiyatlarını, elektrik üretim yakıtlarının fiyatlarını temel olarak belirlemekte, bunlar da kurlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Gittikçe yükselen elektrik talebi de bu yükselme eğilimini artırmaktadır. 2021 yılının kurak geçmesi ve yaz aylarında elektrik talebinin çok yükselmesi sebebiyle arzın talebi karşılamadığı durumlarla karşı karşıya gelinmiştir. Elektrik fiyatları genel olarak EPIAŞ’ın belirlemiş olduğu azami fiyat seviyelerinde gerçekleşmiştir. Bu süreçte kurun da etkisiyle ithal kömür santralleri bu azami fiyatın üzerinde bir maliyetle karşılaştığından çalışmaz duruma gelmiş ve arz yetersizliği sebebiyle santrallerin çalışma durumunun sektöre uğramaması adına azami fiyat güncellemeleri de yapılmıştır. Tüm bu yaşananlar ve arz kaynaklarının talebi karşılayamaması gibi endişeler gelecek adına kaygı verici durumlar oluşturmaktadır. Tüm bu anlatılan durumların tam tersi de pandemi sürecinde yaşanmıştır. Pandemi sürecinde üretim tesislerin büyük oranda durması ve sokağa çıkma kısıtlamaları ile enerji talebinde

büyük bir düşüş gerçekleşmiş ve doğalgaz ve ithal kömürlere gerek kalmadan enerji talebi karşılanabilecek noktaya gelmiştir. Hatta bu süreçte bazı günlerde tüm elektrik talebi yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılanabilmiştir. Bu süreçte elektrik fiyatlarını 0 TL/MWh'lik değerler alması söz konusu olmuştur. 2021 yılı ile birlikte gerçekleşen veriler gelecek adına bazı öngörüler oluşturmuştur. Kuraklık, kur artışı gibi sebepler ile enerji fiyatlarında yükselme ve hatta arz kaynaklarında yetersizlik oluşması gibi durumlar oluşmuştur. Talebin git gide artıyor olması bu durumu daha da riskli hale getirmiştir. Bütün bu durumlar göz önüne alındığında Türkiye'nin kendi elektrikli aracını üretiyor olması ve elektrikli araç kullanımının yaygınlaşacak olması durumu da bu durumun değerlendirilmesi açısından önemlidir. Elektrikli araçların yaygınlaşması ve şarj istasyonlarının yaygınlaşması beraberinde birçok etkiyi getirecektir. Bu durum elektrik talebi üzerinde artış oluşturacak dolayısıyla elektrik fiyatlarına etki edecektir. Ayrıca şebeke üzerine yük getirecek ve şebeke üzerinde etkileri olacaktır. [2] Bu durum farklı şarj istasyonları ve farklı teknolojiler üzerinde çalışmalara sebebiyet verecek ve şarj istasyonlarının nerelerde olacağı ve ne şekilde bir fiyatlanma sağlanacağı ve devletin ne gibi regülasyonları olacağı yönünde birçok yenilik getirecektir.

Talepte yaşanacak olan artışın ne şekilde karşılanacağı gibi yeni sorular ortaya çıkmaktadır. Temiz enerji kullanımı kapsamında elektrikli araçların tercih edilmesi doğrultusunda hedefe tam olarak ulaşabilmek adına elektrikli araç için oluşacak talep artışına temiz enerji çözümleri getirilmesi zorunluluğu olacaktır. Bu kapsamda elektrik talebinde yaşanacak olan artışın elektrik piyasasında oluştuacağı fiyatlar incelenmiş, yükselişlerin ne seviyede olacağı arz-talep eğrileri üzerinde modellenerek analiz edilmiştir. Çıkan sonuca bağlı olarak güneş enerjisi arzının analizleri yapılmış ve bu analizler neticesinde talep artışı karşısında güneş enerjisi arzının oluşturacağı yeni etkiler değerlendirilmiş ve ülkemizde işleme başlayacak olan nükleer santralin de bu talep artışına etkisi ayrı ayrı analiz edilmiştir.

2. ELEKTRİK PİYASALARI

Elektrik piyasasının serbestleşme süreci 2001’de çıkarılan “Elektrik Piyasası Kanunu” ile başlamıştır. TEAŞ ayrıştırılarak; TETAŞ, TEİAŞ ve EÜAŞ kurulmuştur. [20] Dikey bütünleşik yapının ayrıştırılması ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK) kurulması ile elektrik sektöründe serbestleşme adımları ileri bir boyuta taşınmıştır. Bu süreç 2004-2005 yıllarında Enerji Sektörü Strateji Belgesi ve Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği'nin yayınlanmasıyla devam etmiştir. Sonrasında 2006-2007 yıllarında Dengeleme Piyasası açılmış ve nakdi uygulamaya başlanmıştır. 2008-2010 Yıllarında yan hizmetlerin ücretlendirilmesi, gün öncesi planlamaya geçilmesi ve bununla birlikte saatlik ücretlendirmenin yapılması, dağıtım şirketlerinin özelleştirilmeye başlanması, Nükleer Enerji Kanunu'nun çıkarılması, ENTSO-e test bağlantısının gerçekleşmesi ile piyasa yapısı şekillenmeye başlamıştır. Bu değişim süreçleri hız kesmeden devam etmiş, 2011-2012 yıllarında; Yenilenebilir Enerji Kanunu ve İkincil Mevzuat yayınlanmıştır. Gün Öncesi Piyasası kurulmuş ve Teminat ve Ödeme mekanizmaları oluşturulmuştur. YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması) devreye alınmıştır. Yine bu aralıkta dağıtım şirketlerinin özelleştirme işlemleri tamamlanmıştır. PMUM özerkleştirilmiş, enerji borsası kurulmuş ve Gün İçi Piyasası devreye alınmıştır. 2013 yılında, dağıtım ile perakende satış faaliyetlerinin birbirlerinden ayrılması kararı alınmıştır. 2013-2014 yıllarında, özel sektör payının artırılması için çalışmalar yapılmıştır. 2015 yılında ise EPIAŞ kurulmuştur. Mevcut Durumda Elektrik Piyasaları Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Elektrik Piyasaları Yapısı

Spot Piyasalarda, Gün Öncesi Piyasası, Gün İçi Piyasası ve Vadeli Elektrik Piyasasının işletmeciliğini EPIAŞ üstlenmiştir. Gerçek Zamanlı Piyasaların İşletmeciliği ise TEİAŞ tarafından gerçekleştirilmektedir.

2.1. EPIAŞ Piyasaları

Elektrik piyasası işletme lisansı sahibi olan EPIAŞ, işletim lisansında bulunan piyasaların etkin, şeffaf ve güvenilir ve sektör ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlaması, kurulması ve işletilmesi amacını gütmektedir. Bununla birlikte artan piyasa katılımcısı sayısının ihtiyaçlarını karşılayacak doğrultuda yenilikle ve geliştirmeler yapmak da EPIAŞ'ın görevleri arasındadır.

2.1.1. Vadeli elektrik piyasası

EPIAŞ'ın yönetiminde olan ve Sürekli Ticaret Yöntemine göre işleyen bir piyasadır. EPIAŞ bu piyasada merkezi karşı taraf hizmeti verir ve böylelikle piyasa katılımcıları karşı taraf riskinden korunmuş olurlar. [6]. Fiziksel teslimatlı bir piyasa sistemidir. Vadeli işlemler organize piyasalar da yapılabilmesinin yanı sıra tezgah üstü piyasalarda da ikili anlaşmalar yoluyla yapılabilir, fakat bu sistemlerde karşı taraf riski bulunmakla birlikte ve işlemlerin düzenli bir şekilde yayınlanmaması sebebiyle geleceğe yönelik bir fiyat beklentisi oluşması konusunda yetersizdir. Spot

elektrik piyasalarında, katılımcılar portföy dengeleme ve optimizasyon işlemleri yapmaktadır. Vadeli elektrik piyasasında ise piyasa katılımcıları, geleceğe yönelik fiyat beklentilerini görebilmekte ve böylelikle fiyat riskine karşı bir korunma yöntemi oluşturabilmektedir. [6]

2.1.2. Organize yenilenebilir enerji kaynak garanti sistemi (YEK-G) piyasası

YEK-G sisteminde amaç, sistemde bulunan üretim tesislerinin şebekeye vermiş oldukları her 1 MWh'lik enerjinin özelliklerinin kaydedilerek belgelendirilmesi ve bu belgelendirmeler aracılığıyla, son tüketicilerin ve tedarik şirketlerinin tükettikleri elektrik enerjisinin kaynağının belgelendirilmesidir. Bu sistemde yalnızca yenilenebilir enerji santrallerinin şebekeye verdiği 1 MWh'lik enerjinin belgesinin kaydı tutulacağından “Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Sistemi” olarak adlandırılmıştır. Yeşil enerji kullanım iddiasında bulunmak isteyen elektrik tüketicileri ve müşterilerine yenilenebilir enerji sunma vaadinde bulunan elektrik tedarik şirketleri, ilgili YEK-G Belgelerini itfa ederek bu iddialarını belge itfası ile gerçekleştirirler. Böylelikle yenilenebilir enerjinin üretiminden tüketimine kadar geçen aşamaların kaydı belirli standartlar altında, şeffaf ve izlenebilir bir şekilde tutulabilecektir. [7]

2.1.3. Gün öncesi piyasası

En az bir gün sonrası en fazla ise beş gün sonrası için elektrik enerjisi alış-satış işlemlerinin gerçekleştirebildiği ve EPIAŞ tarafından işletilen organize toptan elektrik piyasasıdır. [8] Gün Öncesi Piyasası İşlemleri günlük olarak, saatlik bazda gerçekleşir. [4] Her gün 00:00'dan başlayıp, ertesi gün 00:00'da sona eren saatlik zaman dilimlerinden oluşmaktadır. [4] Gün Öncesi Piyasasında uygulanan fiyat ve miktarlar, günlük bazda ve her bir saat için ayrı ayrı belirlenir. Gün Öncesi Piyasası'nda her gün saat 12:30 'a kadar bir sonraki gün için işlemler yapılabilmektedir. Bildirilen miktarlar 12:30-13:00 saatleri arasında piyasa işletmecisi tarafından değerlendirilir ve doğrulanır. Bu teklifler 13:00-13:30 saatleri arasında optimizasyon aracı ile değerlendirilir ve ilgili günün her saati için Piyasa Takas Fiyatları (PTF) belirlenir. Saat 14:00'da ertesi günün 24 saatine ilişkin fiyat ve eşleşmeler nihai olarak duyurulur.[4]

2.1.3.1. Teklifler

Gün Öncesi Piyasasında, piyasa katılımcıları belirledikleri zaman dilimleri için, saatlik, esnek ve blok teklifler sunabilmektedirler. Tekliflerde para birimi olarak Türk Lirası, miktarlarda ise lot birimi kullanılmaktadır. Teklifler tam sayı olarak bildirilmelidir. Fiyat teklifi TL/MWh şeklinde yapılır. Miktarlar ise MWh biriminden lot'a dönüştürülmelidir. Lot kısaca borsada kullanılan işlem birimidir. Elektrik piyasasında bu dönüşüm ise 1 lot 0,1 MWh eşitliği ile gerçekleştirilir. Alış yönünde veya satış yönünde teklifler verilebilir. Satış yönünde yapılacak teklifler negatif sayı olarak gösterilir. Mevcut durumda asgari fiyat seviyesi 0 TL/MWh, azami fiyat seviyesi ise 4200 TL/MWh olarak belirlenmiştir. Asgari veya azami fiyat seviyelerinde değişiklik yapılması durumunda, piyasa işletmecisi tarafından duyuru yayınlanır. İlgili teslim günü için yapılan teklif güncellemeleri yeni versiyonlar olarak sisteme kaydedilir. [4]

2.1.3.1.1. Saatlik teklif

Saatlik teklifler alış yönünde 32 adet, satış yönünde 32 adet olmak üzere en fazla 64 seviyeden oluşurlar. Saatlik tekliflerde seviyelere ait fiyatlar artan biçimde belirlenmelidir. Aynı fiyat seviyesinde geçerli hem alış hem satış yönünde saatlik teklif bulunamaz. Arz-Talep eğrisi oluşturulurken ardışık iki fiyat/miktar seviyesi arasındaki boş değerler doğrusal interpolasyon metodu ile belirlenerek doldurulur. [4]

2.1.3.1.2. Esnek teklifler

Piyasa katılımcıları bir teslim gününün aynı veya farklı zaman aralıklarında en fazla 6 adet esnek teklif verebilirler. Alış ve satış yönlü olarak verilebilirler. Bu tekliflerde, teklif zaman aralığı en fazla 24 saat, en az ise 8 saati kapsar. En fazla 4 saat kapsayabilecek şekilde teklif verilebilir. Esnek satış teklifleri için esnek teklif kabul fiyatı, bu fiyatların en büyüğüne, esnek alış teklifleri için esnek teklif kabul fiyatı, bu fiyatların en küçüğüne eşittir. [4]

2.1.3.1.3. Blok teklifler

Bu tekliflerin içeriğinde fiyat, miktar ve kapsadığı zaman dilimi bulunmaktadır. En az 3 saatlik en fazla ise 24 saatlik teklifler verilebilir. Blok teklifler ya teklifi içerisinde kapsadığı zaman aralığının tamamı için kabul edilir ya da kapsadığı zaman dilimi için tamamen reddedilir. Belirli bir aralıkta profil blok olarak her saat için farklı miktarların

girilebilir. Ardışık saatler için miktar artış ve azalışlarında 3 katı kuralı uygulanmaktadır. Farklı miktar seviyelerinde teklifler verilebildiğinden belirli bir blok teklif setinde teklifin kabul edilip edilmediği ağırlıklı ortalama fiyat kullanılarak değerlendirilir. Birbirine bağlı blok teklifler oluşturulabilir. En fazla 6 adet blok teklif birbirine bağlanabilir. Ve en fazla 3 seviye derinliğinde teklif seti kurulabilir. Bir blok teklife bağlı olmayan blok teklif birinci seviye, bu blok teklife bağlı olan blok ikinci seviye ve ikinci seviyeye bağlı olan blok ise üçüncü seviye blok teklifidir. İkinci ve üçüncü seviyede ayrı ayrı olarak en fazla 3 blok bulunabilir. Birbiri ile ilişkili olan blok tekliflerinin tamamının aynı yönde olması gerekmektedir. [4]

2.1.4. Gün içi piyasası

Elektrik Piyasasında şeffaflık, etkinlik ve mali açıdan güçlü bir sistem oluşturmak ve Avrupa Birliği elektrik piyasaları ile entegre bir yapı sağlamak adına süregelen çalışmalar neticesinde, elektrik piyasasında, piyasa katılımcıların daha dengeli ve etkin bir rol üstlenmesi amacıyla Gün İçi Piyasası kurulmuştur. [9]

Bu piyasa gerçek zamana yakın işlemle yapabilme fırsatı sunmuş ve böylelikle katılımcılara kendi pozisyonlarını dengeleyebilme imkanı sağlamıştır. Bu gerçek zamanlı dengeleme imkanı sayesinde beklenmeyen üretim sistemi arızaları, yenilenebilir enerji kaynaklarında oluşan ani üretim değişimleri, elektrik tüketimi yapan tesislerdeki yük değişimleri sonucunda oluşacak dengesizliklerin engellenmesi sağlanabilmiştir. Gün Öncesi Piyasasında öngörülemez hususların gün içinde yol açacağı dengesizlikle bu piyasa sistemi sayesinde en aza indirgenebilecek bir seviyeye getirilmiştir. Bu sistem, aynı zamanda TEİAŞ tarafından yürütülen Dengeleme Güç Piyasası üzerinde verilen talimatları azaltmaya yönelik fayda sağlamıştır.

