

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP TARAĞI ESNEKLİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehtap ALPER SAĞLAM

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

ŞUBAT 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP TARAĞI ESNEKLİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mehtap ALPER SAĞLAM
301091104**

**Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı
Enerji Bilim ve Teknoloji Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Önder GÜLER

ŞUBAT 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 301091104 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mehtap ALPER SAĞLAM, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP TARAFI ESNEKLİK ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Önder GÜLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Sermin ONAYGİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet KURBAN
Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Teslim Tarihi : 12 Ocak 2022
Savunma Tarihi : 16 Şubat 2022





Kızım Ceyda SAĞLAM'a,



ÖNSÖZ

Bu tez çalışması kapsamında, ülkemizde talep tarafı esnekliğinin ölçülmesi için tanımlanan temel tüketim değeri belirleme metodolojisine gün içi düzeltme katsayısı uygulanarak, metodolojinin tahmin performansının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çerçevede gerçekleştirilen analiz çalışmaları sonucunda elde edilen bulguların, enerji sektörü için faydalı olmasını ve günümüzde elektrik şebekesinde arz güvenliğinin korunması ve enerji kaynaklarının verimli kullanılması için oldukça önemli hale gelen talep tarafı katılımı uygulamalarına katkı sağlamasını dilerim.

Yüksek lisans eğitimime başladığım günden bu yana, bana sabırla yol gösteren, bilgi ve tavsiyelerini esirgemeyen, tez çalışmamı tamamlamamda çok büyük emeği ve katkısı bulunan danışmanım Prof. Dr. Önder GÜLER'e saygılarımı ve en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca işyerinde her türlü kolaylığı sağlayan grup başkanım ve kendisinden çok şey öğrendiğim değerli üstadım İlker ÜÇLER'e ayrıca teşekkür etmek isterim.

Son olarak; sevgi ve destekleriyle her zaman yanımda olan değerli aileme, entelektüel birikimi ve farklı bakış açısıyla bu çalışmanın hazırlık sürecinde bana ilham veren sevgili eşim Umut'a ve bana her konuda en büyük motivasyonu sağlayan biricik Ceyda'ma sevgilerimle teşekkür ederim.

Ocak 2022

Mehtap ALPER SAĞLAM
(Elektrik mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTRİK PİYASALARINDA SİSTEM ESNEKLİĞİ	5
2.1 Esneklik İhtiyacının Gelişimi ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Şebekeye Entegrasyonu ile İlişkisi	5
2.1.1 Esnekliğin kavramsal olarak gelişimi	6
2.1.2 Esneklik ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynakları ile ilişkilendirilmesi ..	8
2.2 Esneklik Seçenekleri ve İhtiyaca Uygun Esneklik Seçeneklerinin Belirlenmesi	14
3. TALEP TARAFI ESNEKLİĞİ.....	19
3.1 Talep Tarafı Esnekliğinin Tanımlanması ve Sınıflandırılması	20
3.1.1 Talep tarafı esnekliğinin tanımlanması	20
3.1.2 Talep tarafı katılımına ilişkin program türleri.....	24
3.1.2.1 Elektriğin fiyatı üzerinden teşvike dayalı talep tarafı katılımı programları.....	26
3.1.2.2 Doğrudan teşvik bazlı talep tarafı katılımı programları.....	30
3.2 Talep Tarafı Katılımı için Piyasa Modelleri.....	36
3.2.1 Tedarik sözleşmeleriyle bütünleşik talep tarafı katılımı	37
3.2.2 Tedarik sözleşmelerinden bağımsız talep tarafı katılımı	38
3.2.3 Toplayıcı modeli ve toplayıcıların talep tarafı katılımındaki rolü	46
3.2.4 Enerji hizmetleri modeli.....	51
4. TALEP TARAFI KATILIMINDA YURTDIŞI UYGULAMALARI.....	55
4.1 Talep Tarafı Esnekliğinin Küresel Düzeyde Gelişimi	56
4.2 AB Üye Ülkelerinde Talep Tarafı Katılımı.....	57
4.2.1 AB’nde talep tarafı katılımı	57
4.2.2 AB üye ülke örnekleri	62
4.3 Diğer Ülke Örnekleri.....	69
4.3.1 Birleşik Krallık.....	70
4.3.2 Amerika Birleşik Devletleri (ABD).....	74
5. TALEP TARAFI KATILIMI PROGRAMLARI İÇİN TEMEL TÜKETİM DEĞERİNİN (BASELINE) HESAPLANMASI.....	81
5.1 Temel Tüketim Değerinin Tanımlanması	81
5.2 Temel Tüketim Değerinin Belirlemesine İlişkin Genel İlkeler.....	82
5.3 Temel Tüketim Değeri Belirlemeye İlişkin Yöntemler	84

5.4 Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisinin Temel Bileşenleri.....	91
5.5 Temel Tüketim Değerinin Düzeltilmesi	99
6. TÜRKİYE’DE TALEP TARAĞI KATILIMI UYGULAMALARI.....	103
6.1 Talep Tarağı Esnekliğinin Ulusal Stratejilerimizdeki Yeri.....	104
6.2 Türkiye’de Talep Tarağı Kaynaklarının Organize Elektrik Piyasalarına Erişim Açısından Mevcut Durumu	106
6.3 Talep Tarağı Yedeğı Hizmeti.....	114
6.3.1 Talep tarağı yedeğı hizmetinin kapsamı ve tedarik şekli.....	114
6.3.2 Talep tarağı yedeğı uygunluk belgesi	116
6.3.3 Talep tarağı yedeğı hizmeti kapsamındaki talimatlar	117
7. TEMEL TÜKETİM DEĞERİ BELİRLEME METODOLOJİSİNİN ANALİZİ.....	121
7.1 Talep Tarağı Yedeğı Hizmeti Kapsamında Temel Tüketim Değerinin Belirlenmesi.....	121
7.2 Mevcut Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisinin Tahmin Doğruluğı Bakımından Performansının Ölçülmesi, Talep Tarağı Esnekliğinin Tanımlanması ve Sınıflandırılması	126
7.2.1 Analiz çalışmasının kapsamı ve yöntemi	126
7.2.2 Mevcut metodolojinin performansına ilişkin analiz çalışmasının sonuçları	131
7.3 Mevcut Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisine Düzeltme Katsayısı Eklenmesi ve Tahmin Doğruluk Performansı Sonuçlarının Yeniden Analiz Edilmesi	136
7.3.1 Mevcut metodolojiye düzeltme katsayısı eklenmesi.....	136
7.3.2 Düzeltme katsayısı uygulanan metodoloji için elde edilen analiz sonuçları	138
8. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	143
KAYNAKLAR.....	153
ÖZGEÇMİŞ.....	163

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
aFRR	: Automatic Frequency Restortion Reserve
AMI	: Advanced Metering Infrastructure
CAISO	: California Independent System Operator
CIGRE	: Counseil Internationale des Grands Réseaux Électriques
CPP	: Critical Peak Pricing
DGP	: Dengeleme Güç Piyasası
DUY	: Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği
ENTSO-E	: The European Network of Transmission System Operators
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ	: Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.
EPRI	: The Electric Power Research Institute
ERCOT	: The Electric Reliability Council of Texas
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EURELECTRIC	: Avrupa Elektrik Endüstrisi Birliği
FERC	: Federal Energy Regulatory Commission
FCR	: Frequency Containment Reserve
GÖP	: Gün Öncesi Piyasası
MW	: Megavat
MWh	: Megavat Saat
IEA	: International Energy Agency
IRENA	: International Renewable Energy Agency
KGÜP	: Kesinleşmiş Günlük Üretim Programı
KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
Kurul	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
kV	: Kilovolt
kWh	: Kilovat Saat
MBMA	: Meter Before Meter After
mFRR	: Manual Frequency Restoration Reserve
MW	: Megavat
MWh	: Megavat Saat
NYISO	: New York Independent System Operator
RR	: Replacement Reserve
RTP	: Real Time Pricing
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
ToU	: Time of Use

UEVEP : Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
WBA : Window Befor After