Gün İçi Piyasası, saatlik ve günlük bazda gerçekleştirilen bir piyasa sistemidir. Sürekli ticaret metoduna göre işlemektedir. İlgili kontrattan 1 saat öncesine kadar teklifler verilebilir ve bu verilen teklifler işlem gerçekleşmediyse güncellenebilir, iptal edilebilir veya pasife çekilebilir. İşlemler saatlik bazda gerçekleşir. Teslimat saatleri her gün saat 00:00'da başlayıp ertesi gün saat 00:00'da sona erer. Gün içi Piyasasında ertesi güne ait teklifler için kontrat açılış zamanı saat 18:00'dır. Bu saatten itibaren ertesi gün için de teklifler verilebilmektedir. Gün İçi Piyasasına verilen teklifler Gün Öncesi Piyasasında olan tek oturumlu ihaleden farklı olarak anlık olarak değerlendirilip karşı yöndeki tekliflerle karşılaştırılarak şartların uygun olması

durumunda eşleştirilmektedir. Gün İçi Piyasasına verilen tekliflerin durumu anlık olarak Gün İçi Piyasası uygulaması üzerinden görülebilir. [9]

2.1.4.1. Teklifler

Gün Öncesi Piyasasında olduğu gibi, Gün İçi Piyasasında tekliflerde para birimi olarak Türk Lirası miktar olarak da lot birimi kullanılır. Belirli bir zaman dilimi için saatlik teklif veya blok teklif sunma imkanı bulunmaktadır. Kontratlar ilgili kontratın saatinden 1 saat öncesine kadar geçerlidir. Teklif verilen kontratta verilen teklif gerçekleşmediği takdirde kontrat kapanana kadar (kontrat saatinin 1 saat öncesine kadar) teklif güncellenebilir, iptal edilebilir veya pasife çekilebilir. [9]

2.1.4.1.1. Saatlik teklifler

Tekliflerin tamamı bölünebilir olarak işlem görmektedir. Teklifler tamamen ve ya kısmi olarak kabul görebilir. Tekliflerde üç teklif durumu bulunmaktadır. Bunlar Aktif Teklif, Olanı Eşle ve Yok Et teklifi, Süreli Teklif ve Tamamını Eşle veya Yok Et teklifidir. [9]

2.1.4.1.2. Blok teklifler

Blok teklifler bölünemez teklifler olarak işlem görebilir. Bir blok teklif kapsadığı zaman dilimi için kabul edilir veya hiç kabul edilmez. En az 1, en fazla 24 saat kapsamaktadır. Blok teklif türleri de aktif teklif ve süreli teklif olarak iki farklı şekilde verilebilir. [9]

2.1.5. PTF belirleme yöntemi

Her piyasa da olduğu gibi, elektrik piyasasında da satıcılar yüksek fiyattan alıcılar da düşük fiyattan eşleşme yapmak isterler. Saatlik teklif olarak giriş yapan katılımcılar, elektriği almak veya satmak için bir sonraki günün saatlerine fiyat ve miktar girişleri gerçekleştirirler. Satış yönündeki teklifler negatif işaretli, alış yönünde ki teklifler ise pozitif işaretlidir. Saatlik alış tekliflerinde fiyat kısımları artarken karşılık gelen miktarlar azalmalıdır. Saatlik teklif girişlerinde fiyat aralığı azami ve asgari fiyat seviyesindeyse ilgili teklif PTF ne çıkarsa çıksın kabul edilir. Bu tip tekliflere fiyat bağımsız teklifler adı verilir. Bunun dışında belli bir fiyat seviyesi belirlenerek, ilgili seviyenin üzerinde bir fiyat çıktığında satış, altında bir fiyat çıktığında alış yapılacak teklif setleri de oluşturulabilir. [10]

Tablo 1.1. Fiyat Bağımlı Teklif

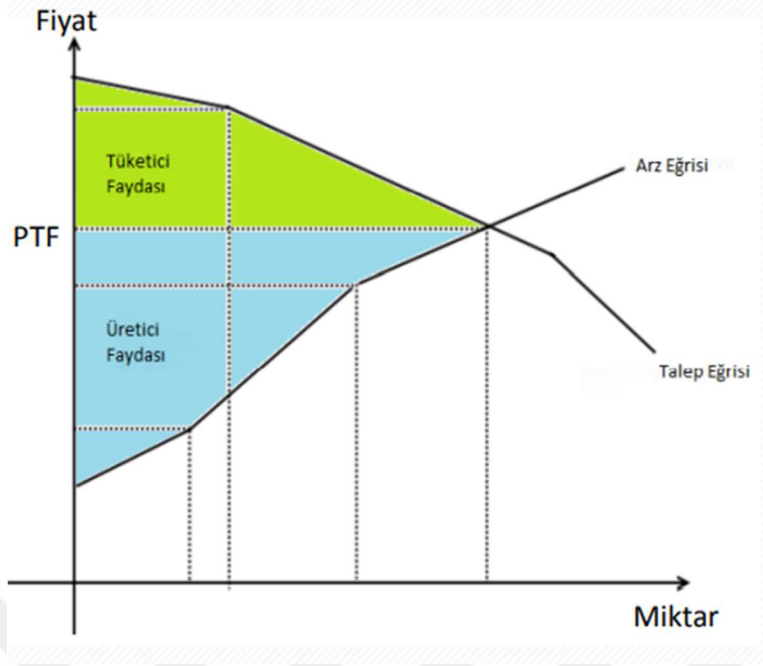
Saat	min	Fiyat (TL/MWh)				max
	0	35,00	35,01	55,00	55,01	2000
0 – 1 (Lot)	600	600	400	400	200	200

Tablo 1.2. Fiyat Bağımsız Teklif

Saat	Fiyat (TL/MWh)	
	0	2000
0 – 1 (Lot)	230	230

PK'lar tarafından girilen tüm saatlik teklifler baz alınarak toplulaştırılır. Toplulaştırılan saatlik teklifler ile blok ve esnek teklifler, optimizasyon aracı tarafından günlük toplam fazlayı maksimize edecek şekilde değerlendirilir. Günlük toplam piyasa fazlası, eşleştirme sonucu oluşan üreticilerin ve tüketicilerin fazlalarının günlük toplamını ifade eder. Tüketici fazlası, bir katılımcının eşleştirme sonucu oluşan alış miktarı için piyasaya teklif ettiği tutar ile bu miktarı almak için ödeyeceği tutar arasındaki farkı belirtir. Üretici fazlası, bir katılımcının eşleştirme sonucu oluşan satış miktarı karşılığı alacağı tutar ile bu miktarı satmak için piyasaya teklif ettiği tutar arasındaki farkı belirtir. Kapsadığı aralığın ortalama fiyatı, teklif fiyatından daha düşük olan alış blok teklifleri kabul edilir, yüksek olanlar ise günlük toplam fazlayı maksimize ettiği durumda kabul edilebilir. [10]

Özetle verilen teklifler değerlendirilerek arz-talep eğrileri oluşturulur. Oluşturulan arz talep eğrilerinde arz ve talebin kesiştiği noktada bulunan fiyat PTF olarak belirlenir. Şekil 1.2. bir saat için arz-talep eğrisinin kesişiminde oluşan PTF'yi ve verilen saatlik tekliflerin eşleşmesi sonucunda oluşan tüketici ve üretici fazlasını göstermektedir. [10]



Şekil 1.2. Arz-Talep Eğrisi [10]

2.2. TEİAŞ Piyasaları

2.2.1. Dengeleme güç piyasası

Dengeleme Güç Piyasası TEİAŞ tarafından işletilen bir piyasadır. Gerçek zamanlı dengelemenin bir parçasıdır. 15 dakika içerisinde en az 10 MW yük alabilen ve atabilen dengeleme birimleri bu piyasaya katılmak zorundadırlar. Gün Öncesi piyasası ve Gün İçi Piyasası ile Sistem İşletmecisi olan Milli Yük Tevzi Merkezi'ne (MYTM) dengelenmiş bir piyasa sunulmuş olsa da gerçek zamanda sapmalar gerçekleşmektedir. Bir santralin herhangi bir durumdan ötürü arızaya girmesi veya büyük bir tüketim tesisinin bir anda durması, arz talep dengelerinde değişiklikler yaşatacaktır. Bu durumlarda sistem dengesinin sağlanması adına MYTM dengeyi sağlamak için Dengeleme Güç Piyasasına sunulmuş teklifleri kullanır ve yük alma veya yük atma talimatları ile sistem dengesini sağlamaya çalışır.

2.2.2. Yan hizmetler piyasası

Yan Hizmetler Piyasası TEİAŞ tarafından işletilen bir piyasadır. Frekans kontrolü ve reaktif güç kontrolü gibi kontrol sağlama mekanizmasıdır. Frekans kontrolü kapsamında ikiye ayrılır. Bunlar primer frekans kontrolü ve sekonder frekans

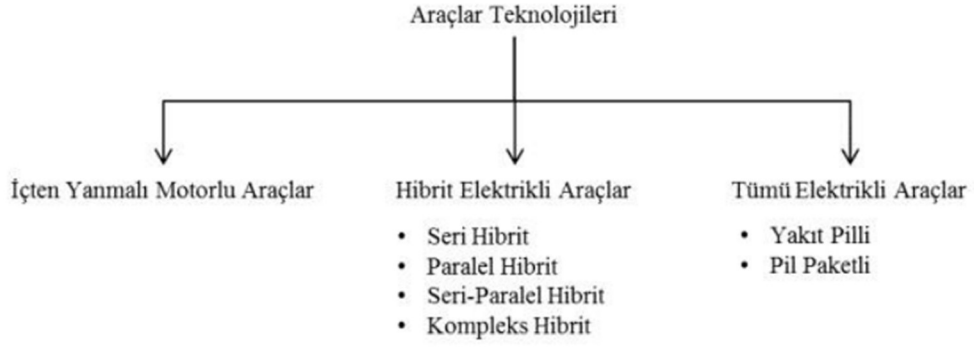
kontrolüdür. Bu kontrol mekanizmalarını sağlayabilecek olan piyasa katılımcıları, TEİAŞ'ın bu kontrolleri sağlayabilmek adına oluşturduğu rezerv miktarlarına teklif verebilirler. Bu teklifler neticesinde, toplanan tüm teklifler ile birlikte değerlendirme yapılır ve TEİAŞ ayırdığı rezerv kapasitesini tamamlar. Belirlenen fiyat kapsamında yükümlülük alan piyasa katılımcıları yükümlülük aldığı rezervi sağlamakla yükümlüdür. Yükümlülük sağlandığı takdirde belirlenen birim fiyat seviyesi kapsamında yükümlülük miktarı kadar gelir sağlanmış olur. Bu mekanizmayla anlık yük giriş, çıkışlarıyla sistem frekansının 50 Hz değerinde olması sağlanır.





3. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEKNOLOJİSİ

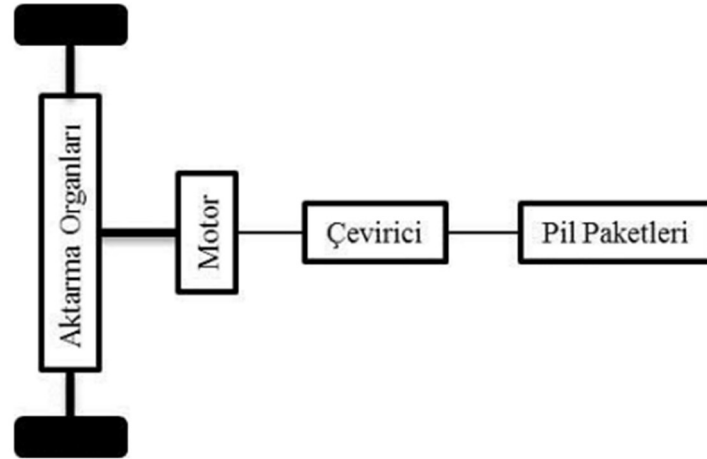
Araç teknolojileri; içten yanmalı motorlar, hibrit elektrikli araçlar ve tümü elektrikli araçlar şeklinde üç gruba ayrılırlar.



Şekil 3.1. Elektrikli Araç Teknolojileri [12]

3.1. Pil Paketli Elektrikli Araçlar

Bu araçlarda motor tahriği pil paketleri ile sağlanmaktadır. Bu pil paketleri boşaldığı zaman tekrar doldurulurlar.



Şekil 3.2. Pil Paketli Elektrikli Araç [12]

3.2. Elektrikli Araçlarda Pil Teknolojileri

Elektrikli bataryalar ile diğer yakıt tipleri arasındaki en büyük fark enerji yoğunluğudur. En iyi lityum-iyon bataryanın 250 kWh/kg özgül enerji ürettiği düşünüldüğünde, bu benzinin enerji yoğunluğunun %2'sine hidrojenin ise yalnızca %1'ine tekabül etmektedir. [13]



Şekil 3.3. Enerji Hacim ve Kütle İndeksi [13]

2010 yılında batarya maliyeti 1000 \$ / kWh iken 2017 yılında bu maliyet %79'luk bir düşüşle 209 \$ / kWh'a düşmüştür. Araba bataryalarının enerji yoğunluğu ise her yıl %4-5 oranında artış göstermektedir. Batarya maliyetlerinin düşmesi ve gün geçtikçe daha güçlü bataryaların üretilmesi ile birlikte 2030 yılında elektrikli araçların yılda 20 milyondan fazla satılacağı öngörülmektedir. [14]

3.2.1. Kurşun-asit (Pb-acid) piller

Kurşun-asit piller çok farklı sistemlerde kullanılan eski ve yaygın bir teknolojidir. Kurşun-asit pillerde negatif yüklü elektrotta kurşun, pozitif yüklü elektrotta kurşun dioksit (PbO_2) ve elektrolit olarak sülfürik asit (H_2SO_4) materyalleri kullanılmaktadır. Hafıza etkisinin bulunmaması, düşük özboşalım yüksek deşarj akımı, ve ucuz olması gibi önemli pozitif yönleri sahiptir. Ancak düşük nominal voltaj ve enerji yoğunluğuna sahiptir. Bu teknolojiye sahip pillerin kullanılmadıklarında ömürleri azalmaktadır. [12]

3.2.2. Nikel kadmiyum (NiCd) piller

Nikel kadmiyum piller güvenli ve ucuz bir teknolojidir. Nikel kadmiyum pillerde negatif yüklü elektrotta kadmiyum/ kadmiyum hidroksit ($Cd/Cd(OH)_2$), pozitif yüklü

elektrotta nikel hidroksit/nikel oksihidroksit ($\text{Ni(OH)}_2/\text{NiOOH}$) ve elektrolit olarak potasyum hidroksit (KOH) materyalleri kullanılmaktadır. Yüksek deşarj akımı sağlayan bu piller kurşun-asit pillere göre daha yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Ancak önemli dezavantajlara sahiptir. Bunlar zayıf şarj/deşarj verimi, yüksek özboşalım ve hafıza etkili olmasıdır. [12]

3.2.3. Nikel metal hidrat (NiMH) piller

Nikel metal hidrat pil teknolojisi nikel kadmiyum pillerin negatif özelliklerine çare bulabilmek için geliştirilmiştir. Kadmiyum elektrotu yerine metal hidrat kullanılmıştır. Nominal voltaj değerleri eşit iken bu piller daha yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Ancak nikel metal hidrat piller nikel kadmiyum pillerine göre daha yüksek özboşalım oranına ve aşırı şarj durumunda daha düşük güvenilirliğe sahiptir. [12]

3.2.4. Lityum iyon (Li-ion) piller

Lityum iyon pillerde pozitif elektrot olarak diğer materyallere göre düşük toksit, yüksek kapasite ve ucuz olması avantajı ile lityum metal oksitler kullanılmaktadır. Yaygın kullanılan oksitler: Lityum kobalt oksit – LiCoO_2 , Lityum nikel oksit – LiNiO_2 , Lityum mangan oksit LiMn_2O_2 . Lityum iyon pil teknolojisi nikel tabanlı pil teknolojilerinden farklı özelliklere sahiptir. Nikel tabanlı pil gruplarına göre daha yüksek nominal voltaj ve daha yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. [12]

3.2.5. Lityum iyon polimer (LiPo) piller

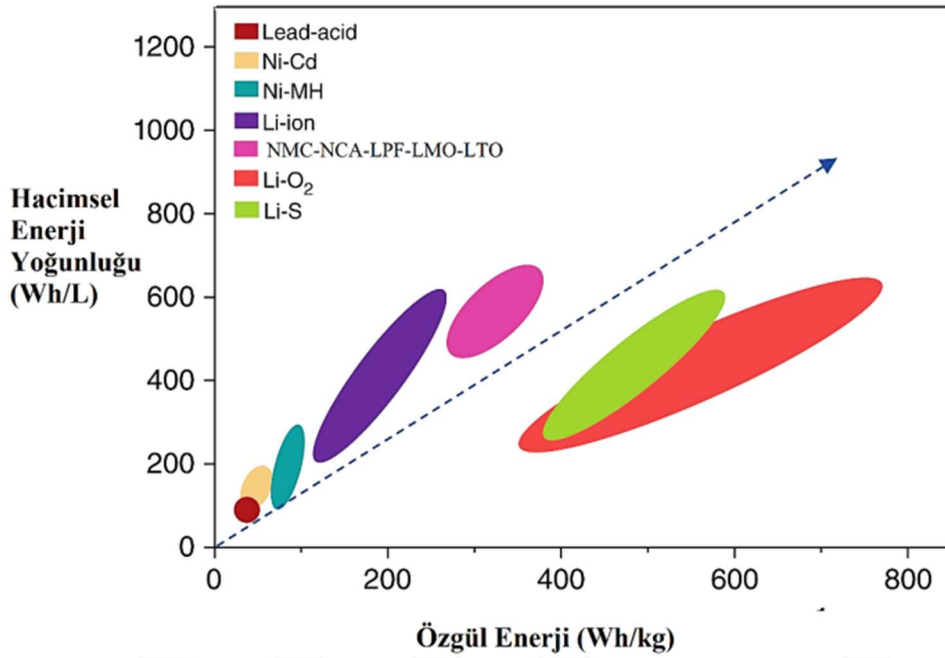
Lityum iyon pillerle çok benzer özellikler taşımaktadır. Aralarındaki tek fark lityum iyon polimer pillerde elektrolit olarak polimer materyalinin kullanılmasıdır. Polimer elektrolit materyalin elektriksel iletkenliği diğer organik sıvı elektrolitlere göre daha yüksektir. Ayrıca bu materyalin kullanımı lityum polimer pillerinin daha kolay, daha hızlı ve farklı şekillerde üretilmelerine olanak sağlamaktadır. [12]

3.2.6. Lityum demir fosfat (LiFePO_4) piller

Pozitif elektrot malzemesi lityum demir fosfat olan lityum tabanlı pillerdir. Yüksek enerji yoğunluğu, yüksek çevrim oranı ve daha güvenilir kullanım gibi avantajlara sahiptir. Ancak lityum iyon pillerle karşılaştırıldığında daha performansı daha düşüktür. [12]

3.2.7. Lityum sülfür (Li-S) piller

Lityum tabanlı pil gruplarından katot malzemesi olarak sülfür kullanılan pillerdir. Yüksek enerji yoğunluğuna, yüksek şarj verimine, düşük hücre gerilimi ve ortalama çevrim ömrüne sahip pillerdir. [12]



Şekil 3.4. Pillerin Hacimsel Enerji Yoğunluğu ve Özgül Enerjileri [15]

3.3. Elektrikli Araçların Talebe Etkileri

Elektrikli araçlardaki gelişimler gün geçtikçe daha fazla artmakta ve bu gelişmeler yaygınlaşmalarını da artırmaktadır. Türkiye’de de yapılan yatırımlar sonucu elektrikli araçların yaygınlaşması beklenen bir durumdur. Elektrikli araçların yaygınlaşması ile elektrik talebinde de artış yaşanacağı gerçeği kaçınılmazdır. Bu talep artışı yeterli ve planlı yatırımlar yapılmadığı takdirde elektrik fiyatında yükselişleri de beraberinde getirecektir. Bu durumun analiz edilmesi önem arz etmektedir.

Bu analiz için gerekli veriler SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi’nin “Elektrikli Araçların Türkiye Dağıtım Şebekesine Etkileri” [2] adlı raporundan elde edilmiştir. Raporda elektrikli araçların talep ve şebekeye etkileri detaylı olarak incelenmektedir. Raporda 2030 hedef yılında Türkiye’deki toplam elektrikli araç varsayımları çeşitli yöntem ve varsayımlarla hesaplanmıştır.

Bu varsayımlardan bazıları şunlardır;

Türkiye’de 2030 yılı itibariyle her 1.000 kişide 300 araç olacağı varsayılmıştır (bu sayı 2018 yılındaki toplam 154 araç ortalamasının neredeyse iki katıdır). Bu büyüme oranı geçtiğimiz on yılda yaşanan %60’lık büyüme oranından büyüktür. Bunun sebebi, ülkede refah seviyesi arttıkça araç sahipliği oranının artacak olması ve dolayısıyla 2018-2080 yılları arasında daha yüksek bir araç ortalamasının beklenmesidir. Bununla birlikte, 1.000 kişide 300 araç ortalaması, 2017 yılında 460 araç olan OECD ortalamasının altında kalmaktadır. 2018 yılında 81 milyon olan Türkiye nüfusunun mevcut öngörülere göre 2030 yılı itibariyle 93 milyona ulaşması beklenmektedir. 2030 yılında, binek araçlarının toplam sayısının 27,9 milyona ulaşacağı öngörülmektedir. Bu sayı, 2018 yılındaki 12,5 milyon sayısının 2,5 katına denk gelmektedir. [2]

2013 ve 2017 yılları arasında yıllık ortalama 600.000 ve 750.000 arasında araç satışı yapılmıştır. Her yıl 15.000 civarında araç hurdaya çıkarılmaktadır. 2030 yılına kadar yıllık ortalama 25.000 aracın hurdaya çıkarılacağı varsayılmaktadır. 2030 yılı itibariye öngörülen 27,9 milyon araç stokuna ulaşmak için, stoka yeni katılan araç sayısında yıllık bazda 2019 yılında 1,15 milyondan başlayarak 2030 yılı itibariyle 1,4 milyona ulaşan net bir artışa ulaşılması gerekmektedir.[2]

Ortalama bir elektrikli aracın 2030 yılında her 100 km için 15 kWh elektrik tüketeceği ve yıllık ortalama 10.000 km yol yapacağı varsayılmıştır. Plug-in hibrit araçlar kat ettikleri yolun yarısını elektrik ile karşılayabilirler. Bir elektrikli aracın gidebileceği ortalama maksimum mesafe 2018’de 200 km olmuştur ve 2030 yılı itibariyle 500 km’ye yükseleceği varsayılmıştır. 2030 yılı itibariyle 2,5 milyon elektrikli araç filosu Türkiye’deki elektrik talebinin 4,1 TWh artmasına yol açacağı öngörülmektedir. [2]

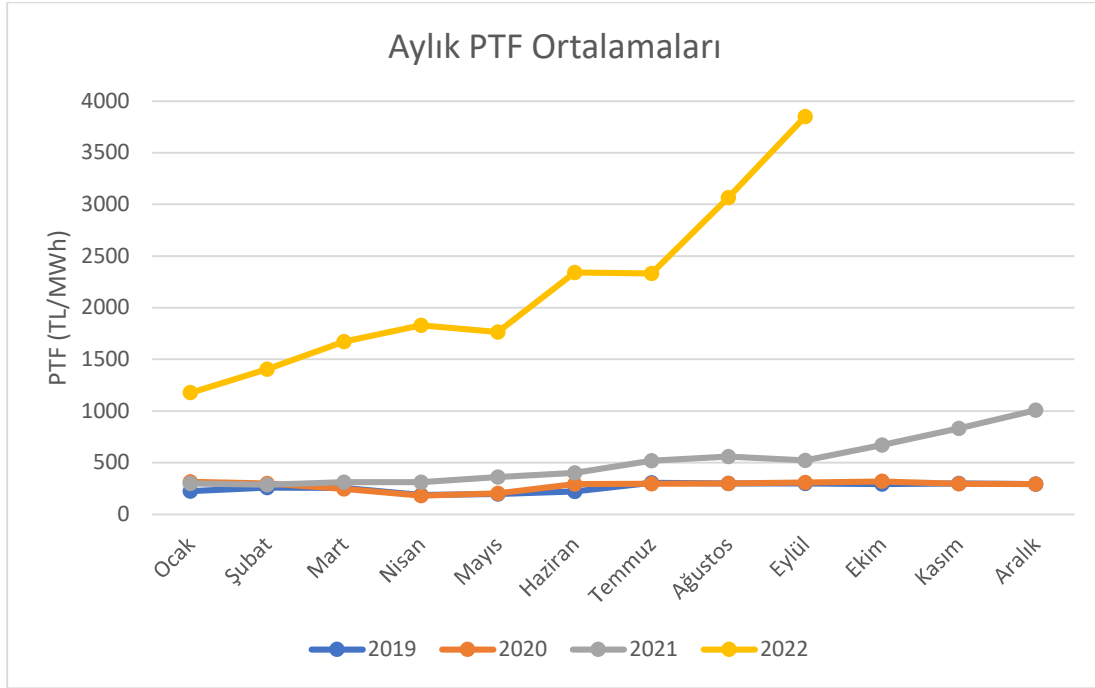
Bu sonuçlar neticesinde SHURA raporundan elde edilen veriler kapsamında yaşanacak olan talep artışının elektrik piyasası üzerinde arz-talep dengesinde neler yaşatacağı ve fiyat üzerine etkileri analiz edilmiştir.



4. TALEP ARTIŞININ PTF'YE ETKİSİ

Elektrik Piyasasında enerji fiyatı her saat için ayrı ayrı belirlenir ve buna Piyasa Takas Fiyatı (PTF) adı verilir. Bu fiyat her gün her saatte ilgili saatin arz ve talebinin kesiştiği yerdeki fiyat olarak belirlenir. Birçok farklı parametre tarafından etkilenir. Mevsimsel durumlar, talep miktarı, gaz maliyeti, kömür maliyeti gibi farklı parametreler tarafından etkilenen bir elektrik piyasası yapısı vardır. Elektrikli araçlarının tüm dünya ile birlikte ülkemizde de gelişmesi ile birlikte kullanım yaygınlaşacak ve dolayısıyla bu elektrikli araç piyasasının yaratacağı bir de enerji talebi artışı olacaktır. Bu bölümde stabil şartların dışında elektrikli araç kullanımının artışı ve bu artışın talep üzerindeki değişimi neticesinde talep üzerinden enerji fiyatı üzerine ne şekilde etki edebileceği üzerine öngörüler yapılacaktır. Bu analiz için gerekli veriler SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi'nin "Elektrikli Araçların Türkiye Dağıtım Şebekesine Etkileri" [2] adlı raporundan elde edilmiştir. Raporda elektrikli araçların talep ve şebekeye etkileri detaylı olarak incelenmektedir. Raporda incelenen ve elde edilen değerler neticesinde ortalama bir elektrikli aracın 2030 yılında her 100 km için 15 kWh elektrik tüketeceği ve yıllık ortalama 10.000 km yol yapacağı varsayılmıştır. Bir elektrikli aracın gidebileceği ortalama maksimum mesafe 2018'de 200 km olmuştur ve 2030 yılı itibariyle 500 km'ye yükseleceği varsayılmıştır. 2030 yılı itibariyle 2,5 milyon elektrikli araç filosu Türkiye'deki elektrik talebinin 4,1 TWh artmasına yol açacağı öngörülmektedir. [2] Bu 4.1 TWh'lik talep artışı PTF üzerinde bir değişim gerçekleştirecektir. Daha önce de bahsedildiği gibi, rüzgar etkisi, doğalgaz fiyatı, kömür fiyatı ve hava durumu, piyasa regülasyonları, arz üzerindeki değişim ve gelişmeler, talep üzerindeki değişimler gibi bir çok farklı etmenin yanında PTF üzerine konulan sınırlamalar, azami sınırlamaları ve bunların değiştirilebilmesi gibi etmenler PTF üzerinde büyük etkiye sahiptir. 2030 yılı için sözü edilen bütün bu etmenlerin bilinmezliği sebebiyle talep artışının oluşturacağı etki gerçekleşmiş referans veriler üzerinden değerlendirilmiştir. Pandemi sebepli beklenmeyen talep düşüşlerinin yaşandığı fiyatların 0 TL/MWh seviyelerine indiği, daha sonra talep seviyelerinde rekor artışların yaşandığı uç senaryoları içeren 2019-2020 ve 2021 yılı elektrikli araç kaynaklı talep artışının etkisinin analizi için referans yıllar olarak seçilmiştir.

2019-2020-2021 yıllarının her gününün her saatinde oluşan arz- talep eğrileri EPIAŞ'ın şeffaflık platformundan erişilebilir verilerdir. İlgili arz talep eğrilerinde, talep artışı neticesinde yeni oluşacak kesişim noktaları belirlenmiş ve bu talep etkisinin fiyat üzerinde ne gibi değişikliklere yol açacağı gözlemlenmiştir. 2019-2020 ve 2021 yıllarında yıllık ortalama PTF değeri sırasıyla 260,32 TL, 278,72 TL ve 508,10 TL'dir, gerçekleşmiş aylık ortalama PTF değerleri Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Yıllara Göre Aylık PTF Ortalamaları

PTF Fiyat ortalamaları 2021 yılının sonlarına doğru artan enerji maliyetleri sebebiyle büyük bir artış göstermiştir. PTF fiyatlarının her yıl bir önceki yıla oranla artış göstermesi beklenen bir olaydır. Bunun sebebi talebin her yıl artış gösteriyor olmasıdır. Fakat 2020 yılının ortalamalarına bakıldığında 2019'dan yüksek gözükmemektedir. Bunun sebebi 2020 yılında yaşanan pandemi sebebiyle talebin düşüş göstermesi ve buna bağlı olarak da PTF'nin düşmesidir.

Arz-talep eğrisinin kesiştiği yerde ortaya çıkan PTF, elektrikli araç kaynaklı talep artışını eğriye dahil ettiğimizde yükseliş gösterecektir. Bu arz talep eğrileri 8760 saat için ayrı ayrı incelenmiş ve yeni PTF fiyatları tespit edilmiştir.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından elektrik piyasası azami fiyatları belirlenir. Bu belirlenen fiyatların üzerinde herhangi bir fiyat çıkamamaktadır. İlgili

analizler yapılırken azami fiyat seviyeleri dikkate alınmış ve üzerinde bir fiyat seviyesi çıkamayacağından aşan durumlarda ilgili ayın azami fiyatı PTF olarak belirlenmiştir.