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : AB Ülkelerinde Talep Tarafı Katılımının Yan Hizmetler ve Kapasite Piyasalarındaki Durumu [39].....	61
Çizelge 4.2 : Yan Hizmetlerde Talep Tarafı Katılımının Payı.	62
Çizelge 4.3 : Almanya’da Talep Tarafı Katılımının Piyasalara Erişimine İlişkin Özet Gösterim.....	68
Çizelge 4.4 : Güney Kaliforniya EDISON şirketi tarafından yürütülen AC şalter programı.....	78
Çizelge 4.5 : DTE Şirketi Talep Tarafı Katılımı Programı.....	78
Çizelge 5.1 : Temel Tüketim Değeri Hesaplama Yöntemine İlişkin Temel Parametreler	92
Çizelge 5.2 : Geçmiş On Günlük Benzer Verinin En Yüksek Beşi (Highest 5 Of 10) Yöntemine Göre Örnek Olarak Hesaplanan Temel Tüketim Değerleri	97
Çizelge 6.1 : Türkiye Açısından, Talep Tarafı Kaynaklarının Elektrik Piyasalarına Erişiminde Mevcut Durum.	111
Çizelge 6.2 : Talep Tarafı Yedeği Hizmetine İlişkin Yan Hizmet Anlaşmasında Yer alan Talimat Türleri ve Özellikleri	117
Çizelge 7.1 : Mevcut Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisinin Performansının Ölçülmesine İlişkin Analiz Sonuçları.	131
Çizelge 7.2 : Mevcut Metodolojinin Otuz Günlük Analiz Döneminde Yer Alan Puant Saat Aralığındaki (08:00-21:00) Performans Sonuçları.	134
Çizelge 7.3 : Mevcut ve Önerilen Düzeltme Katsayısı Eklenmiş olan Metodolojinin Performans Sonuçlarının Karşılaştırılması.	138



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Şebekeye Entegrasyonunun Farklı Aşamalardaki Etkileri ve Zorluklar	9
Şekil 2.2	: Bazı Ülkelerde ve/veya Bölgelerde Yenilenebilir Enerjinin Şebekeye Entegrasyon Aşaması, 2017.....	11
Şekil 2.3	: Küresel Ölçekte Esneklik Kapasitesi, 2017.....	15
Şekil 2.4	: Esneklik için Büyüyen İhtiyaçlar ve Seçeneklerin Dağılımı.....	16
Şekil 2.5	: Esneklik Kaynakları ve Değişken Yenilenebilir Kaynaklarının Entegrasyon Aşamasına Göre Esneklik İhtiyacının Dağılımı	18
Şekil 3.1	: Talep Tarafı Katılımında Yeni 4S Yaklaşımı	22
Şekil 3.2	: Talep Tarafı Esnekliğinden Dengeleme ve Talep Kaydırma Amacıyla Faydalanılması	23
Şekil 3.3	: Talep Tarafı Programlarının Teşvik Yöntemi Bakımından Sınıflandırılması	25
Şekil 3.4	: Örnek Bir ToU Tarifesi Dönemleri ve Tarife Oranları	27
Şekil 3.5	: Fiyat Bazlı Talep Tarafı Teşviki Sağlayan Tarife Programlarının Sabit Tarife İle Karşılaştırılması.....	30
Şekil 3.6	: Uygun Piyasa Yapısının Belirlenmesine İlişkin Adımlar.....	37
Şekil 3.7	: İkili Anlaşma Modelinde Piyasa Tarafları Arasındaki İlişkiler.....	44
Şekil 3.8	: Tedarikçi Uzlaştırma Modeli Taraflar Arası İlişkiler	45
Şekil 3.9	: Merkezi Uzlaştırma Modeli Taraflar Arası İlişkiler	46
Şekil 3.10	: Toplayıcı (Sanal Enerji) Santralinin Çalışma Prensipleri.....	48
Şekil 3.11	: Toplayıcıların Talep Tarafı Esnekliğindeki Aracı Pozisyonu	49
Şekil 3.12	: Esnekliğin hayata geçirilmesine ilişkin süreçte taraflar arası ilişkilere ilişkin şematik gösterim	50
Şekil 3.13	: Esco Ve Toplayıcı Modeli Arasındaki Olası Etkileşimler.	52
Şekil 4.1	: İngiltere’de önemli TV Programları Etnasında Şebekedeki Ani Yük Artışları	72
Şekil 4.2	: Yenilenebilir enerji kaynaklarının farklı penetrasyon seviyeleri için sistem frekansındaki sapmaya karşı talep tepkisinin etkisi	76
Şekil 4.3	: 2020 yılı Ağustos Ayında Kaliforniya’da Yaşanan Sistem Çökmeleri	80
Şekil 5.1	: Talep Tarafı Programları Kapsamında Hizmet Sunan Bir Tüketim Tesisine İlişkin Günlük Tüketim Eğrisi	90
Şekil 5.2	: Statik Temel Tüketim Eğrisi.....	98
Şekil 5.3	: Değişken Temel Tüketim Eğrisi.....	99
Şekil 5.4	: Düzeltme Katsayısının Temel Tüketim Değeri Eğrisine Etkisini Gösteren Bir Örnek	100
Şekil 6.1	: İletim Sistemine Bağlı Tüketicilerin Sektörlere Dağılımı	116
Şekil 6.2	: Talep Tarafı Yedeği Hizmeti Kapsamında Talimatların Veriliş Şekli	118

Şekil 7.1	: Talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında uygulanan temel tüketim değeri belirleme metodolojisine ilişkin adımların şematik gösterimi [158] ..	124
Şekil 7.2	: İletim sistemine bağlı örnek bir tüketim tesisi için 5 Mayıs 2021 tarihinin üçüncü saati (02:00-03:00) için Örnek Hesap	125
Şekil 7.3	: Temel tüketim değeri belirleme metodolojisini test etmek üzere oluşturulan veri/metodoloji analiz programının ve değişken seçiminin ekran görüntüsü	129
Şekil 7.4	: Program İçin Yazılan Makrolardan Birinin Örnek Ekran Görüntüsü	130
Şekil 7.5	: Programda Yapılan Analizlerin Kayıt Sayfasının Ekran Görüntüsü	130
Şekil 7.6	: Mevcut Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisi İle Tüketim Tesisi Bazında Elde Edilen Otuz Günlük Analiz Dönemindeki Ortalama Performans Eğrileri	132
Şekil 7.7	: Mevcut Metodolojinin Tahmin Doğruluğunun, Analiz Döneminde Yer Alan Puant Yük Saatleri İçin Yüzdesel Olarak Performansı	135
Şekil 7.8	: Mevcut Metodolojiye Düzeltme Katsayısı İlave Edilmesi Sayesinde Tahmin Edilen Tüketim Verilerinin, Gerçekleşen Verilerden Sapma Miktarındaki Yüzdesel Azalma	139
Şekil 7.9	: Tüketim Tesisi 1 için Metodolojiye İlave Edilen Düzeltme Katsayısının Sapma Oranına Etkisi	140
Şekil 7.10	: Tüketim Tesisi 2 için Metodolojiye İlave Edilen Düzeltme Katsayısının Sapma Oranına Etkisi	140
Şekil 7.11	: Tüketim Tesisi 3 için Metodolojiye İlave Edilen Düzeltme Katsayısının Sapma Oranına Etkisi	141
Şekil 7.12	: Tüketim Tesisi 4 için Metodolojiye İlave Edilen Düzeltme Katsayısının Sapma Oranına Etkisi	141

TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP TARAĞI ESNEKLİK ANALİZİ

ÖZET

İklim değışikliğı ile mücadelenin küresel ölçekte önem kazandığı günümüzde; sera gazı salınımına yol açan fosil yakıtlara dayalı enerji üretim politikalarından vazgeçilmekte ve enerji talebinin sera gazları bakımından temiz olan yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması öncelik kazanmaktadır. Öte yandan, merkezi üretim yerine değışken ve dağıtık üretimin yaygınlaşması, şebekede esneklik ihtiyacının artmasına ve şebeke işletiminde mevcut durumda faydalanan esneklik araçlarının yetersiz kalmasına yol açmaktadır. Sosyal refah düzeyi bakımından gelişmiş olan ülkeler, şebekelerde artan esneklik ihtiyacını karşılamak üzere enerji depolama sistemleri, talep tarafı katılımı ve benzeri yeni esneklik çözümlerini hayata geçirmekte ve piyasa yapılarını buna göre şekillendirilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında, yatırım maliyetinin sıfıra yakın olması, uygulama kolaylığı ve enerji verimliliğine katkı sağlaması sayesinde yeni esneklik seçenekleri arasında ön plana çıkan talep tarafı katılımı; geçmişten günümüze kadar olan gelişim süreci, uygulama türleri, piyasa modelleri ve yurt dışı örnekleri çerçevesinde kapsamlı bir biçimde ele alınmaktadır. Ayrıca, Türkiye açısından talep tarafı katılımının mevcut durumunun; ulusal stratejiler, yasal altyapı ve piyasaya erişim bakımından değerlendirmesine yer verilmektedir. Bunun yanı sıra, talep tarafı esnekliğinin ölçülmesinde referans alınan temel tüketim değerinin belirlenmesine ilişkin yöntemler araştırılarak, talep tarafı için kurgulanan piyasa veya program yapısına uygun bir yöntemin belirlenebilmesi için esas alınması gereken temel ilkeler ve parametreler üzerinde durulmaktadır.

Son olarak, ülkemizde 2021 yılı itibarıyla yan hizmetler piyasasında devreye alınmış olan talep tarafı yedeğı hizmeti kapsamında düzenlenen temel tüketim değerinin belirlenmesine ilişkin metodoloji incelenerek söz konusu yöntemin tüketim tahmin performansı, örnek tüketim tesislerinin geçmiş tüketim verilerinden faydalanılarak analiz edilmektedir. Ayrıca, ülkemizdeki metodoloji ile tez çalışması kapsamında araştırılan yurtdışı uygulamalarında kullanılan geçmiş tüketim verilerine dayalı temel tüketim değeri belirleme yöntemleri kıyaslanarak; yurtdışı örneklerinde sıklıkla faydalanan gün içi düzeltme yöntemleri incelenmektedir. Bu çerçevede, talep tarafı yedeğı hizmeti kapsamında, hizmetin niteliklerine uygun bir gün içi düzeltme katsayısı belirlenerek mevcut metodolojiye eklenmekte ve seçilen örnek tüketim tesisleri için metodolojinin tahmin performansına ilişkin analizler, düzeltme katsayısını da içerecek şekilde tekrar edilmektedir. Sonuç kısmında ise, mevcut metodolojinin ve düzeltme katsayısı eklenen metodolojinin tahmin performansına ilişkin analiz sonuçları karşılaştırılmak suretiyle ülkemizde kurgulanan temel tüketim değeri belirleme metodolojisinin iyileştirilmesine ilişkin öneriler sunulmakta ve günümüzün değışen dinamikleri karşısında ulusal elektrik şebekemizde arz güvenliğini sürdürülebilir kılmak üzere esneklik seçeneklerinden faydalanama konusunda geleceğe yönelik değerlendirmelere yer verilmektedir.



ANALYSIS OF THE DEMAND SIDE FLEXIBITIY IN TURKISH POWER SYSTEM

SUMMARY

By the end of the twentieth century, with the effects of climate change emerging around the world; in order to cope with the aforementioned threat, energy production based on fossil fuels that cause greenhouse gas emissions has been left behind, and energy production policies based on renewable energy sources that are clean in terms of greenhouse gases have gained importance on a global scale. These strategies, based on increasing renewable energy-based production, render the traditional structure of the energy sector dysfunctional and require a comprehensive transformation process in all areas.

Moreover; the digitalization process, which has accelerated in the energy sector, especially with the advances in information and communication technologies in the last two decades; changes the business approach and brings innovative practices at all stages of the energy sector, including generation, transmission, distribution and consumption. The said innovative applications which cover smart grids, generating consumers, energy storage systems, virtual power plants, blockchain-based supply and trade platforms, electric vehicles, charging stations and many similar technologies, requires a new understanding and a comprehensive transformation process in the energy sector.

While the flexibility needs of grids in electrical systems have traditionally been met by utilizing the flexibility of conventional generation facilities, which are capable of rapidly increasing or decreasing their generation in response to real-time instructions by grid operators; along with the mentioned transformation process and concrete targets of increase in the share of wind and solar-based energy sources in today's electricity grids, the need for flexibility in grids is increasing in order to manage the variability in these resources. and new flexibility options gain importance.

In other words, the wide spread of variable and distributed generation instead of centralized generation leads to the inadequacy of the flexibility tools currently used in grid operation and in order to benefit from renewable energy sources in the most efficient way and to utilize the electrical energy based on these sources at the optimum level according to the demand in the network, the networks should be strengthened by diversifying the flexibility options.

Countries that are developed in terms of social welfare are implementing new flexibility solutions such as battery storage systems and demand side management to meet the increasing flexibility needs in electricity networks and their market structures are shaped accordingly as well as the regulatory framework.

Turkey also have concrete regulatory goals to strengthen the flexibility tools in line with national targets to increase the share of renewable energy in the energy mix, by

means of demand-side participation, energy storage, provision of grid support services by distributed energy sources and relevant measures, and by increasing the ability of the grid to balance variable generation. These regulatory measures of diversifying flexibility instruments are targeted at increasing energy efficiency, accelerating the transition to clean energy and digitizing the grid, as well as integrating variable renewable energy into the grid.

In this context, as of 2021, the ancillary services market in Turkey has been opened to the participation of industrial consumers, and the system operator has allowed to procure a new ancillary service referred to as “Demand Side Reserve” service in order to benefit from the flexibility of large industrial consumers for management of peak load and ensure the stability of frequency in the transmission network. Moreover, a new regulation for energy storage systems, which regulates the procedures for establishment and running of grid scale storage systems including stand alone ones which will serve to the network as a new flexibility resource, was entered into force at 2021.

Within the scope of this thesis, demand-side flexibility, which stands out among other solutions with its almost zero investment cost, and its contribution to the reduction of energy efficiency and carbon footprint; is comprehensively discussed within the framework of its conceptual development, application types, market models and examples from abroad. Moreover, the methods of calculating the baseline consumption value to be used in the measurement of demand side flexibility, which is critical for the successful execution of demand-side flexibility programs, are examined in depth.

In line with the mentioned comprehensive literature review, demand side flexibility options evaluated for Turkey, in terms of national energy policy, national priorities on energy sector, national targets linked with renewable energy integration, distdistributed generation and smart grid applications, existing market structure, network infrastructure and applicable practices.

In addition, the demand side reserve service, which came into force as of 2021, is examined in detail, including eligibility criteria, procurement procedures, application method, types of instructions, payment methods, sanctions, monitoring of the service as well as the defined baseline calculation methodology for measurement of the provided flexibility service. Besides, the performance of the mentioned baseline methodology for determining the base consumption value, which needs to be used by the system operator as a reference in measuring the flexibility, is analyzed in terms of accuracy.

Within the scope of the analyzes carried out for this purpose, the real consumption data of large-powered industrial facilities connected to the transmission system were used. In addition, a same day adjustment factor is proposed to improve the estimation performance of the current methodology, similar to the intraday adjustment methods that were researched within the framework of the literature review and applied abroad.

All analyzes regarding the forecast performance of the methodology were repeated to include the intraday adjustment factor. Based on the findings obtained as a result of the analysis studies, evaluations and suggestions regarding the application of the intraday adjustment factor to the baseline determination methodology regulated in our country are presented.

Finally, highlighting that it is inevitable to benefit from demand-side flexibility in order to increase energy production based on renewable resources, to achieve our national targets for energy efficiency and decarbonization, to operate our national transmission and distribution networks safely, and to make energy supply security sustainable; comprehensive evaluations are made for the short, medium and long term regarding the expansion and diversification of market and program options open to the participation of consumers in order to benefit from the flexibility of consumers, just like a source of supply.





1. GİRİŞ

Yirminci yüzyılın sonu itibarıyla iklim değişikliğinin etkilerinin dünya genelinde tehdit edici düzeye ulaşmasıyla birlikte; söz konusu tehditle başa çıkabilmek için küresel ısınmaya neden olan sera gazı salınımlarının azaltılmasına yönelik politikalar tüm sektörlerde hızlıca hayata geçirilmeye başlamıştır. Günümüzde ekonomik açıdan kalkınmış olan çoğu ülke tarafından benimsenmekte olan düşük veya sıfır karbon ekonomisine geçiş sürecinde, sera gazı emisyonlarında en büyük paya sahip olan enerji sektörü için bir dönüşüm ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu çerçevede, fosil yakıtlara dayalı geleneksel enerji üretim politikalarının yerini sera gazı bakımından temiz olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim politikaları almaya başlamıştır.