2021 yılı için azami fiyat seviyeleri Tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. 2021 Yılı Azami Fiyat Seviyeleri

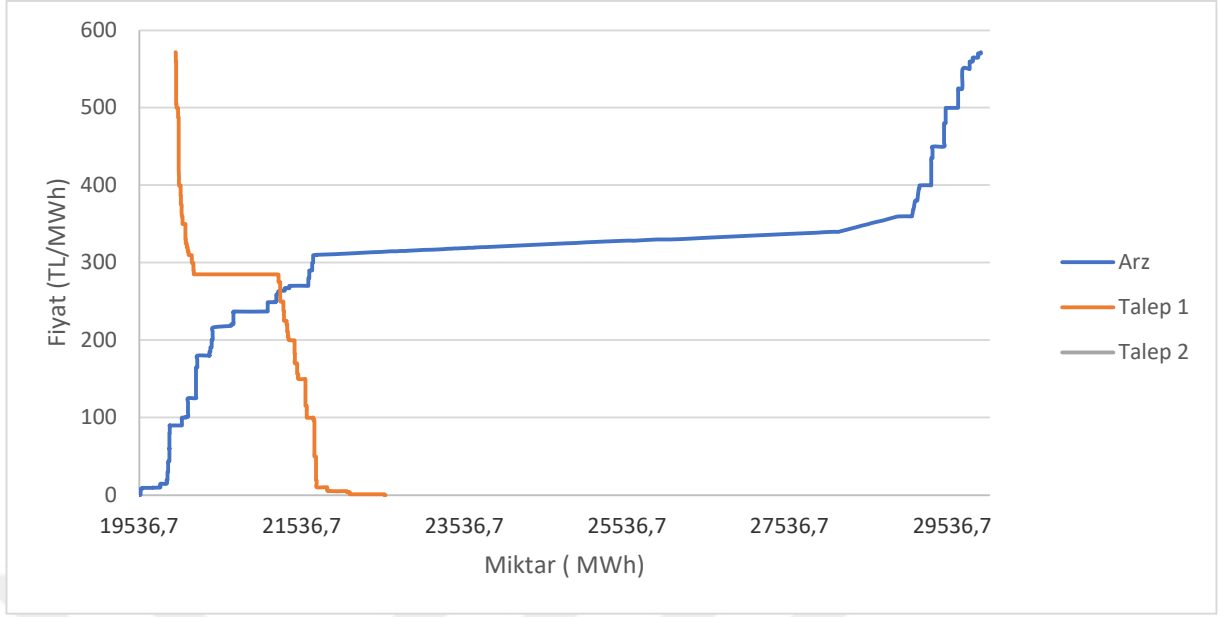
Ay	Azami Fiyat (TL/MWh)
Ocak	572
Şubat	572
Mart	569
Nisan	567
Mayıs	578
Haziran	595
Temmuz	617
Ağustos	636
Eylül	674
1-15 Ekim	718
16-31 Ekim	1078
Kasım	1131
Aralık	1217

2021 yılında şubat ayından sonra her aya yeni bir azami fiyat belirlenmiştir. Özellikle mayıs ayı sonrasında yükselen talep seviyeleri ve maliyetler nedeniyle azami fiyatlarında artış yapılması zorunluluğu oluşmuştur. Ekim ayında ise ay içerisinde bir güncelleme yapılmış ve 16 Ekim itibariyle azami fiyatın artırılması kararı alınmıştır. Her ayda kaç kere azami fiyat seviyesinde fiyatlarla karşılaşıldığı Tablo 4.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. 2021 Yılı Azami Fiyat Çıkan Saat Sayısı

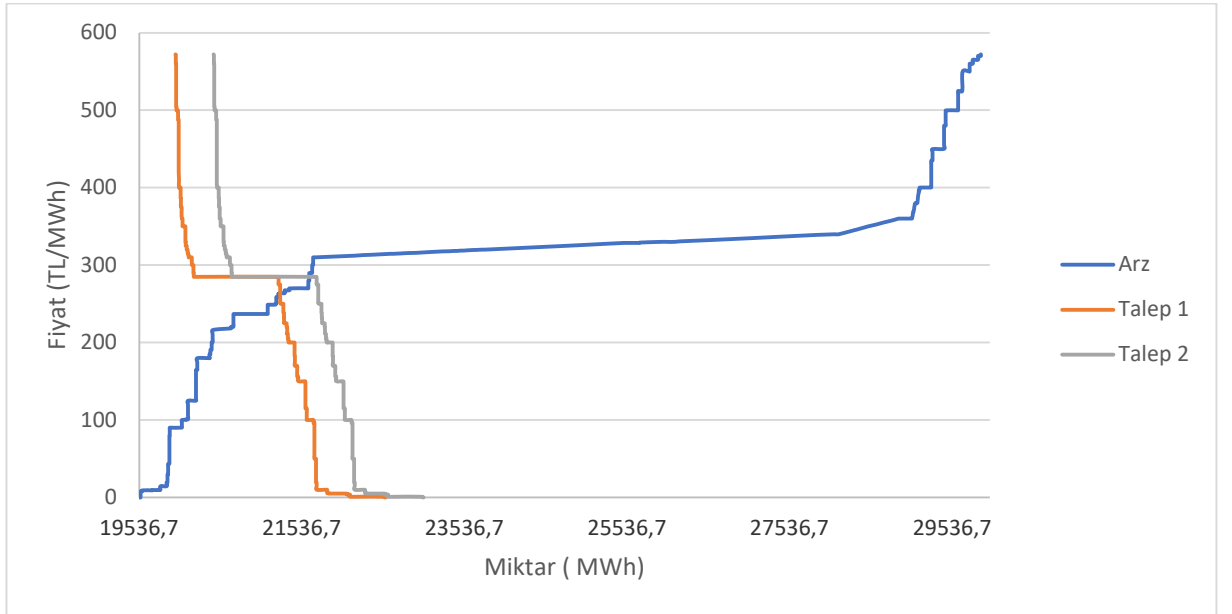
Ay	Azami Fiyat Çıkan Saat Sayısı
Ocak	0
Şubat	0
Mart	1
Nisan	6
Mayıs	5
Haziran	38
Temmuz	297
Ağustos	389
Eylül	68
Ekim	114
Kasım	127
Aralık	204

Talep rekor seviyelere çıktığı temmuz ve ağustos aylarında fiyatlar büyük çoğunlukla azami fiyat seviyelerinde gerçekleşmiştir. Daha sonra ki aylar için de azami fiyatların artmasına karşın yine çok sayıda azami fiyat seviyesinde PTF'ler ile karşılaşmıştır. Bu durum talebin artışının yanında enerji maliyetlerinin de artması ile ilişkilidir. Elektrikli araç kaynaklı talep artışının da her saat gerçekleşen arz-talep eğrilerine eklenmiş ve bu durumun etkisi de 2021 yılı için değerlendirilmiştir. Örnek olarak 1 Ocak 2021 yılı için saat 00:00'ın arz talep eğrisi Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. 01.01.2021, Saat 00:00 Arz-Talep Eğrisi

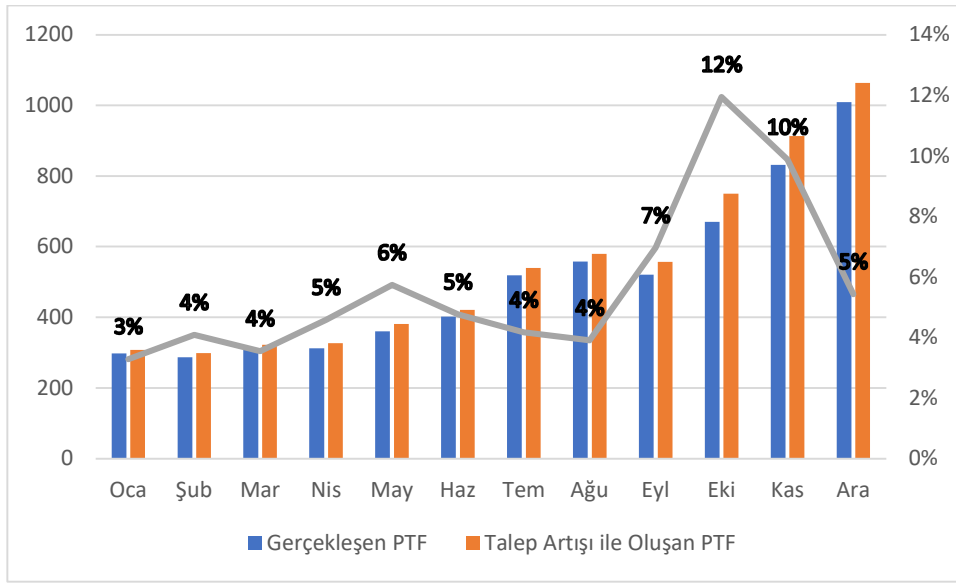
Görüldüğü üzere 1 Ocak 2021 Yılı, saat 00:00'a ait arz- talep eğrisi 263,99 TL/MWh'de kesişmiştir. Böylelikle ilgili saat için PTF 263,99 TL/MWh olarak belirlenmiştir. 4,1 TWh'lik talep artışının yıl bazında saatlik olarak arz-talep eğrisine dahil olduğu kabulü yapılarak, yeni oluşturulmuş arz-talep eğrisinde yaşanan değişim Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. 01.01.2021, Saat 00:00 Elektrikli Araç Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi

Talebin artış göstermesi ile talep eğrisi sağa doğru çekilmiş ve dolayısıyla daha yüksek bir fiyat seviyesinde kesişim gerçekleşmiştir. Elektrikli araç kaynaklı talep artışı dahil edilerek hazırlanmış olan güncellenmiş arz-talep eğrisinde fiyat seviyesi 284,99 TL / MWh'dir.

Bu durumda ilgili saat için yaklaşık %8 'lik bir fiyat artışı oluşmuştur. Ay bazında ortalama incelendiğinde oluşan değişim Şekil 4.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Gerçekleşen PTF ile Talep Artışı Kaynaklı Oluşan PTF

PTF değeri ağustos ayına kadar yaklaşık %5 seviyelerinde bir yükseliş seyretmiştir. Eylül ayı ile birlikte talep artışından kaynaklanan fiyat artışı yükselmiş ve en yüksek artışı %12 ile ekim ayında göstermiştir. Arz ve talep durumuna bağlı olarak arzın talebi karşılamadığı aylarda belirli bir azami fiyatından da belirlenmesinden ötürü fiyat azami fiyat veya azami fiyata yakın değerlerde gerçekleştiğinden talep artışı ne kadar artırılrsa da fiyat en fazla azami fiyata kadar yükselebildiğinden fiyat artışı yüksek yüzde değerlerinde olmayacaktır. Arz-talep eğrileri incelendiğinde özellikle hidroelektrik enerji arzının uygun olduğu durumlarda arz eğrisine büyük miktarda enerji arz girişi oluşturduğu görülür. Bu sebeple fiyat bu büyük ölçekte arz girişi yapılmış fiyatın üzerine genel olarak çıkmamaktadır. İlk altı ay için bu durum genel olarak oluşmuş ve fiyat bu yüzden azami fiyat seviyelerine çok yükselmemiştir. Bu sebeple de bu aylarda talep artışından kaynaklanan fiyat artışı yaklaşık %5 seviyelerinde gerçekleşmiştir. Temmuz ayı ile birlikte talepte büyük artışlar

yaşanmıştır. Bu talep artışının yanı sıra enerji maliyetleri de büyük artışlar göstermiş ve bununla birlikte PTF’de de yükseliş gözlenmiştir. Fiyat seviyeleri azami fiyat seviyelerine dayanmıştır. Enerji maliyetlerinde de yaşanan bu artış sebebiyle azami fiyat seviyeleri de güncellenmek zorunda kalmış ve aydan aya büyük yükselişler gerçekleştirilmiştir. Ekim ve kasım aylarında gerçekleşen PTF ortalaması azami fiyatların da yükselmesi ile birlikte azami fiyat seviyelerinin görece olarak daha altında gerçekleşmesini sağlamıştır. Yine bu aylarda talep seviyelerinde de yaz aylarına oranla gevşeme yaşanmıştır. Durum böyle olunca bu aylarda yaşanacak ekstra talep artışı fiyat seviyelerini azami fiyat seviyelerine yaklaştıracaktır. Bu sebeple ekim ve kasım aylarında elektrikli araç kaynaklı talep artışının fiyatta gösterdiği yükselişin diğer aylardan yüksek olmuştur.

2021 yılında gerçekleşen ve analizler ile elde edilen değerler Tablo 4.3.’te özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.3. 2021 Yılı Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi

Ay	Gerçekleşen PTF (TL/MWh)	Talep Artışı ile Oluşan PTF (TL/MWh)	Yüzde Artış
Ocak	297,72	307,51	3%
Şubat	286,89	298,61	4%
Mart	311,41	322,47	4%
Nisan	312,15	326,45	5%
Mayıs	360,59	381,27	6%
Haziran	402,03	421,17	5%
Temmuz	518,37	539,97	4%
Ağustos	557,37	579,11	4%
Eylül	520,86	557,10	7%
Ekim	669,93	749,94	12%
Kasım	830,96	913,01	10%
Aralık	1008,64	1063,44	5%
Yıl Ortalaması	508,10	540,13	6%

2020 Yılı azami fiyat seviyeleri Tablo 4.4.'te gösterilmiştir.

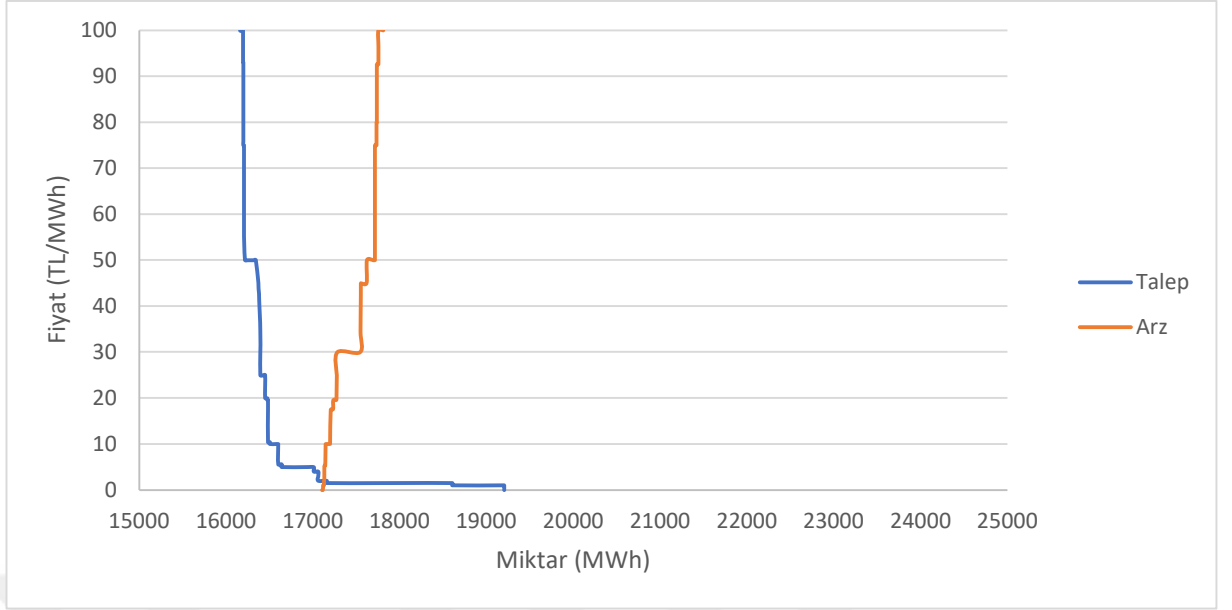
Tablo 4.4. 2022 Yılı Azami Fiyat Seviyeleri

Ay	Azami Fiyat (TL/MWh)
Ocak	600
Şubat	600
Mart	600
Nisan	2000
Mayıs	2000
Haziran	2000
Temmuz	2000
Ağustos	2000
Eylül	2000
1-6 Ekim	2000
7-31 Ekim	563
Kasım	566
Aralık	572

2020 Yılında azami fiyat seviyeleri ilk 3 ayda 600 TL/MWh olarak belirlenmiş sonrasında ise Nisan ayı ile birlikte 2000 TL/MWh seviyesine yükseltilmiş ve bu ekim ayına kadar devam etmiştir. 2020 yılı pandeminin yaşandığı yıl olması sebebiyle 2020 yılında talepte çok büyük düşüşler yaşanmış ve bazı günlerde toplam talep yalnızca yenilenebilir enerji santralleri ile karşılanabilmiştir. Bu sebeple 2020 yılında fiyat seviyelerinde rekor düşüşler gözlemlenmiştir.

2021 yılına kıyasla 2020 yılında azami fiyat seviyesinde gerçekleşen PTF değerleri oluşmamıştır. Yine 2021 yılına kıyasla 2020 yılında ay ortalaması olarak değerlendirildiğinde PTF çok daha düşük gerçekleşmiştir. İlgili yılın bazı saatlerinde PTF değerlerinde 0 TL/MWh'ler gözlemlenmiştir.

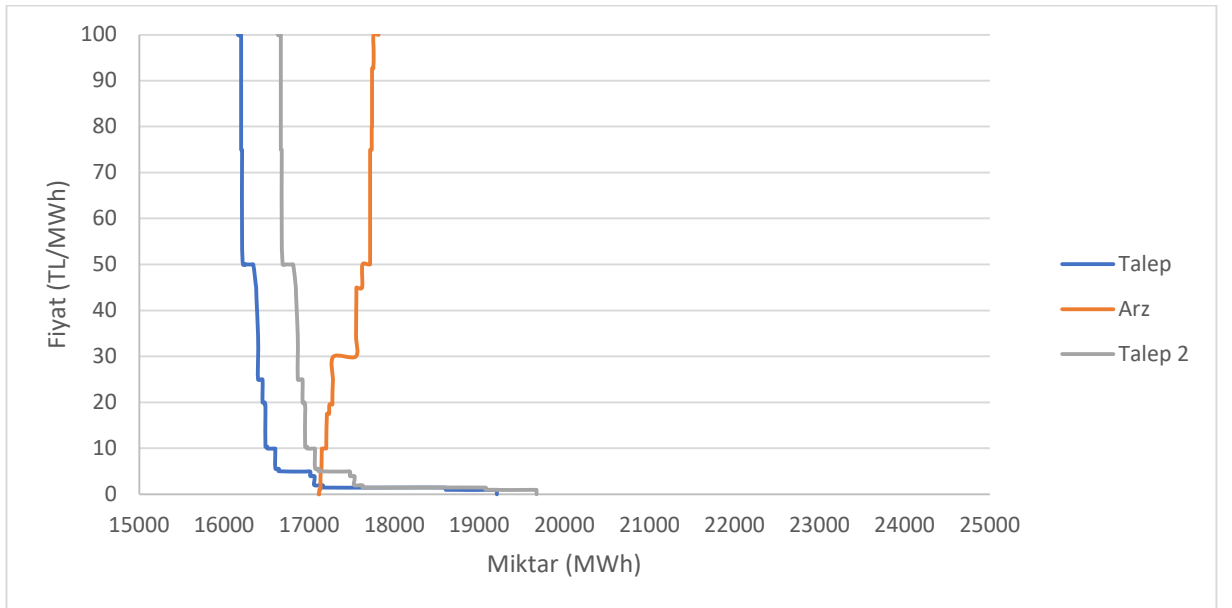
Fiyat seviyesinde yaşanan bu kırılganlığın gözlemlenmesi adına 8 Mart 2020 tarihi, saat 15:00'ın arz-talep eğrisi Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5. 08.03.2020, Saat 15:00 Arz-Talep Eğrisi

İlgili saatte talep seviyesinin düşük olması sebebiyle arz ile kesişme noktasında fiyat seviyesinin taban fiyatına çok yakın gerçekleşmiştir. İlgili saatte PTF değeri 2 TL/MWh olarak belirlenmiştir.

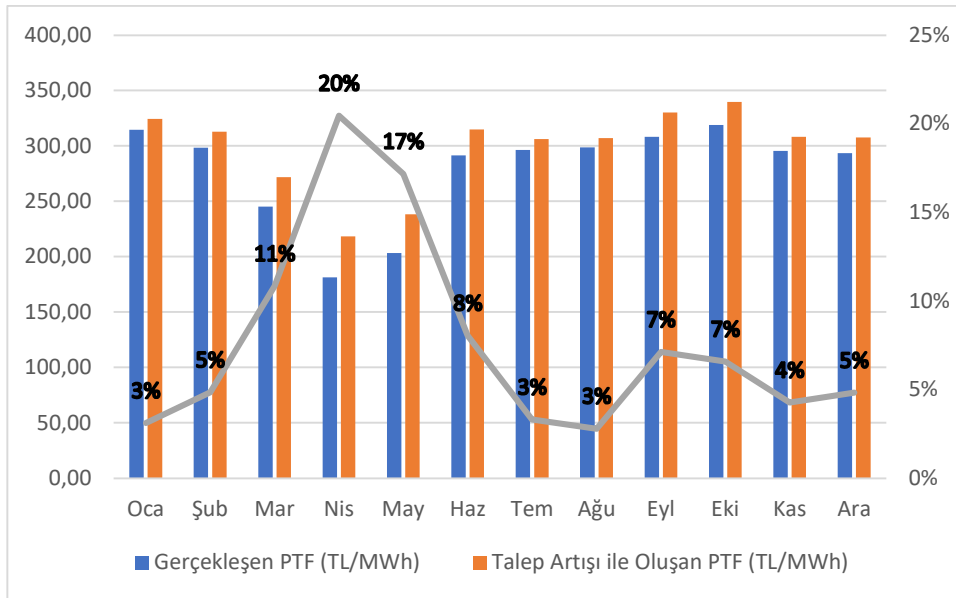
Bu durumda elektrikli araç kaynaklı talep artışının böylesi bir arz-talep eğrisinde yaratacağı etki Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. 08.03.2020, Saat 15:00 Elektrikli Araç Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi

Elektrikli araç kaynaklı talep artışı etkisi ile talep eğrisinde yaşanan artış fiyatı yükseltmiş fakat talepte gözüken anormal düşük seviye sebebiyle bu artış da PTF seviyesini çok yükseklerle çıkaramamıştır. Talep artışı kaynaklı oluşan yeni fiyat seviyesi 5,01 TL/MWh'tir. Bu yükseliş oransal olarak değerlendirildiğinde ise yaklaşık %151 olarak görünecektir fakat çok düşük fiyat seviyelerinde gerçekleştiği için bu oran çok gerçekçi kabul edilmemelidir.

Ay bazında fiyat ortalamaları incelendiğinde oluşan değişim Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Gerçekleşen PTF ile Talep Artışı Kaynaklı Oluşan PTF

Tablo değerleri incelendiğinde elektrikli araç kaynaklı talep artışının yarattığı fiyat yükseltici etki yılın ilk yarısında yükseliş izlerken yılın sonlarına doğru düşmektedir. Özellikle mart, nisan ve mayıs aylarında çok büyük oranlarda bir fiyat yükselmesi gözlemlenmiştir. 2020 yılında pandemi yaşanması sebebiyle belli kısıtlamalar getirilmiş ve tüm bunların etkisi ile de talep seviyelerinde büyük oranda düşüşler yaşanmıştır. Bu etki tüm dünya ülkelerinde aynı şekilde gözlemlenmiştir. Ülkemizde de mart ayı ile birlikte bu kısıtlamalar başlamış ve mart ayı itibariyle rekor seviyelerde düşüş yaşayan talep, yenilebilir enerji kaynakları ile karşılanabilecek seviyelere gelmiştir. Şekil 4.6.'da mart, nisan ve mayıs aylarında yaşanan PTF artış oranının sebebi ilgili aylarda PTF seviyelerinin çok düşük gerçekleşmesidir. Fiyat seviyeleri taban fiyata çok yakın olduğundan küçük PTF değerlerinde yaşanan artış oransal

olarak çok yüksek seviyelere gelmiştir. Bu durumun örneği Şekil 4.5.'te gösterilmiştir. Bu sebeple ilgili aylarda yaşanan artış oranının gerçekçi olduğu değerlendirilmesi doğru olmayacaktır. İlerleyen aylarda talep seviyelerinin toparlaması ve PTF değerlerinin yükselmesi ile yapılan değerlendirme daha gerçekçi sonuçlar ortaya koymaktadır. Talep seviyesinin ve PTF seviyesinin toparlaması ile elektrik araç kaynaklı talep artışının fiyat üzerinde yaptığı etki daha gerçekçi olacaktır.

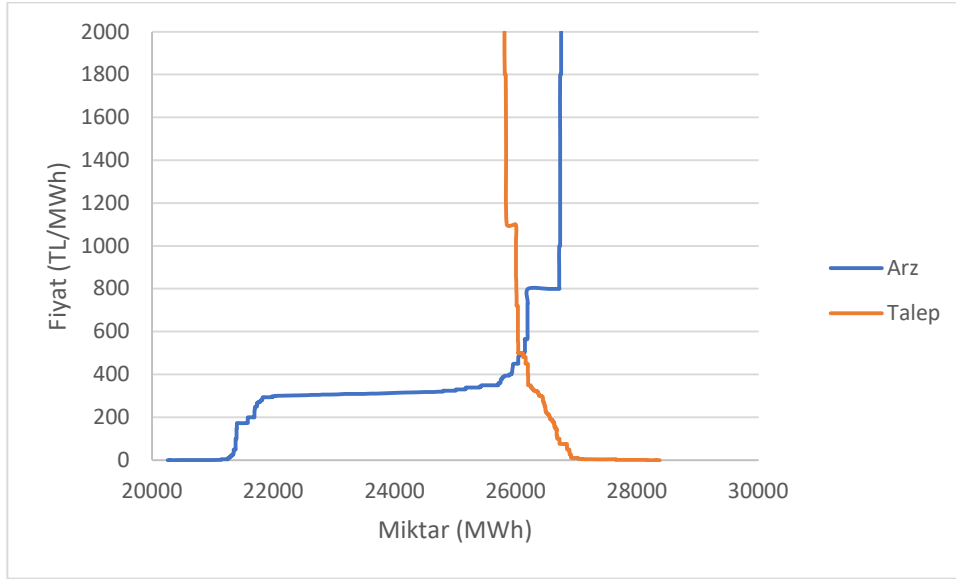
2020 yılında yapılan analizler özet olarak Tablo 4.5.'te gösterilmektedir.

Tablo 4.5. 2020 Yılı Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi

Ay	Gerçekleşen PTF (TL/MWh)	Talep Artışı ile Oluşan PTF (TL/MWh)	Yüzde Artış
Oca	314,61	324,39	3%
Şub	298,41	312,87	5%
Mar	245,09	271,65	11%
Nis	181,16	218,21	20%
May	203,22	238,12	17%
Haz	291,31	314,74	8%
Tem	296,36	306,18	3%
Ağu	298,70	307,07	3%
Eyl	308,20	330,15	7%
Eki	318,70	339,67	7%
Kas	295,51	308,12	4%
Ara	293,34	307,49	5%
Yıl Ortalaması	278,72	298,20	7%

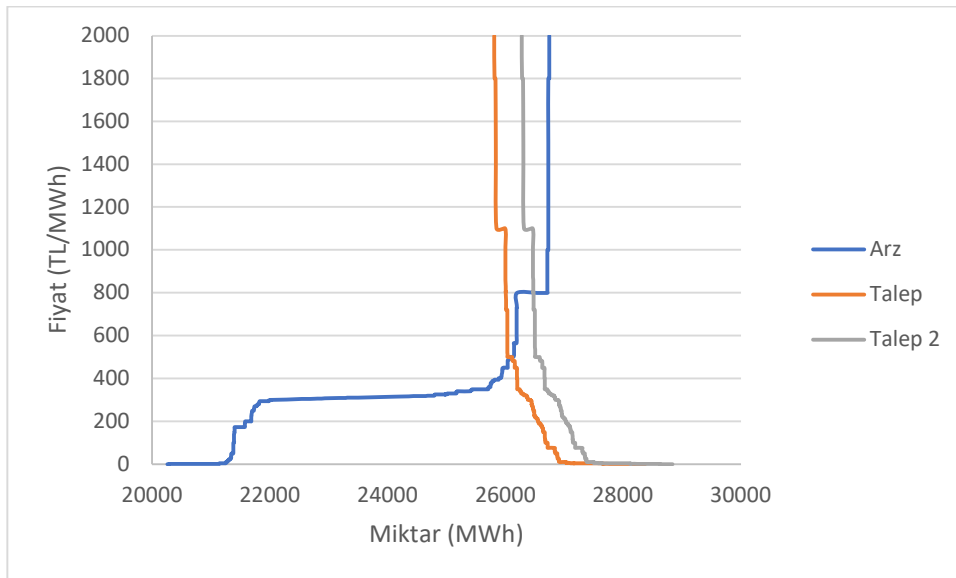
2019 yılı için de veriler incelenmiştir. 2019 Yılında asgari fiyat limit 0 TL/MWh ile azami fiyat 2000 TL/MWh'tir. Bu tüm yıl boyunca bu şekilde gerçekleşmiştir. 2019 yılı piyasa fiyatlarının çok yüksek seyrettiği bir yıl değildir. Fiyatlar beklenen ortalama düzeylerde ilerlemiş aylar arasında talep seviyesinin değişiminden kaynaklanan beklenen farkların olduğu bir yıldır. En düşük fiyat ortalaması 227,55 TL/MWh ile nisan ayında gerçekleşmiş ve en yüksek fiyat ortalaması ise 313,88 ile temmuz ayında gerçekleşmiştir. Ay ortalaması bazında çok büyük farklar yaşanmasında saatlik değişimlerde çok düşük fiyat seviyeleri de gözlemlenmiştir. Özellikle talep seviyelerinin düşük olduğu günün ilk saatlerinde fiyatlar genellikle düşük seyretmiştir. Yıl boyunca gerçekleşen en yüksek fiyat 500 TL /MWh olmuştur.

Şekil 4.7.'de en yüksek fiyat olan 27 Haziran 2019 Yılı, Saat 15:00'ın arz-talep eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 4.7. 27.06.2019, Saat 15:00 Arz-Talep Eğrisi

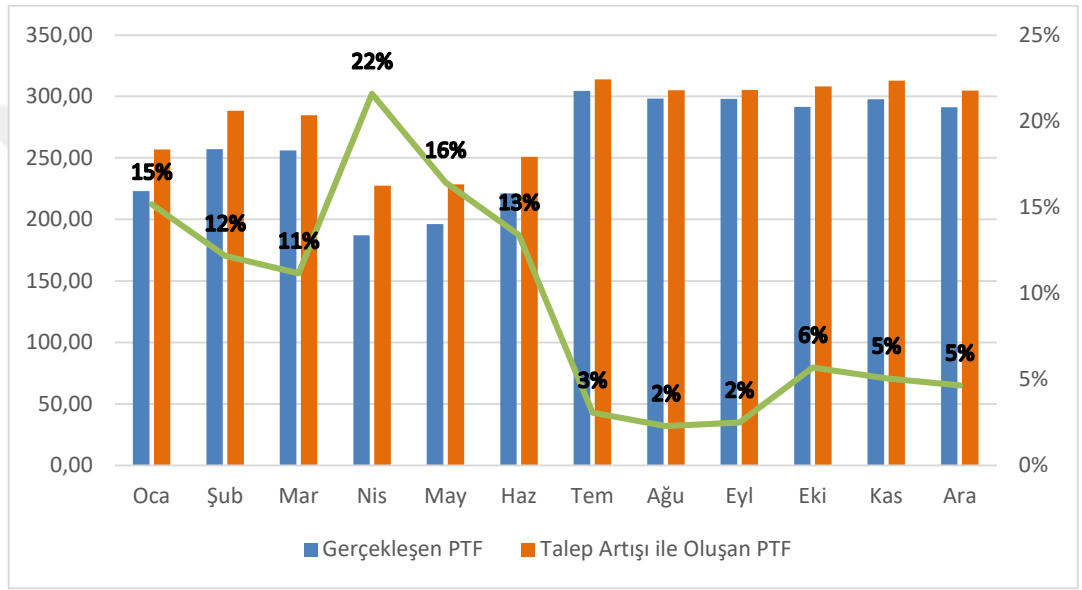
İlgili gün ve saatte arz-talep eğrisi 500 TL/MWh'te kesiştiğinden fiyat 500 TL/MWh olarak belirlenmiştir. İlgili saate elektrikli araç kaynaklı talep artışı dahil edildiğinde arz-talep eğrisi Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. 27.06.2019, Saat 15:00 Elektrikli Araç Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi

Elektrikli araç talebinin arz-talep eğrisine girişiyle fiyat seviyesi ilgili saatte %60'lık artış göstererek 799,78 TL/MWh olmuştur. Arz-talep eğrisi incelendiğinde 400 TL/MWh'den sonra fiyat tekliflerinde keskin bir artış yaşanmıştır. Bu sebeple ilgili miktar seviyesinden sonra yüksek maliyetli santrallerin arz girişi olabileceği yorumu yapılabilir. Bu yorumlama doğrultusunda talep artışı neticesinde, eğriler yüksek maliyetli santrallerin vermiş olduğu fiyat seviyesinde kesişmektedir. Bu da ilgili saatte yüksek bir fiyat artış seviyesine sebep olmaktadır.

Aylık bazda değişimler ise şekil 4.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Gerçekleşen PTF ile Talep Artışı Kaynaklı Oluşan PTF

Görüldüğü üzere ilk 6 ayda yükseliş oranı diğer aylara göre daha yüksektir. Fiyat seviyeleri incelendiği zamanda görülmüştür ki yılın ikinci yarısında fiyatlar ilk yarıya oranla daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu sebeple yılın ikinci yarısında fiyatların daha çok marjinal santraller tarafından belirlendiği yorumu yapılabilir. Durum böyle olduğunda da fiyat seviyesinde ki artış yılın ilk yarısına oranla daha düşük olmuştur. 2019 yılı için yapılan analizler Tablo 4.6.'da özetlenmiştir.