Bunun yanı sıra; özellikle son yirmi yılda, bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan ilerlemelere paralel olarak, enerji sektöründe de ivme kazanan dijitalleşmeyle birlikte; enerji sektörünün üretim, iletim, dağıtım ve tüketim olmak üzere tüm seviyelerinde işletme anlayışı değişmekte ve yenilikçi uygulamalar hayata geçirilmektedir. Söz konusu yenilikçi uygulamalar; akıllı şebekeleri, üreten tüketicileri, enerji depolama sistemlerini, sanal enerji santrallerini, blok zincir tabanlı tedarik ve ticaret platformlarını, elektrikli araçları, şarj istasyonlarını ve benzeri çok sayıda teknolojiyi kapsayabilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin ve dijitalleşmenin enerji sektörüyle yaygınlaşmasıyla birlikte, elektrik şebekelerinin söz konusu yeni dinamiklere göre güvenle işletilebilmesini sağlayacak yeni tedbirlerin alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çerçevede, ülkemizde de kurulu güçteki payının hızla artması öngörülen yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin şebekeye entegrasyonu için dağıtım ve iletim şebekelerinin, altyapı ve şebeke işletmeciliği bakımından yeniden ele alınması ve yeni esneklik araçlarını kullanılabilir hale getirecek piyasa ve mevzuat altyapısının geliştirilmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerjiden faydalanma konusunda ileri gelen ülkelerde, söz konusu kaynakların dengesiz üretimlerini, şebekede yarattığı çift yönlü yük akışları, gerilim dalgalanmaları veya faz dengesizlikleri gibi zorlukları yönetebilmek ve şebekeyi güvenli bir şekilde işletebilmek için sistem işletmecileri tarafından yeni çözümlerin devreye alındığı ve esneklik araçlarının çeşitlendirildiği görülmektedir.

Esneklik çözümlerinin çeşitlendirilmesi ve zenginleştirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin şebekeye entegrasyonunun yanı sıra; şebeke yatırımlarının ertelenmesi ve arz güvenliğinin sağlanması gibi çok sayıda avantaj sağlamaktadır. Küresel ölçekte bu alanda yapılan düzenlemeler de esnekliğin, sürdürülebilir bir enerji sistemi inşa etmenin vazgeçilmez bir ögesi olduğunu ortaya koymaktadır. Esneklik çözümleri arasında gerek maliyet gerekse uygulama kolaylığı bakımından talep tarafı esnekliğinden tıpkı bir üretim kaynağı gibi faydalanılmasını sağlayan piyasa veya hizmet modellerinin yaygınlaştığı görülmektedir.

Bu çalışmada, şebeke işletmecilerine uygulama bakımından kolay ve düşük maliyetli esneklik çözümü sunmakta olan talep tarafı katılımı uygulamaları; dünya genelindeki uygulamalar ışığında ele alınmakta ve Türkiye açısından mevcut durum değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, Türkiye’de 2021 yılı itibarıyla tanımlanan ve endüstriyel tüketicilerin yükünün sistem ihtiyaçları doğrultusunda kontrol edilebilmesini amaçlayan Talep Tarafı Yedeği hizmeti kapsamında sağlanan esnekliğin miktarının ölçülmesinde ve hizmetin izlenmesinde kullanılan Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisinin performansı, tahmin doğruluğu bakımından analiz edilmekte ve metodolojinin iyileştirilmesine yönelik bir düzeltme katsayısı önerilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde esnekliğin kavramsal olarak gelişimine değinilerek esneklik ihtiyacının belirlenmesine ilişkin kriterler üzerinde durulmakta ve esneklik ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynakları ile ilişkisi ortaya koyulmaktadır.

Üçüncü bölümde talep tarafı esnekliği; uygulama türleri, piyasa modelleri ve toplayıcılık faaliyetleri bakımından detaylı bir biçimde incelenmektedir.

Talep tarafı esnekliğine ilişkin yurt dışı uygulamalarının araştırıldığı dördüncü bölümde ise; AB, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri’nde talep tarafı katılımının geçmişten günümüze kadar olan gelişim sürecine ve mevcut uygulamalara yer verilmektedir.

Yurtdışı uygulamaları ışığında, talep tarafı esnekliğinin ölçülmesinde referans alınan ve dilimize temel tüketim değeri olarak çevrilen “baseline” değerinin amaç ve kapsamına detaylı bir biçimde yer verilen beşinci bölümde, söz konusu değer in hesaplanmasına ilişkin yöntemlerin ve bu yöntemler uygulanırken dikkate alınması gereken parametrelerin üzerinde durulmaktadır.

Altıncı bölümde, ülkemizin milli enerji politikası çerçevesinde, talep tarafı katılımına ilişkin ulusal hedeflerimize değinilerek, talep tarafı katılımının ülkemizdeki mevcut durumu, piyasa ve hizmetlere erişim bakımından değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, 2021 yılında yan hizmetler piyasasında devreye alınan Talep Tarafı Yedeği hizmeti, amaç kapsam ve uygulama şekli bakımından detaylı bir biçimde ele alınmaktadır.

Tüketicilerin sunduğu esnekliğin miktarını ölçmek üzere, ülkemizde yeni devreye alınan Talep Tarafı Yedeği hizmeti kapsamında uygulanması esas olan Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisinin performansının analiz edildiği yedinci bölümde, bunun yanı sıra, mevcut metodolojiye gün içi düzeltme katsayısı eklenmesi sonucunda metodolojinin performansının nasıl etkilendiği ölçülmektedir.

Sonuç bölümünde ise, talep tarafı esnekliğine ilişkin olarak, çalışmanın ilk beş bölümde yapılan literatür taraması kapsamında ülkemiz açısından genel bir değerlendirme yapılmakta ve altıncı bölümde gerçekleştirilen analiz çalışmalarının sonuçları karşılaştırılmak suretiyle, temel tüketim değeri belirleme metodolojine düzeltme katsayısı eklenmesine ilişkin öneriler sunulmaktadır.



2. ELEKTRİK PİYASALARINDA SİSTEM ESNEKLİĞİ

Elektrik sistemlerinde, şebekeye bağlı kullanıcıların kesintisiz ve kaliteli elektrik enerjisine erişimini sağlamak için, şebekeye verilen ve şebekeden çekilen toplam elektrik enerjisi arasındaki dengenin şebeke işletmecileri tarafından anlık çözünürlükte ve sürekli olarak korunması gerekmektedir. Söz konusu dengeyi sağlamak ve elektriğin kalitesini belirleyen temel parametreler olan gerilim ve frekans değerlerini, standart değer aralığında tutacak şekilde şebekeyi işletebilmek için ise esneklik araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Tez çalışmasının bu bölümünde, esneklik ihtiyacının zaman içerisindeki gelişimi üzerinde durularak, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının esneklik ihtiyacına etkisine, bu çerçevede son yıllarda öne çıkan yeni esneklik çözümlerine ve ihtiyaca uygun esneklik seçeneklerinin belirlenmesine ilişkin yaklaşımlara yer verilmektedir.

2.1 Esneklik İhtiyacının Gelişimi ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Şebekeye Entegrasyonu ile İlişkisi

Elektrik sistemlerinde şebekelerin esneklik ihtiyacı geleneksel olarak, şebeke işletmecileri tarafından gerçek zamanda verilen talimatlara karşılık olarak hızlı bir biçimde üretimini artırma veya azaltma yeteneğine sahip olan konvansiyonel üretim tesislerinin esnekliğinden faydalanarak karşılanmaktayken; günümüz elektrik şebekelerinde rüzgâr ve güneşe dayalı enerji kaynaklarının payının artmasıyla birlikte söz konusu kaynaklara ilişkin değişkenliği yönetmek üzere şebekelerdeki esneklik ihtiyacı artmakta ve yeni esneklik seçenekleri önem kazanmaktadır.

Bunun yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarından en verimli şekilde faydalanabilmek ve söz konusu kaynaklara dayalı elektrik enerjisinden, şebekedeki talebe göre optimum

düzeyde faydalanılabilmek için şebekelerin eskiye nazaran daha esnek olarak işletilebilmesi gerekmektedir.