Tablo 4.6. 2019 Yılı Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi

Ay	Gerçekleşen PTF (TL/MWh)	Talep Artışı ile Oluşan PTF (TL/MWh)	Yüzde Artış
Oca	223,04	256,86	15%
Şub	257,05	288,34	12%
Mar	256,04	284,61	11%
Nis	187,15	227,56	22%
May	196,17	228,41	16%
Haz	221,32	250,95	13%
Tem	304,55	313,88	3%
Ağu	298,30	305,12	2%
Eyl	297,90	305,31	2%
Eki	291,61	308,20	6%
Kas	297,87	312,92	5%
Ara	291,32	304,85	5%
Yıl Ortalaması	260,32	282,29	8%

2021,2020 ve 2019 yılı için yapılan analizler incelendiğinde yıllık ortalama fiyat artış oranları sırasıyla %6, %7 ve %8 olarak gerçekleşmiştir. İlgili üç yıl içinde farklı senaryolar yaşanmış ve analizlerde, bu senaryolar dikkate alınarak açıklamalar yapılmıştır.

Yıldan yıla ilerledikçe elektrik piyasası gelişmekte ve işlemler git gide artmaktadır. Analizi yapılan 2019, 2020 ve 2021 yılları için Gün Öncesi Piyasası Eşleşme Miktarları sırasıyla 152.119.938 MWh, 181.364.580 MWh ve 203.064.370 MWh'tir. Bu da işlem hacimlerinin yıldan yıla artış gösterdiğinin ve piyasanın ve oluşan fiyatların git gide önem kazandığının göstergesidir. 2015 yılından itibaren Gün Öncesi Piyasası eşleşme miktarları Tablo 4.7.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Gün Öncesi Piyasası Eşleşme Miktarları

Yıl	Eşleşme Miktarı (MWh)
2015	99.294.908
2016	114.050.126
2017	123.324.861
2018	149.394.820
2019	152.119.938
2020	181.364.580
2021	203.064.370

Bu analizler çerçevesinde herhangi bir arz planlaması yapılmadığı takdirde yalnızca elektrikli araç kullanımının yaşatacağı talep artışı, elektrik fiyatlarında %5 ila %10 aralığında bir artış doğuracaktır.

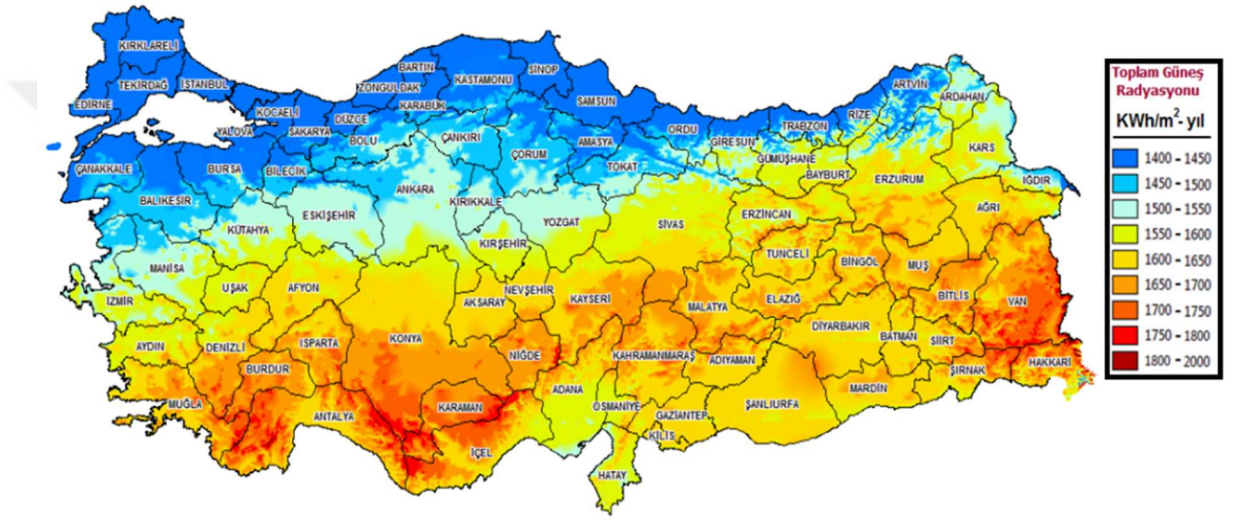




5. GÜNEŞ ENERJİ ARZININ FİYATA ETKİSİ

Elektrikli araç kaynaklı talep artışının fiyat üzerinde gerçekleştirdiği artış etkileri bir önceki bölümde incelenmiştir. Bu bölümde güneş enerjisi arzının artışı ile bu etkinin nasıl bir değişim izleyeceği incelenecektir. Çalışmada 2000 MWp'lik bir güneş enerji santralinin etkisi üzerine analizler yapılmıştır. Güneş enerji santrali analizleri PVSyst programı üzerinden hazırlanmış ve etkileri arz-talep eğrisi üzerinde modellenmiştir.

Türkiye güneş potansiyel haritası Şekil 5.1.' de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli [26]

Görüldüğü üzere Türkiye'de farklı radyasyon dağılımları farklılık göstermektedir. Çalışmada kullanılan güneş radyasyonu değeri 1634 KWh/m²-yıl olarak belirlenmiştir. Türkiye genel güneş radyasyon dağılımda ortalama bir değerdir. Yapılan analizler bu çerçevede sürdürülmüştür. Çalışmada 670 Wp AXIbipremium XQ HC MT AC-670MBT/132V marka panel ve SUN2000-175KTL-H0 marka evirici kullanılmıştır. Panel açısı optimal duruma göre belirlenmiş ve 30 derece olarak kullanılmıştır. 2985080 adet panel 11428 evirici kullanılmıştır. 9272709 m²'lik bir alan kullanılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen fotovoltaik dizi karakteristikleri şekil 5.2. 'de gösterilmiştir.

PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	AXIbipremium XQ HC MT AC-670MBT/132V	Model	SUN2000-175KTL-H0
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	670 Wp	Unit Nom. Power	175 kWac
Number of PV modules	2985080 units	Number of inverters	11428 units
Nominal (STC)	2000 MWp	Total power	1999900 kWac
Modules	106610 Strings x 28 In series	Operating voltage	600-1500 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>25°C)	193 kWac
Pmpp	1830 MWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.00
U mpp	970 V		
I mpp	1887213 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	2000004 kWp	Total power	1999900 kWac
Total	2985080 modules	Number of inverters	11428 units
Module area	9272709 m ²	Pnom ratio	1.00
Cell area	8688374 m ²		

Şekil 5.2. Fotovoltaik Dizi Karakteristikleri

Güneş enerji santralinin yıllık üretimi 3137 GWh/yıl'dır.

Yapılan çalışmada analiz edilen saatlik bazda aylık ortalama güç miktarları tablo 5.3. ve 5.4.' te iki parçada gösterilmiştir.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ocak	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	9,36	180,88	380,46	474,98	449,44
Şubat	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	57,40	214,87	453,55	636,63	678,41
Mart	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	247,56	247,56	579,21	910,79	1.139,69	1.112,07
Nisan	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	0,99	112,75	411,27	742,52	1.152,03	1.381,35	1.447,96
Mayıs	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	38,00	215,06	628,12	1.013,59	1.234,74	1.281,06	1.345,85
Haziran	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	49,38	199,19	571,80	939,42	1.260,85	1.382,64	1.353,64
Temmuz	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	43,80	206,94	620,75	1.040,33	1.352,79	1.558,70	1.646,28
Ağustos	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	0,99	153,90	551,42	1.001,32	1.327,86	1.509,97	1.619,44
Eylül	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	91,66	425,15	862,60	1.185,24	1.420,44	1.512,78
Ekim	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	30,79	343,76	720,82	1.050,13	1.237,80	1.321,56
Kasım	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	207,52	599,89	732,13	1.014,47	1.017,29
Aralık	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	26,61	302,58	517,82	749,52	780,90

Şekil 5.3. Saatlik Bazda Aylık Ortalama Güç Değerleri (Saat 00:00-12:00 Arası)

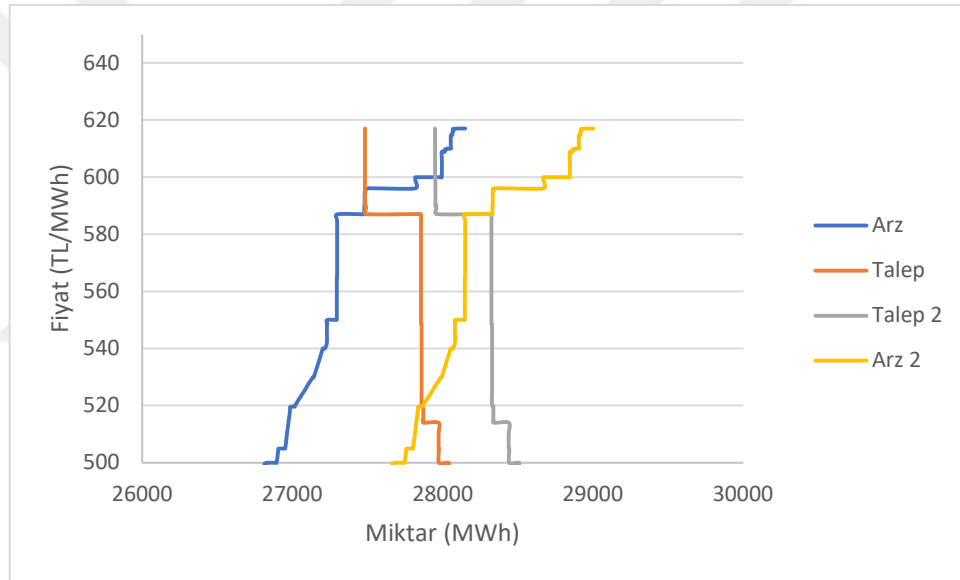
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ocak	525,22	528,15	335,51	227,06	96,85	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Şubat	647,07	671,22	510,55	315,06	171,68	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Mart	1.200,23	851,63	975,46	665,67	289,74	1,54	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Nisan	1.305,52	1.196,07	967,81	709,07	468,98	154,81	1,37	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Mayıs	1.318,66	1.286,92	1.044,69	754,45	486,17	216,35	42,21	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Haziran	1.310,33	1.130,62	1.004,63	848,56	447,40	207,67	58,81	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Temmuz	1.643,40	1.551,95	1.345,85	1.056,56	682,70	288,79	70,00	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Ağustos	1.543,65	1.446,23	1.271,07	995,49	637,53	224,42	23,46	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Eylül	1.322,16	1.197,52	1.022,70	690,13	395,91	79,19	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Ekim	1.217,52	1.138,02	845,85	514,78	231,31	0,26	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Kasım	1.022,49	896,32	735,21	435,60	52,01	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Aralık	742,75	586,74	433,81	250,30	7,44	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04

Şekil 5.4. Saatlik Bazda Aylık Ortalama Güç Değerleri (Saat 13:00-24:00 Arası)

Yapılan güneş enerji santrali analizleri neticesinde elde edilen değerler arz-talep eğrisi üzerinde modellenmiştir. Elektrikli araç kaynaklı talep artışı eklenerek modellenen arz-talep eğrileri kullanılmıştır. Böylelikle 2000 MW'lık güneş enerji santralinin fiyat artışına ne şekilde bir reaksiyon göstereceği tespit edilmiştir.

Şekil 5.5'te .2021 yılı için 9 Temmuz Saat 15:00 arz talep eğrisi üzerinde etkiler gözlemlenmiştir.

Elektrikli araç kaynaklı talep artışı Talep 2 olarak değerlendirilirken, Güneş enerjisinin etkisi ise Arz 2 olarak değerlendirilmiştir. Bu durumda eğriler üzerinde ki kesişim noktalarından fiyatların nasıl şekillendiği gözlemlenebilmektedir.



Şekil 5.5. 09.07.2021, Saat 15:00, Arz ve Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi

İlgili tarihte fiyat 595 TL/MWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrikli araç kaynaklı talep artışı bu fiyatı 600 TL/MWh seviyesine yükselmiştir. Fakat güneş üretiminin en yüksek olduğu öğle saatlerinde ve yine aynı şekilde üretimin en yüksek olduğu yaz mevsiminde güneş enerjisi ile bu fiyat 519,67 TL/MWh seviyesine inmiştir. İlgili tarihte elektrikli araç kaynaklı talep artışının fiyat üzerinde artırıcı etkisi kalmamakla birlikte fiyat gerçekleşen seviyesinin de altına inmiştir.

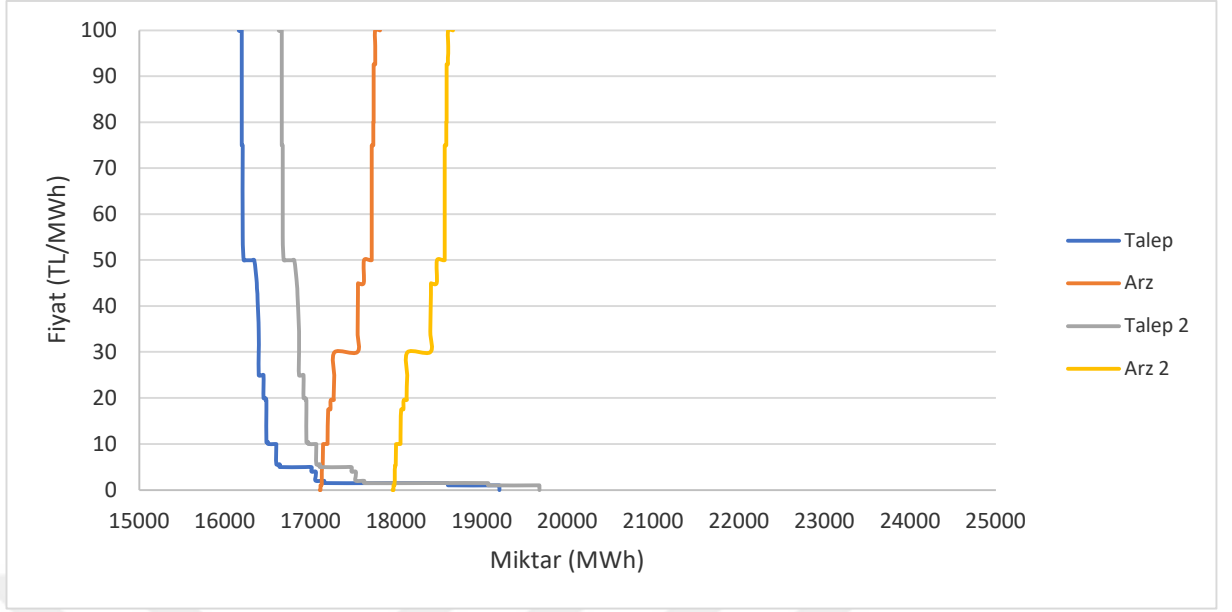
2021 yılı için oluşan etki Tablo 5.1.'de aylık bazda gösterilmiştir.

Tablo 5.1. 2021 Yılı Arz-Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi

Ay	Gerçekleşen PTF (TL/MWh)	Arz-Talep Etkisi ile PTF (TL/MWh)	Değişim Oranı
Ocak	297,72	304,98	2%
Şubat	286,89	294,08	3%
Mart	311,41	315,16	1%
Nisan	312,15	309,30	-1%
Mayıs	360,59	355,22	-1%
Haziran	402,03	400,42	0%
Temmuz	518,37	511,91	-1%
Ağustos	557,37	558,39	0%
Eylül	520,86	520,36	0%
Ekim	669,93	691,25	3%
Kasım	830,96	869,27	5%
Aralık	1008,64	1043,31	3%
Ortalama	508,10	516,17	2%

Görüldüğü üzere 2021 yılında güneş enerjisinin de dahil olması ile birlikte elektrikli araç kaynaklı talep artışının fiyata olan etkisi ciddi derecede azalma göstermiştir. Özellikle güneş üretiminin en çok olduğu yaz dönemlerinde güneş etkisi elektrikli araç kaynaklı talep artışının oluşturduğu artış etkisini yok etmekle kalmayıp fiyat seviyesini gerçekleşen fiyatın dahi altına çekebilmiştir. Yıllık ortalama da elektrikli araç etkisinin %6'lık fiyat artırıcı etkisi güneş enerjisi ile birlikte %2 düzeyine indirilmiştir.