Bu çerçevede, elektrik şebekelerindeki esneklik ihtiyacının yıllar içerisindeki gelişimi, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin entegrasyonu ile ilişkilendirilerek ele alınmaktadır.

2.1.1 Esnekliğin kavramsal olarak gelişimi

Sistem esnekliğinin, enerji politikalarının belirlenmesinde söz sahibi olan uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından yapılmış ve esnekliği ekonomik, teknik ve sosyal açılardan ele alan çok sayıda tanımı bulunmaktadır.

Esnekliğe ilişkin literatürde karşımıza çıkan en eski tanımlamalardan biri, 1995 yılında Büyük Güç Sistemleri Uluslararası Konseyi (CIGRE) tarafından aşağıdaki gibi yapılmıştır [1]:

“Esneklik, bir enerji sisteminin planlanan gelişimini, planlandığı zamandaki şartların yerini alacak olan, öngörülen veya öngörülemeyen her türlü değişikliğe karşı makul bir maliyetle ve hızlıca uyumlu hale getirebilme ve söz konusu enerji sistemini yeni koşullara uyarlayabilme kabiliyetidir.”

2011 yılında ise Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) tarafından esneklik şöyle tanımlamıştır [2]:

“Esneklik, bir enerji sisteminin, beklenen ya da beklenmeyen herhangi bir değişikliğe karşı, elektrik üretim miktarını veya elektrik tüketim miktarını değiştirebilme kabiliyetidir. Bir diğer ifadeyle esneklik, bir enerji sisteminin herhangi bir nedenle ortaya çıkan ani ve büyük bir dengesizlik karşısında arz güvenliğini sürdürme potansiyelidir.”

Avrupa Elektrik Endüstrisi Birliği (EURELECTRIC) tarafından 2014 yılında yapılan ve Avrupa Komisyonu Akıllı Şebekeler Çalışma Grubu tarafından da onaylanmış olan tanım [3] ise;

“Esneklik, enerji sistemlerinde yer alan kullanıcılar tarafından, elektriğin fiyatı gibi dışardan gelen bir sinyale karşılık, sisteme hizmet sağlamak üzere; üretim ya da tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesidir.” şeklindedir.

2016 yılında, Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü (EPRI), esneklik kavramını;

“Esneklik, bir enerji sisteminin, dinamik ve değişken koşullara uyum sağlama kabiliyeti” olarak tanımlamıştır [4].

2017 yılında Avrupa Enerji Düzenleyicileri Konseyi (CEER) tarafından esnekliği tanımlamak üzere kamuoyundan görüş alınmıştır. Bu çerçevede, Avrupa Elektrik İletim Sistemi Operatörleri Birliğinin (ENTSO-E) esneklik için önerdiği tanım [5]:

“Esneklik, bir enerji sistemindeki arz ve talep dengesini ya da şebekedeki enerji akışını gerçek zamana kısa bir süre kalana kadar etkileyebilecek olan bir değişikliğin aktif olarak yönetilebilmesidir.” şeklindeyken;

Zikredilen kamuoyu görüşleri arasında, Avrupa Dağıtım Sistemi Operatörleri Birliği (EDSO) tarafından önerilen tanımlama [6] ise;

“Bir enerji sistemindeki kullanıcılar tarafından, sıklıkla dışarıdan gelen bir sinyale tepki olarak, şebekenin kararlı işletimini sürdürmeye katkı sağlamak için, üretim ya da tüketim alışkanlıklarının kullanıcı bazında ya da birden çok kullanıcı için toplu halde (aggregated) değiştirilmesidir.” olmuştur.

Bahse konu kamuoyu görüşleri dikkate alınmak suretiyle, CEER tarafından 2018 yılında esnekliğin tanımı [7]:

“Arz ve talep dengesini etkileyecek değişikliklere karşı elektrik sisteminin tüm zaman dilimlerinde cevap verme kapasitesidir.” şeklinde yapılmıştır.

2018 yılında UEA esneklik tanımını aşağıdaki gibi güncellemiştir [8]:

“Esneklik, bir enerji sisteminin; sistemdeki arz ve talep arasındaki değişkenliği ve belirsizliği, güvenilir ve düşük maliyetli olarak yönetmeyi sağlayan her türlü özelliğidir.”

Son olarak, 2018 yılında, Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) tarafından esneklik;

“Bir enerji sisteminin, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kesintili elektrik enerjisi üretiminin, kısa veya uzun olmak üzere farklı zaman ölçeklerinde, sistemde yarattığı değişkenlik ve belirsizlik ile, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimde kısıntı ve/veya kesinti yapmaksızın, kullanıcıların talebini karşılayacak kadar enerjiyi arz edecek ve şebekeyi güvenilir bir biçimde işletecek şekilde yönetebilme kabiliyetidir.” şeklinde ifade edilmiştir [9].

Söz konusu tanımlamalar, esneklik ihtiyacının ve anlayışının zaman içerisinde dönüştüğünü, geçmişten bugüne gelinceye kadar esnekliğin farklı boyutlarının kavrandığını göstermektedir. Günümüzün ihtiyaçları ve yeşil büyümeye dayalı enerji politikaları çerçevesinde, esneklikten şebeke işletmeciliği açısından teknik ve ekonomik olarak faydalanılmasının yanı sıra, özellikle talep tarafı kaynaklarının esnekliğinden faydalanılarak çevre kirliliğini azaltması ve enerji verimliliğini artırması gibi çevresel ve sosyo-ekonomik menfaatler de önem kazanmaktadır.

2.1.2 Esneklik ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynakları ile ilişkilendirilmesi

Değişken ya da kesintili yenilenebilir enerji kaynakları olarak da tanımlanan güneş ve rüzgâr enerjisine dayalı üretimin artmasıyla birlikte şebekedeki arz ve talep dengesini, yük akışlarını ve gerilim profilini yönetmek zorlaşmaktadır. Bu durum, şebeke ölçeğinde gerekli tedbirlerin alınmaması durumunda enerji verimliliği, güvenilirliği ve enerji kalitesi problemleriyle karşı karşıya kalınması riskini doğurmaktadır [10].

Bu nedenle söz konusu kaynakların, bağlı bulunduğu iletim ve dağıtım şebekelerinde yol açtığı olumsuz etkileri yönetebilmek amacıyla sistem işletmecileri tarafından yeni esneklik kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda; bataryalar gibi genellikle mevcut seçeneklere nazaran farklı maliyetleri olan ve farklı piyasa mekanizmaları gerektiren çözümler ile esneklik çözümlerinin çeşitlendirilmesinde kesintili yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim kapasitesinin enerji karışımındaki payının dikkate alınması gerekmektedir [11].

Nitekim, UEA tarafından da bir enerji sisteminin esneklik ihtiyacı, söz konusu sistemdeki değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı ile ilişkilendirilmektedir. Bu kapsamda,

kesintili yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekedeki etkileri, Şekil 2.1'deki gibi altı kademedeki değerlendirilmekte ve her bir kademe için söz konusu etkileri yönetebilmek üzere gereken esneklik ihtiyacı farklılaşmaktadır [12].



Şekil 2.1 : Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Şebekeye Entegrasyonunun Farklı Aşamalardaki Etkileri ve Zorluklar [12].

Şekil 2.1'de görüldüğü üzere; ilk kademe olarak belirlenen ve değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güçteki payının %5 seviyesinin altında olduğu durumda, söz konusu kaynakların kesintili ve belirsiz üretimleri nedeniyle bağlı olduğu şebekelerde yaratacağı zorluklar yönetilebilir seviyedir. Bu aşamada, şebeke işletmecileri, mevcut şebeke işletim anlayışı ve elindeki esneklik araçlarıyla söz konusu değişkenliği yönetmekte ve şebekeyi güvenli bir biçimde işletebilmektedir. Kore, Endonezya, Rusya ve Suudi Arabistan yenilenebilir enerji kaynaklarının payı bakımından ilk aşamada yer alan ülkeler arasındadır [12].

Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güçteki payının %5 ile %10 aralığında olduğu elektrik sistemleri için tanımlanmış olan ikinci aşamada ise söz konusu kaynakların şebeke yol açtığı çift yönlü enerji akışları, günlük elektrik enerjisi talebin tepe ve dip noktalarının sayı ve büyüklük olarak farklılaşması, elektriğin gerilim ve frekans parametrelerinin gün içerisindeki değişkenliğinin artması gibi etkiler şebeke işletimini zorlaştırmaktadır. Öte yandan; bu aşamada da birinci aşamaya benzer şekilde,

yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kesintili enerji üretiminin şebekedeki etkilerinin halen daha yönetilebilir düzeyde olduğu değerlendirilmektedir [12].

Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güçteki payının %10 seviyesini geçtiği üçüncü aşama ise şebekelerin ihtiyacı olan esnekliğin mevcut işletme anlayışıyla karşılanamadığı duruma karşılık gelmektedir. Bu aşamada, sistemdeki payı ciddi boyutlara ulaşan kesintili yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekedeki etkileriyle başa çıkabilmek için yeni bir sistem işletmeciliği yaklaşımı uygulanması gerekmektedir. Bu kapsamda, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen belirsiz ve değişken üretim nedeniyle arz ve talep dengesindeki büyüyen dalgalanmaları kontrol altına almak için yeni esneklik araçlarına ihtiyaç duyulduğuna değinilmektedir. İtalya, Almanya, Kyushu (Japonya'da bir bölge) ve Birleşik Krallık üçüncü aşamadaki ülkelerdir [12].

Dördüncü aşama, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin, günün bazı saatlerinde puant tüketimin tamamını karşılayabilecek seviyeye ulaştığı ve sistem kararlılığını koruyabilmek için sistem işletmecileri tarafından ileri düzey tedbirlere ihtiyaç duyulduğu durumu ifade etmektedir [12]. Bu aşamada, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekedeki etkilerinin yönetilebilmesi için şebeke işletim anlayışının yanı sıra piyasa yapısı, piyasaya erişim kuralları, yan hizmetler ve düzenleyici çerçeve olmak üzere, esnekliğin bütüncül bir yaklaşım çerçevesinde ele alınması gerekmektedir [9]. Danimarka, İber Yarımadası¹, İrlanda ve Güney Avustralya bu aşamada yer alan ülkeler arasında sayılmaktadır.

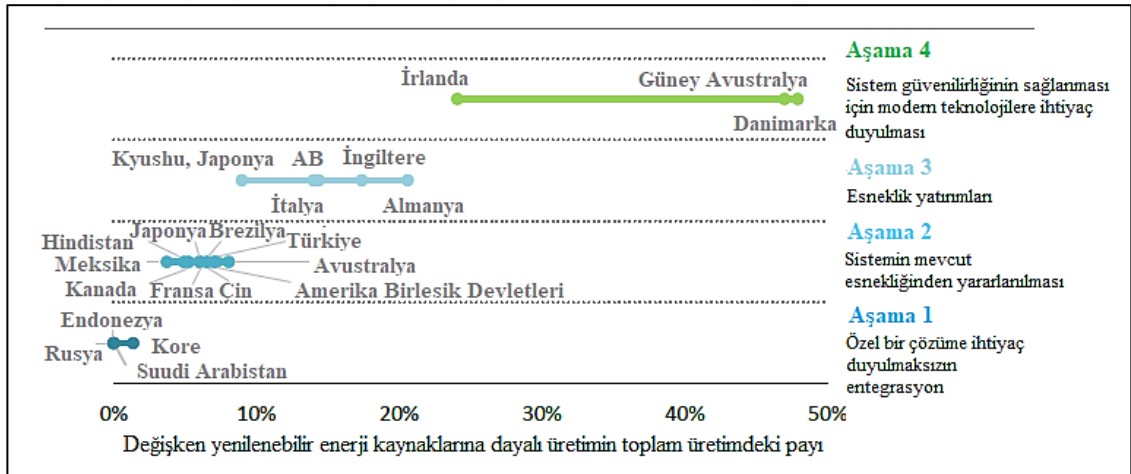
Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin gün içerisinde puant talebin de üzerinde gerçekleştiği aşama ise, beşinci aşama olarak tanımlanmaktadır. Bu aşamada, günler hatta haftalar boyunca sürebilen uzun zaman ölçeklerinde, elektrik tüketim ihtiyacının tamamı rüzgâr ve güneş enerjisine dayalı enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Gün içerisinde tüketim ihtiyacının üzerinde gerçekleşen fazla üretim ise depolanmakta ve/veya sistem işletmecileri tarafından sistemi dengeleme üzere üretim kısıntıları yapılmaktadır. Uzun vadede kaynak verimliliğini sağlamak ve yenilenebilir

¹ Avrupa Kıtasının güneyinde yer alan ve İspanya ile Portekiz devletlerini kapsayan yarımadadır.

enerji kaynaklarından üretilebilecek enerjinin kesilmesini önlemek için, elektrik şebekesinde esneklik seçeneklerinden faydalanılmasının yanı sıra, özellikle kendi elektriğini üretebilen tüketicilerin² ulaşım ve ısıtma/soğutma gibi sektörlerde elektrifikasyon dâhil olmak üzere esneklikten faydalanması gerekmektedir [12].

Son olarak, altıncı aşamada ise; elektriğin büyük ölçüde hatta tamamen yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimden karşılandığı aşama ifade edilmektedir. Bu aşamada sistemdeki üretim fazlası enerji veya enerji açıkları arasındaki makas yıl içerisinde dönemsel olarak artabilmektedir. Böylesi bir durum elektriğin büyük ölçekli ve mevsimsel olarak depolanabilmesine (örneğin, sentetik yakıt veya hidrojene dönüştürülerek depolanması gibi) imkân tanıyan ileri teknolojilerin hayata geçirilmesini mecbur kılmaktadır.

Şekil 2.2’de 2017 yılı itibarıyla bazı ülke veya bölgelerde yenilenebilir enerjinin toplam üretimdeki payı ve söz konusu kaynakların şebekeye entegrasyon aşamaları verilmektedir.



Şekil 2.2 : Bazı Ülkelerde ve/veya Bölgelerde Yenilenebilir Enerjinin Şebekeye Entegrasyon Aşamaları, 2017 [12, 13].

² Kendi sahip olduğu dağıtık üretim kaynakları ile tüketimini karşılayabilen ve bazı saatlerde söz konusu üretimin fazlasını şebekeye verebilen, literatürde consumer+producer kelimelerinin birleşimi olan prosumer kelimesiyle ifade edilen ve dilimize üreten tüketici veya üretici olarak çevrilebilecek tüketicileri ifade etmektedir.

Şekil 2.2’de görüldüğü üzere, Japonya örneğinde olduğu gibi, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin talebi karşılamadaki payı, aynı ülke sınırları içerisinde yer alan farklı bölgeler arasında değişim gösterebilmektedir. Örneğin, 2017 yılında Japonya genelinde değişken yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin payı %16 mertebesindeyken [14]; ülkede yer alan Kyushu adasında fotovoltaiik panellerden enerji üretimi anlık olarak talebin %80’i mertebesine kadar çıkabilmektedir [15]. Bu durum; termik santraller, rezervuarlı hidrolik santraller ve pompaj depolamalı hidroelektrik santraller de dahil olmak üzere bölgede yer alan tüm üretim tesislerinin enerji optimizasyonu sağlayacak şekilde maliyet verimli olarak işletilmesini sağlamak üzere sistem işletimi düzeyinde gerekli tedbirlerin alınmasını tetiklemektedir. Benzer şekilde, iletim şebekesi dört bağımsız şebeke işletmecisi tarafından işletilmekte olan ve raporda üçüncü aşamada yer verilen Almanya’da, 50 Hertz İletim Şirketi³ tarafından işletilen kuzey-doğu bölgesinde 2017 yılındaki elektrik tüketiminin %53’ü değişken yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır [16] ve bu durum söz konusu bölgede ülke geneline kıyasla daha yüksek düzeyde esnekliğe ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır.

Son olarak; raporda ikinci aşamada olduğu belirtilen Amerika Birleşik Devletleri’nin Havai Eyaletinde; nüfusun %95’lik kısmına hizmet veren ve şebekesi Havai Elektrik Endüstrileri tarafından işletilmekte olan beş adanın yer aldığı bölgede, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %15 ile %35 oranları arasında değişmekteyken [17]; Çin’in Kansu ve Moğolistan eyaletlerinde ülkenin diğer bölgelere nazaran oldukça yüksek oranda rüzgâr ve güneşe dayalı üretim yapılmaktadır [18].