2020 Yılı için yine fiyat seviyesinin taban fiyata yakın olduğu 8 Mart 2020 Tarihi, Saat 15:00'ın arz-talep eğrisi değerlendirilmiştir. Tüm etkilerin gösterildiği ilgili tarihe ait arz-talep eğrisi Şekil 5.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. 08.03.2020, Saat 15:00, Arz ve Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi

İlgili tarihte gerçekleşen fiyat seviyesi 2 TL/MWh'tir. Elektrikli araç kaynaklı talep artışı bu seviyeyi 5,01 TL/MWh'e getirmiştir. Fiyat seviyesi çok küçük olduğundan bu artış oransal olarak değerlendirildiğinde yüksek bir orana denk gelmektedir. Güneş enerjisinin etkisi bu fiyatı 1,49 TL/MWh seviyesine getirmiştir. Dolayısıyla elektrikli araç etkisinin artıcı etkisi tamamen sönümlenmiş ve fiyat gerçek seviyenin de altına çekilmiştir. Fiyat artış oranı bu tip çok küçük seviyede gerçekleşen fiyatlar için çok gerçekçilik ifade etmese de güneş enerjisinin elektrikli araç talebi kaynaklı etkiyi nasıl şekillendirdiği açısından fikir verebilmektedir.

2020 yılı için oluşan etki Tablo 5.2.'de aylık bazda gösterilmiştir.

Tablo 5.2. 2020 Yılı Arz-Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi

Ay	Gerçekleşen PTF (TL/MWh)	Arz-Talep Etkisi ile PTF (TL/MWh)	Değişim Oranı
Ocak	314,61	323,20	3%
Şubat	298,41	308,17	3%
Mart	245,09	250,86	2%
Nisan	181,16	181,54	0%
Mayıs	203,22	200,80	-1%
Haziran	291,31	285,95	-2%
Temmuz	296,36	293,81	-1%
Ağustos	298,70	297,30	0%
Eylül	308,20	310,65	1%
Ekim	318,70	324,07	2%
Kasım	295,51	302,46	2%
Aralık	293,34	303,40	3%
Ortalama	278,72	281,83	1%

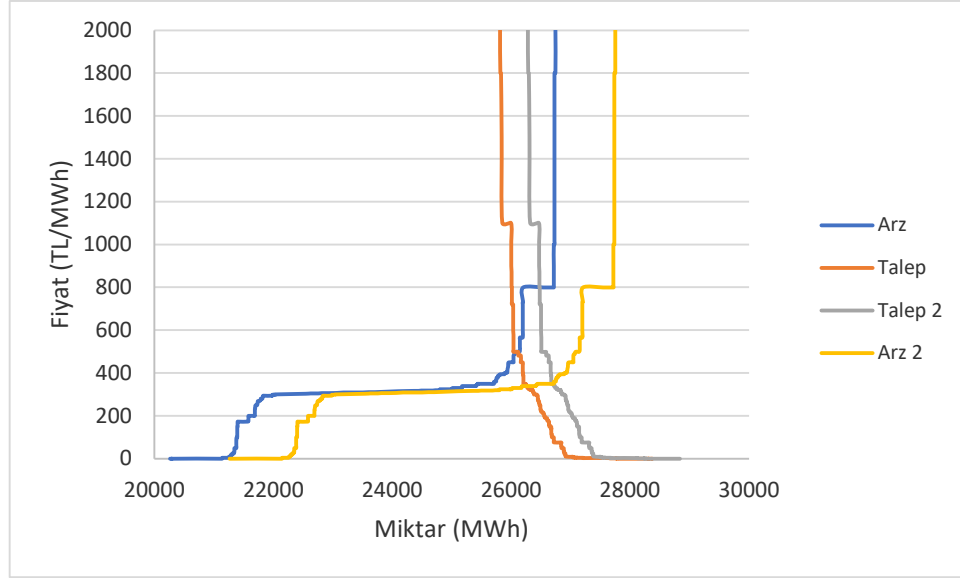
2020 yılında da 2021 yılına benzer bir görünüm ortaya konmuştur. 2020 Yılında da yine güneş üretiminin en yüksek seviyelerde olduğu yaz aylarında fiyat gerçekleşen fiyat seviyesinin altına inmiştir. Diğer aylarda yaşanan elektrikli araç kaynaklı talep artışının yaşatmış olduğu fiyat artırma oranları da düşmüştür. Böylelikle 2020 yılı için %7 olarak analiz edilen elektrikli araç kaynaklı talep artışının fiyat yükselme oranı, güneş enerji santralının etkileriyle birlikte %1 seviyesine indirilmiştir.

Tablo 5.3. 2020 Yılı, Arz ve Talep Artışının PTF'ye Etkisi

Gerçekleşen PTF	Elektrikli Araç Kaynaklı Talep Artışı ile PTF (TL/MWh)	Güneş Enerjisi Etkisi ile PTF (TL/MWh)
278,72	298,20	281,33

2019 yılı için etki analizi örnek olarak 27 Haziran Tarihi, Saat 15:00 arz-talep eğrisi üzerinde gösterilmiştir.

İlgili tarihte fiyat 500 TL/MWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrikli araç kaynaklı talep artışının etkisi ile bu fiyat seviyesi 799,78 TL/MWh seviyesine yükselmiştir. Şekil 5.7.'de ilgili tarih için arz-talep eğrileri bulunmaktadır.



Şekil 5.7. 27.06.2019, Saat 15:00, Arz ve Talep Artışı ile Arz-Talep Eğrisi

Arz-talep eğrisinde görüldüğü üzere elektrikli araç kaynaklı talep artışı fiyat seviyesini kayda değer bir şekilde yükseltmiştir. Fakat ilgili tarih haziran ayına denk geldiği için ve haziran ayında öğle saatlerinde güneş enerjisinden elde edilen enerjinin yüksek seviyelerde olması sebebiyle güneş enerji etkisini göstermiş ve fiyatı büyük ölçekte azaltmıştır. Güneş enerjisi etkisi ile fiyat 350,01 TL/MWh seviyesine gerilemiş ve böylelikle talep artışı kaynaklı artırıcı etkiyi sönmülmüş ve buna ek olarak fiyatı gerçekleşen seviyesinin de altına çekmiştir.

Tablo 5.4. 2019 Yılı Arz-Talep Artışı ile Oluşan PTF Analizi

Ay	Gerçekleşen PTF (TL/MWh)	Arz-Talep Etkisi İle PTF (TL/MWh)	Değişim Oranı
Ocak	223,04	250,42	12%
Şubat	257,05	274,86	7%
Mart	256,04	260,23	2%
Nisan	187,15	195,86	5%
Mayıs	196,17	194,67	-1%
Haziran	221,32	225,20	2%
Temmuz	304,55	302,03	-1%
Ağustos	298,30	293,52	-2%
Eylül	297,90	296,61	0%
Ekim	291,61	292,65	0%
Kasım	297,87	305,15	2%
Aralık	291,32	302,67	4%
Ortalama	260,32	266,20	2%

2019 yılında yılın ilk yarısında elektrikli araç kaynaklı talep artışının fiyata yaptığı artırıcı etki yüksek olarak gözlemlenmişti. Bu etki güneş enerjisinin de dahil olmasıyla birlikte yılın ilk yarısında gözle görülür bir şekilde azalmıştır. Talep artışı ile fiyat seviyesinin yıl bazında %9'luk bir artış gösterdiği 2019 yılında güneş enerjisinin etkisiyle bu artış seviyesi % 2 seviyesine gerilemiştir.

Yapılan analizlerle birlikte 2021, 2020 ve 2019 yıllarında sırasıyla %6, %7 ve %9 olan talep artışı etkisi ile oluşan fiyat artış oranları, 2000 MWp'lik bir güneş enerji santralinin arzlarının analize dahil edilmesiyle birlikte %2, %1 ve %2 seviyelerine inmiştir. Bu durumda elektrikli araç kaynaklı talep artışının fiyata yapacağı artırıcı etkinin giderilmiş olduğu görülmektedir.

Tablo 5.5. Yıllara Göre Arz-Talep Artışının PTF'ye Etkisi

YIL	Gerçekleşen PTF (TL/MWh)	Talep Artışı ile Oluşan PTF (TL/MWh)	PTF Değişim Oranı	Arz-Talep Etkisi ile PTF (TL/MWh)	PTF Değişim Oranı
2019	260,32	282,29	8%	266,2	2%
2020	278,72	298,2	7%	281,83	1%
2021	508,1	540,13	6%	516,17	2%

6. NÜKLEER ENERJİ ARZININ FİYATA ETKİSİ

Ülkemizde gerçekleşmekte olan nükleer enerji santrali yatırımı da büyük bir arz kaynağı oluşturacaktır. Bu arz kaynağının piyasa fiyatlarına nasıl bir etki gerçekleştireceği bu bölümde analiz edilmiştir.

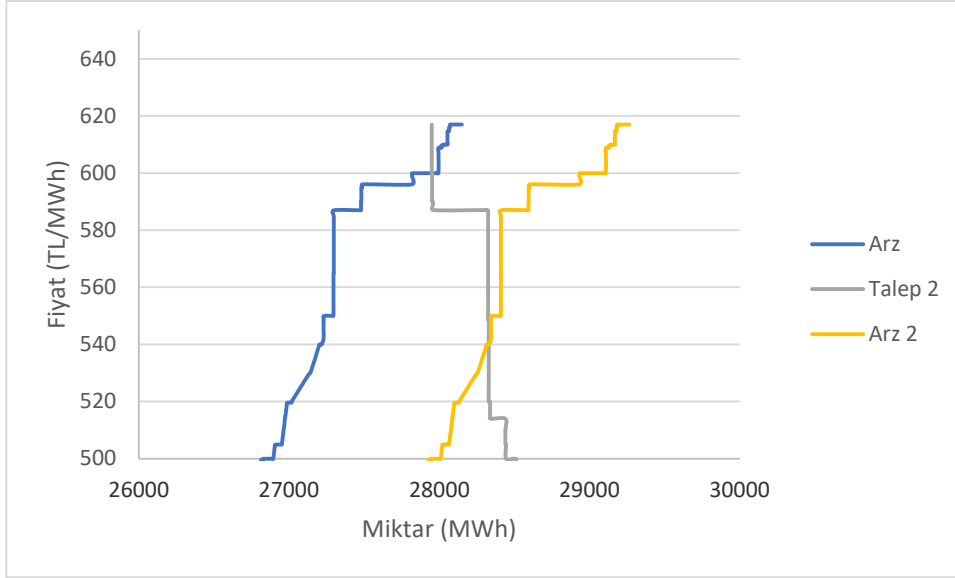
12 Mayıs 2010'da Rusya Federasyonu Hükümeti ile Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti arasında Türkiye'nin güney kıyısındaki Mersin ilinde VVER-1200 reaktörlü dört güç ünitesine sahip, toplam 4800 MW kurulu güç kapasiteli Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin inşa edilmesini öngören İşbirliği Anlaşması imzalanmıştır.

Akkuyu Nükleer Santrali'nin üreteceği elektriğin alım garantisi bulunmaktadır. Anlaşmada santralde üretilcek elektriğin yüzde 50'sinin 15 yıl boyunca TETAŞ tarafından satın alınması hükmü yer almaktadır. 15 yıllık bir satın alma anlaşması süresince, KDV hariç 12,35 ABD sent/kWh ortalama fiyattan satın alınacağı garanti edilmiştir.

Nükleer Enerji Santrali 4.800 MW kurulu güçte olacaktır. Akkuyu Nükleer Enerji Santrali toplamda dört üniteden oluşacaktır. İlk Ünitenin 2023 yılında devreye gireceği planlanmaktadır. Her bir ünitenin kendi iç tüketimi düşüldüğünde üretim miktarı yaklaşık olarak 1114 MW olacaktır.

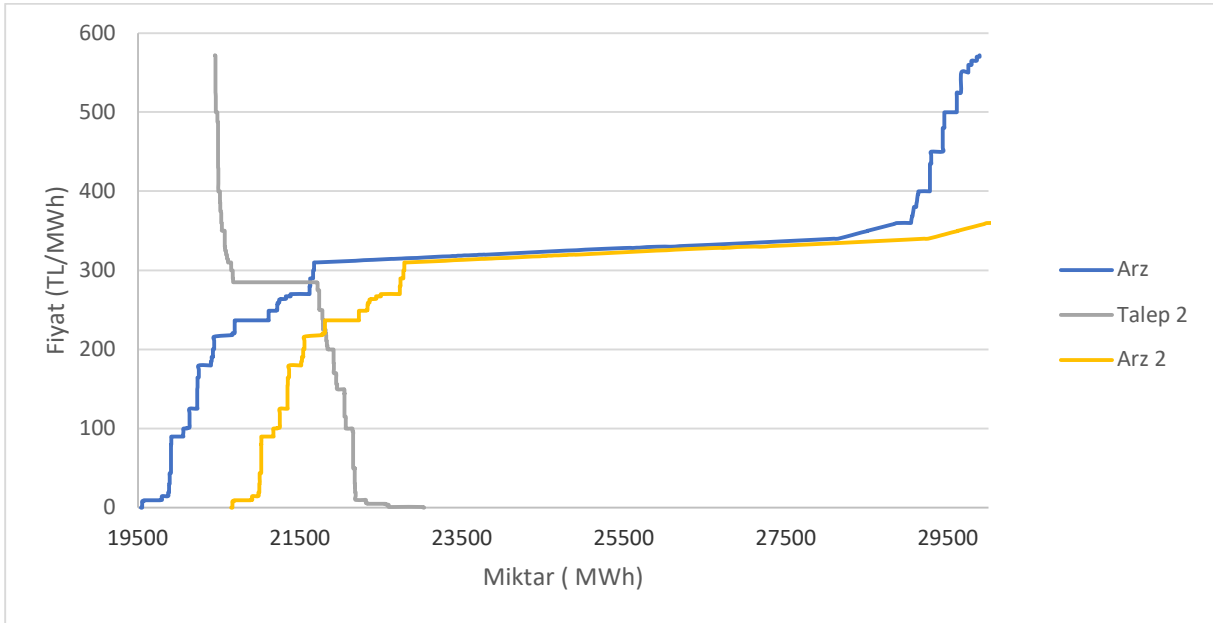
Yapılan çalışmada Akkuyu Nükleer Enerji Santralinin tek bir ünitesinin üretiminin tamamının arz eğrisine girişi modellenmiş ve bunun fiyat üzerinde oluşturacağı etki analiz edilmiş ve elektrikli araç kaynaklı talep artışının bu arzla birlikte nasıl şekilleneceği araştırılmıştır.

Şekil 6.1.'de nükleer enerji girişinin arz-talep eğrisi üzerindeki etki gösterilmiştir. Arz-talep eğrisi 9 Temmuz 2021, saat 15:00'a aittir.



Şekil 6.1. 09.07.2021, Saat 15:00, Nükleer Arz Artışı ile Arz-Talep Eğrisi

Şekilde görüldüğü üzere arz eğrisinin büyük bir arz girişi ile yeniden şekillenmesi ile fiyat seviyesi aşağıya doğru çekilmiştir. İlgili tarihte fiyat 595 TL/MWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrikli araç kaynaklı talep artışı bu fiyatı 600 TL/MWh seviyesine yükselmiştir. Bu 600 TL/MWh'lık fiyat seviyesi nükleer enerji ile birlikte 540 TL/MWh seviyelerine gelmiş ve gerçekleşen PTF değerinden bile daha düşük bir seviyeye indirmiştir. Yine Şekil 6.2.'de 1 Ocak 2021 Yılı saat 0 için arz-talep eğrisi analizi gösterilmiştir.



Şekil 6.2. 01.01.2021, Saat 00:00, Nükleer Arz Artışı ile Arz-Talep Eğrisi

İlgili tarihte de gerçekleşen fiyat 263,99 TL/MWh iken, elektrikli araç kaynaklı talep artışının dahil edilerek hazırlanmış olan güncellenmiş arz-talep eğrisinde fiyat seviyesi 284,99 TL / MWh olmuştur. Bununla birlikte nükleer enerji arzı da dahil edildiğinde fiyat seviyesinin 225 TL/MWh olarak değiştiği görülmüştür. Yine fiyat seviyesi elektrikli araç talep artışının da dahil olmasına karşın, gerçekleşen fiyat seviyesinin de altına inmiştir.

Nükleer enerji etkisinin aylık analizi Tablo 6.1, Tablo 6.2 ve Tablo 6.3.'te 2021-2020 ve 2019 yılları için aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 6.1 2021 Yılı Nükleer Enerjinin Aylık Bazda PTF'ye Etkisi

2021					
Ay	Gerçekleşen PTF (TL/MWh)	Elektrikli Araç Talep Artışı ile PTF (TL/MWh)	Nükleer Enerji Arzı ile Oluşan PTF (TL/MWh)	Talep Artış ile Nükleer Arz Değişim Oranı	Gerçekleşen Fiyat ile Nükleer Arz Değişim Oranı
Ocak	297,72	307,51	280,53	-9%	-6%
Şubat	286,89	298,61	266,95	-11%	-7%
Mart	311,41	322,47	295,59	-8%	-5%
Nisan	312,15	326,45	290,17	-11%	-7%
Mayıs	360,59	381,27	331,73	-13%	-8%
Haziran	402,03	421,17	374,31	-11%	-7%
Temmuz	518,37	539,97	491,02	-9%	-5%
Ağustos	557,37	579,11	529,16	-9%	-5%
Eylül	520,86	557,1	475,20	-15%	-9%
Ekim	669,93	749,94	564,40	-25%	-16%
Kasım	830,96	913,01	734,16	-20%	-12%
Aralık	1008,64	1063,44	925,89	-13%	-8%
Ortalama	508,1	540,13	464,82	-14%	-9%

Tablo 6.2. 2020 Yılı Nükleer Enerjinin Aylık Bazda PTF'ye Etkisi

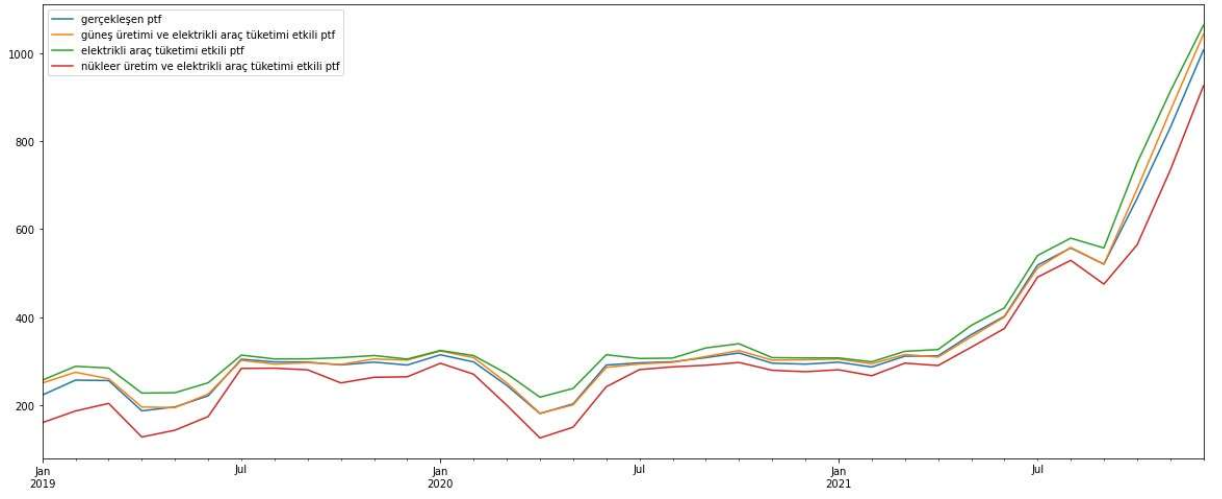
Ay	Gerçekleşen PTF (TL/MWh)	Elektrikli Araç Talep Artışı ile PTF (TL/MWh)	Nükleer Enerji Arzı ile Oluşan PTF (TL/MWh)	Talep Artış ile Nükleer Arz Değişim Oranı	Gerçekleşen Fiyat ile Nükleer Arz Değişim Oranı
Ocak	314,61	324,39	295,33	-9%	-6%
Şubat	298,41	312,87	270,48	-14%	-9%
Mart	245,09	271,65	200,02	-26%	-18%
Nisan	181,16	218,21	125,51	-42%	-31%
Mayıs	203,22	238,12	150,10	-37%	-26%
Haziran	291,31	314,74	241,97	-23%	-17%
Temmuz	296,36	306,18	280,94	-8%	-5%
Ağustos	298,7	307,07	287,16	-6%	-4%
Eylül	308,2	330,15	290,77	-12%	-6%
Ekim	318,7	339,67	297,16	-13%	-7%
Kasım	295,51	308,12	279,36	-9%	-5%
Aralık	293,34	307,49	276,13	-10%	-6%
Ortalama	278,72	298,2	249,63	-16%	-10%

Tablo 6.3. 2019 Yılı Nükleer Enerjinin Aylık Bazda PTF'ye Etkisi

2019					
Ay	Gerçekleşen PTF (TL/MWh)	Elektrikli Araç Talep Artışı ile PTF (TL/MWh)	Nükleer Enerji Arzı ile Oluşan PTF (TL/MWh)	Talep Artış ile Nükleer Arz Değişim Oranı	Gerçekleşen Fiyat ile Nükleer Arz Değişim Oranı
Ocak	223,04	256,86	160,35	-38%	-28%
Şubat	257,05	288,34	186,87	-35%	-27%
Mart	256,04	284,61	204,16	-28%	-20%
Nisan	187,15	227,56	127,74	-44%	-32%
Mayıs	196,17	228,41	143,22	-37%	-27%
Haziran	221,32	250,95	174,21	-31%	-21%
Temmuz	304,55	313,88	283,60	-10%	-7%
Ağustos	298,3	305,12	284,12	-7%	-5%
Eylül	297,9	305,31	280,37	-8%	-6%
Ekim	291,61	308,2	250,66	-19%	-14%
Kasım	297,87	312,92	263,46	-16%	-12%
Aralık	291,32	304,85	264,54	-13%	-9%
Ortalama	260,32	282,29	218,95	-22%	-16%

Analizlerde görüldüğü üzere nükleer enerji arzının girişi elektrikli araç talep artışı kaynaklı fiyat yükselişinin tamamını tolere edebilmiş ve bununla birlikte gerçekleşen PTF değerlerinin de altında sonuçlar çıkarmıştır. Bu durumda elektrikli araç kaynaklı talep artışı modele girse bile nükleer enerji arzı ile birlikte fiyatlar yine de gerçekleşen fiyatlardan daha düşük seviyelere inmiştir.

Yapılan tüm analizlerin grafiği Şekil 6.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Yıllara Göre Gerçekleşen PTF ile Arz-Talep Etkileri ile Oluşan PTF



7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elektrikli araçlar; maliyetlerinin uygun seviyeye gelmesi, yerli elektrikli araç üretimlerinin yapıyor olması, konvansiyonel yakıtların sürekli olarak siyasi krizlere sebep olması ve çevresel duyarlılıkların artması ile birlikte gündeme gelmiş ve tercih edilmeye başlanmıştır. Bu süreçte elektrikli araçlarının kullanımının artması da elektrik talebinde bir artış oluşturacak ve bu durumda piyasa fiyatları üzerinde etki gösterecek ve hali hazırda yüksek seyreden enerji fiyatları üzerinde artırıcı bir etki oluşturacaktır. Elektrikli araçların kullanılmasının yanı sıra bu arz açığı için oluşturulacak planlamaların elektrik fiyat yüküne etkisi değerlendirilmeli ve enerji açığının önüne geçilmelidir.

Yapılan çalışmada SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi'nin elektrikli araçların kullanılmasıyla birlikte oluşacak talep artışının analiz verileri kullanılmış ve bu talep artışının elektrik piyasası koşullarında ne gibi etkiler yaratacağı araştırılmıştır. [3] Elde edilen bulgular bu enerji talep artışının elektrik fiyatların %5 ila %10 aralığında bir fiyat artışı yaratacağı doğrultusundadır.

Çalışmada elektrikli araçların yarattığı bu artış etkisinin önüne geçebilecek durumların analizleri yapılmış ve bu kapsamda ülkemizde yüksek potansiyele sahip olan güneş enerjisi üzerine analizler gerçekleştirilmiş ve yenilenebilir bir enerji kaynağından ne gibi sonuçlar alınabileceği araştırılmıştır. Bu analizler yapılırken 2000 MWp kurulu gücünde bir güneş enerji santralının PVsyst üzerinden analizleri yapılmış ve bu santralin üretim verilerinin talep artışını ne şekilde karşılayacağı ve fiyat seviyeleri üzerinde ne gibi değişimler gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda güneş enerji santralının elektrikli araç kaynaklı talep fiyat artışını %6-%8 seviyelerinden %2-%1 seviyelerine indirdiği ve ay bazlı değerlendirme yapıldığında ise özellikle yaz aylarında fiyatları gerçekleşen fiyat seviyelerinin de altına indirdiği görülmüştür.

Sonrasında, ülkemizde faaliyete geçecek olan nükleer enerji santralini değerlendirilmiş ve bu nükleer enerji santralının arz eğrisine etkileri ve fiyat seviyesi üzerinde yapacağı etkiler incelenmiştir. Bu değerlendirme yapılırken 2023 yılında üretime başlaması planlanan ilk ünitenin arza girişi değerlendirilmiştir. Nükleer enerjinin yıl boyunca çalıştığı varsayılmıştır. Bu analizler neticesinde Nükleer enerji

etkisinin, talep artış kaynaklı fiyat artırıcı durumu tamamen tolere ettiği ve gerçekleşen fiyat seviyelerinin de daha altında fiyatlar oluşturduğu görülmüştür.

Tüm yapılmış olan bu analizler ışığında nükleer enerjinin fiyat konusunda tek başına çözüm olduğu düşünülebilir. Fakat nükleer enerji tüm üniteleri ile üretime geçtiği takdirde bile tek başına tüm ülkenin enerji ihtiyaını karşılayamayacağından yine doğal gaz santrallerine ihtiyaç duyulacaktır. Ve doğal gaz fiyatlarında artışlar yaşandığı sürece doğal gaz santralleri yine fiyatı belirleyen marjinal santraller olarak ön plana çıkacaklardır. Yan hizmetler Piyasasında oluşan fiyat seviyeleri ile de değişiklik gösterebilmekle birlikte doğal gaz santralleri maliyet seviyelerinin üzerinde çalışmak isteyeceğinden yükselen talep eğrini belirledikleri fiyat seviyesinde kesecek ve yine elektrik fiyatlarında yükseliş ile karşılaşılabilecektir. Bu sebeple çalışmadan çıkan en doğru sonuç nükleer enerjinin de üretime geçmesi ile birlikte enerji arz kaynakları yerli, temiz ve potansiyeli yüksek kaynaklar ile desteklenmeli, bu çalışmalar için yeni regülasyonlar oluşturulmalı ve şarj ağı işletmecilerine enerji kaynağı olarak güneş enerjisi teşvikleri sağlanmalıdır. Elektrikli araç kullanarak çevreye olan duyarlılığı ön plana çıkarırken bu talebi besleyecek kaynakların da evre duyarlılığına katkı sağlaması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] «Enerji Görünümü 2020,» TSKB, 2020.
- [2] D. Saygın, O. B. Tör, S. Teimourzadeh, M. Koç, J. Hildermeier ve C. Kolokathis, «Türkiye Ulaştırma Sektörünün Dönüşümü: Elektrikli Araçların Türkiye Dağıtım Şebekesine Etkileri,» SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, 2019.
- [3] Y. Biçen, «Elektrik Enerji Piyasasında Arz-Talep Dengesi ve Fiyat Etkileşimi,» *4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Antalya, 2016.
- [4] E. P. İ. A.Ş., «Yeni Gün Öncesi Piyasası Kullanıcı Kılavuzu».
- [5] «EPİAŞ Şeffaflık Platformu,» [Çevrimiçi]. Available: <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/>. [Erişildi: 28 Şubat 2022].
- [6] E. P. İ. A.Ş., «Vadeli Elektrik Piyasası, Kullanıcı Kılavuzu».
- [7] E. P. İ. A.Ş., « Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Sistemi ve Organize YEKG Piyasası, Kullanıcı Kılavuzu».
- [8] Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği.
- [9] E. P. İ. A.Ş., «. Gün İçi Piyasası, Kullanıcı Kılavuzu».
- [10] E. P. İ. A.Ş., « Gün Öncesi Elektrik Piyasası, Piyasa Takas Fiyatı Belirleme Yöntemi».
- [11] EPİAŞ, Piyasa Operasyonları Direktörlüğü, M. Yarıcı, «Gün Öncesi Piyasası».
- [12] Y. Muratoğlu ve A. Alkaya, «Elektrikli Araç Teknolojisi ve Pil Yönetim Sistemi-İnceleme Cihazları,» VIII. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 2015.
- [13] «HedefFilo,» [Çevrimiçi]. Available: <https://ev.hedef filo.com/ev-nedir/bataryalar>. [Erişildi: 19 Mart 2022].
- [14] «KöprüDijital,» [Çevrimiçi]. Available: <https://koprudijital.com/2021/04/28/tek-sarj-ile-900-kmden-daha-fazla/>. [Erişildi: 19 Nisan 2022].
- [15] Ö. F. Özcan, T. Karadağ, M. Altuğ ve Ö. F. Özgüven, «Elektrikli Araçlarda Kullanılan Pil Kimyasallarının Özellikleri ve Üstün Yönlerinin Kıyaslanması Üzerine Bir Derleme Çalışması,» *Journal of Science PART A: Engineering And Innovation*, cilt 8, no. 2, pp. 276-298, 2021.
- [16] «Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.epias.com.tr/gun-oncesi-piyasasi/giris/>. [Erişildi: 28 Şubat 2022].

- [17] Y. Biçen, “Türkiye Elektrik Enerjisi Piyasası Gelişim Süreci: Gün Öncesi ve Dengeleme Güç Piyasası Özellikleri,” *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6 (2) , 432-438, 2016.
- [18] «Green Car Reports,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.greencarreports.com/news/1126308_electric-car-battery-pricesdropped-13-in-2019-will-reach-100-kwh-in-2023. [Erişildi: 24 Mart 2022].
- [19] Presidency Of The Republic Of Turkey Investment Office, «Overview of the Turkish,» 2021.
- [20] H. Çetintaş ve İ. M. Bicil, «Elektrik Piyasalarında Yeniden Yapılanma ve Türkiye Elektrik,» *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, cilt 2, no. 2, pp. 1-15, 2015.
- [21] K. Dehghanpour, H. Nehrir, J. W. Sheppard ve N. C. Kelly, «Agent-Based Modeling in Electrical Energy Markets,» *IEEE Transactions On Powe Systems*, cilt 31, no. 6, pp. 4744-4754, 2016.
- [22] A. Çelen ve M. Y. Kaba, «Elektrikli Araçlarda Kullanılan Silindirik Lityum İyon Bataryaların Soğutulmasının,» *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi* , cilt 33, no. 1, pp. 49-61, 2021.
- [23] A. Kerem, «Elektrikli Araç Teknolojisinin Gelişimi ve Gelecek Beklentileri,» *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt 5, no. 1, pp. 1-13, 2014.
- [24] H. Aksoy, O. Korkmaz, V. Yiğit, K. G. Bavbek, E. K. Toma ve M. Rogner, «2030 Yılına Doğru Türkiye’nin Optimum Elektrik Üretim Kapasitesi,» *SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi*, 2020.
- [25] Erol, Emine. *Türkiye’de Elektrik Enerjisinin Tarihi Gelişimi: 1902–2000*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, 2007.
- [26] «T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,» [Çevrimiçi]. Available: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes>. [Erişildi: 8 Aralık 2022].

ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini İstanbul’da tamamladı. 2014 yılında girdiği Yalova Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümünden 2018 yılında mezun oldu. 2020 Yılında Yıldız Enerji Tedarik ve Toptan Satış A.Ş.’de Enerji Piyasası Uzman Yardımcısı olarak çalışmaya başladı. Bir buçuk yıl bu şirkette görev aldıktan sonra 2021 Yılında Aksa Enerji Üretim A.Ş.’de Üretim Planlama Uzmanı olarak çalışmaya başladı. Halen burada Üretim Planlama Yönetmeni olarak görevini sürdürmektedir.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

O. F. Uyguroğlu ve T. Güneş, «Elektrik Araç Kaynaklı Enerji Talep Artışının Arza Etkisi,» 6. *Uluslararası Akademik Öğrenci Çalışmaları Kongresi*, 2022.