Değişken yenilenebilir enerjiye dayalı üretimin enerji karışımındaki payının artmasıyla birlikte, söz konusu enerjinin şebekeye entegrasyonunun, şebekedeki elektriğin kalitesini bozmadan, güvenli bir biçimde gerçekleştirilmesi için sistemde yeterli esneklik kaynağının her an devreye alınabilecek şekilde hazırda bekletilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, esneklik kaynaklarının çeşitlendirilmesi, yedeklenmesi ve söz konusu

³ Almanya’nın kuzeydoğu bölgesinde faaliyet gösteren bir iletim sistemi operatörüdür.

kaynaklardan en üst düzeyde faydalanılabilmesi için piyasada, mevzuatta ve kurumsal yapılanmada gereken değişikliklerin hayata geçirilmesi önem arz etmektedir [11].

Bu çerçevede, rüzgâra dayalı üretimin yüksek olduğu İrlanda örneğinde, ülkede faaliyet gösteren şebeke işletmecileri olan EirGrid ve SONI şirketleri tarafından, sistemin güvenli ve verimle işletilmesi için sisteme entegre edilebilecek olan değişken yenilenebilir enerji seviyesini belirlemek üzere “Güvenli, Güvenilir ve Sürdürülebilir bir Elektrik Sistem Oluşturulmasına” ilişkin bir program (DS3⁴) yürütülmektedir [19]. Söz konusu program kapsamında ülkenin elektrik şebekesine bağlanabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı (asen kron penetrasyon limiti) belirlenmektedir. 2012 yılında %50 seviyesinde belirlenen söz konusu oran, 2018 yılı itibarıyla %65 seviyesine yükseltilmiş olup; 2020 yılında %75 oranına çıkması beklenmektedir [12].

Esneklik, şebekenin gerçek zamanda güvenli işletilmesini ve kullanıcılara kesintisiz ve kalitesi standartlar dahilindeki enerjinin arz edilmesini sağlamasının yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim fazlasının şebeke kararlılığını bozmamak üzere sistem işletmecileri tarafından uygulanan üretim kesintilerinden kaçınılması için elzemdir. Değişken yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının çok yüksek olduğu Danimarka, İtalya ve Portekiz gibi ülkelere bakıldığında söz konusu kaynaklara dayalı üretim kesintilerinin çok düşük ya da sıfır seviyesinde olduğu görülmektedir [12]. Bu durum söz konusu ülkelerde şebekede yeterli esneklik seçeneğinin devreye alındığının bir göstergesidir. Amerika Birleşik Devletleri’nin Teksas bölgesinde ise, bölgenin bağımsız şebeke işletmecisi olan ERCOT tarafından, gerekli iletim yatırımlarının zamanında gerçekleştirilmesi sayesinde, 2009 yılında %20 mertebesinde gerçekleşen üretim kesintilerinin oranı, 2017 yılı itibarıyla %2 seviyesine indirilmiştir [20].

Buna karşın, 2017 yılında rüzgâr enerjisine dayalı üretim için %12, güneş enerjisine dayalı üretimde ise %6 seviyesinde üretim kesintisi uygulamış olan Çin örneğinde olduğu gibi, yeterli esneklik seçeneği olmadığı için, şebekedeki arz ve talep dengesini muhafaza etmek üzere halen daha yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim fazlasına kesinti

⁴ Delivering a Secure Sustainable Electricity System.

uygulayan ülkeler bulunmaktadır. Öte yandan, Çin tarafından söz konusu oranlar, elektrik talebinin artması ve doğru akıma dayalı ultra yüksek gerilim seviyesindeki yeni iletim hatları tesis edilmesi sayesinde azaltılmıştır. Ayrıca, ülkede hayata geçirilen ve bölgeler arasındaki elektrik ticaretine imkân tanıyan elektrik piyasası reformu da zikredilen üretim kesintilerinin düşürülmesinde etkili olmuştur [12].

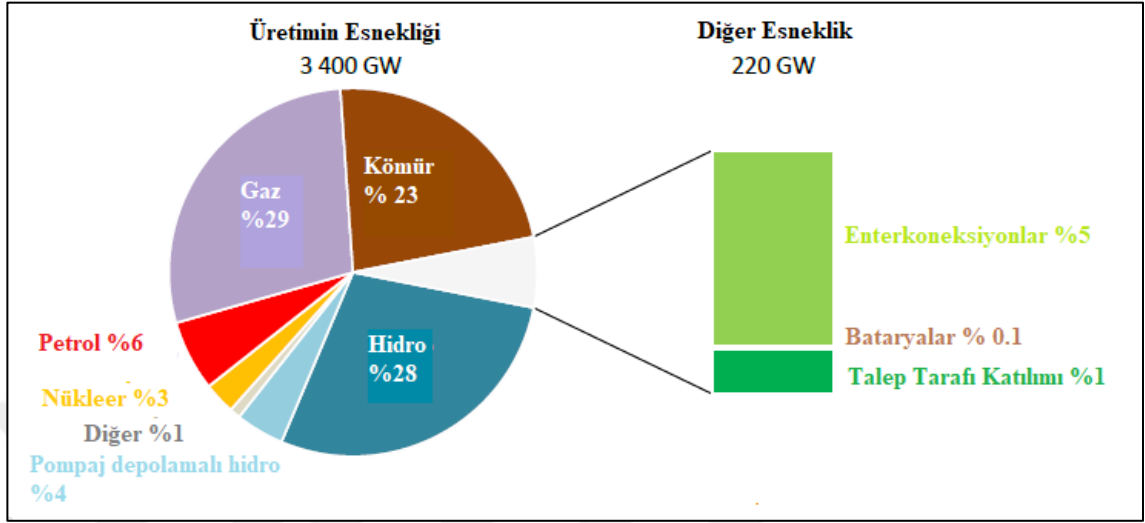
2.2 Esneklik Seçenekleri ve İhtiyaca Uygun Esneklik Seçeneklerinin Belirlenmesi

Esneklik için uzun vadeli bir planlama yapmak çok sayıda faktörü bir arada hesaba katmayı gerektirmekte olup çözüme ulaşılabilmesi tıpkı bir matematik probleminde olduğu gibi ancak uygun araçların kullanılması ile mümkün olmaktadır. Söz konusu planlama işlemine; mevcut ihtiyaçların değerlendirilmesiyle başlanmakta, geleceğe ilişkin beklentiler doğrultusunda da söz konusu ihtiyaçlar genişletilmektedir.

Elektrik şebekelerinde arz ve talebin sürekli olarak dengelenmesini sağlamak üzere geçmişte üretim tesislerine gerçek zamanda verilen üretim artırma veya üretim azaltma talimatlarıyla karşılanan esneklik ihtiyacı, günümüzde pompaj depolamalı hidroelektrik santraller, enterkoneksiyon hatları üzerinden gerçekleştirilen uluslararası elektrik ticareti ve bazı ülkelerdeki büyük güçlü tüketicilerden alınan hizmetler olmak üzere farklı esneklik kaynaklarından da sağlanabilmektedir [21].

İyi planlanmış bir iletim şebekesinde esneklik ihtiyacının tespit edilmesinin yanı sıra maliyet ve teknoloji bakımından erişilebilir ve operasyonel hale getirilebilir bir yapının inşa edilmesi önem arz etmektedir [22]. Bunu sağlamak için ise uygun esneklik çözümlerini belirlemek gerekmektedir.

UEA'nın 2017 Şekil 2.3'te de gösterilen verilerine göre dünya genelinde 375 GW'lık esneklik kaynağı potansiyeli bulunmaktadır [12]. Şekil 2.3'ten anlaşıldığı üzere; üretim tesisleri mevcut esneklik kaynakları arasında en büyük potansiyele sahiptir.



Şekil 2.3 : Küresel Ölçekte Esneklik Kapasitesi, 2017 [12].

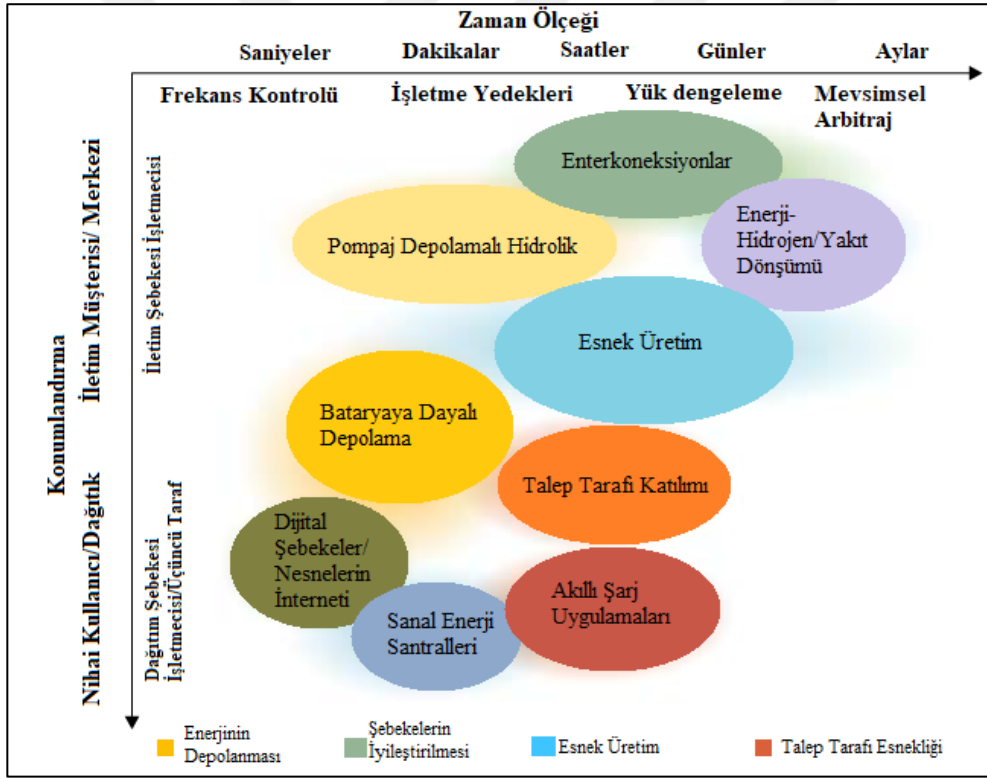
Hali hazırda esnekliğinden faydalanılan kaynaklar arasında, pompaj depolamalı hidrolik santraller ikinci sırayı almaktadır. Öte yandan, enerji sistemlerinde hedeflenen yeşil büyümeye dayalı dönüşüm sürecinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve dağıtık enerji kaynaklarının enerji karışımındaki payının artmasıyla doğru orantılı olarak bu durumun hızla değişmesi ve talep tarafı esnekliği, bataryalar ve benzeri esneklik kaynaklarının potansiyelinin ve söz konusu kaynakların esnekliğinden faydalanma oranının artması beklenmektedir [23].

Nitekim, dağıtık üretim kaynaklarının ve değişken yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgâr ve güneş enerjisine dayalı elektrik üretiminin artmasıyla birlikte geçmişte daha ziyade tüketim tahminlerindeki sapmaları yönetmek için faydalanılan esneklik seçeneklerinden, üretim tahminlerindeki sapmaları yönetmek için de faydalanılması gerekmektedir [11].

Bu kapsamda, şebekelerdeki esneklik ihtiyacı hem miktar hem de nitelik itibarıyla başkalaşmaktadır. Günümüzde, gerek sıfır karbon salınımlı enerji üretim politikalarının gerekse enerji verimliliğinin öncelik haline gelmesi, talep tarafı esnekliğinin de esneklik seçenekleri arasında önem kazanmasını tetiklemiştir. Nesnelerin interneti gibi dijital teknolojilerin yaygınlaşması, özellikle de akıllı sayaç sistemlerinin hayata geçirilmesi, tüketicilerin de piyasalara aktif katılabilmelerini ve esnek tüketimlerini yönetebilmelerini

mümkün hale getirmektedir. Akıllı şebekelerin modern ve güvenilir elektrik sistemlerinin iskeletini oluşturması beklenirken bataryaların maliyetlerindeki ciddi düşüşler bu teknolojiye dayalı depolama tesislerinin kullanıcı ve şebeke ölçeğinde yaygınlaşmasının önünü açmaktadır [21].

Şekil 2.4'te esneklik ihtiyacının artmasıyla birlikte uygulanması gereken esneklik seçenekleri ve söz konusu seçeneklerin uygulanmasını kolaylaştırıcı teknolojiler gösterilmektedir. Enerji sistemlerinde büyüyen esneklik ihtiyacını karşılamak için faydalanılabilecek yeni seçenekleri



Şekil 2.4 : Esneklik için Büyüyen İhtiyaçlar ve Seçeneklerin Dağılımı [12].

Şekil 2.4'te olduğu gibi; eski teknolojiye dayalı olan ve mevcut durumda devreye girip çıkma hızı, kararlı üretim düzeyi bakımından yeterli düzeyde esneklik kabiliyeti bulunmayan konvansiyonel üretim kaynaklarının yeni teknoloji yatırımları ile desteklenerek teknik açıdan güçlendirilmesi ve daha esnek hale getirilmesi, talep tarafı

esnekliği, hidrojen depolama dâhil olmak üzere enerji depolama sistemlerinin devreye alınması ve enterkoneksiyonların güçlendirilmesi olarak sayılabilmektedir [24].

Bunun yanı sıra enerji sistemlerinin dijital dönüşüm sürecinde; nesnelerin internetine dayalı olarak yaygınlaşmakta olan akıllı şebeke yönetim sistemleri, sanal enerji santralleri, enerji verimliliği danışmanlığı sağlayan şirketler ve eşten eşe ticaret platformları gibi kullanıcı bazında enerji optimizasyonunu kolaylaştırıcı uygulamalar ortaya çıkmaktadır [25].

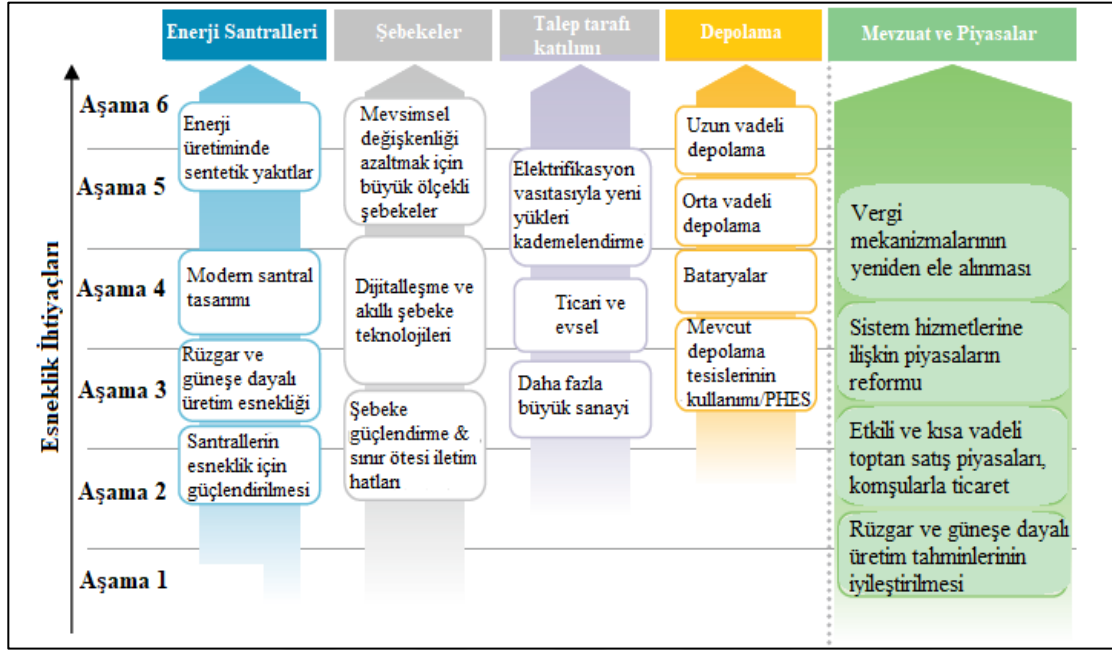
Söz konusu yeni teknolojiler esnekliğin hayata geçirmesini hızlandırmakla birlikte geleneksel sistemlerde kullanıcılara biçilen üretici, tüketici ya da tedarikçi rollerini değiştirmektedir. Bunun sonucunda hem üretim hem de tüketim esnekliklerini yönetebilme yeteneği bulunan dağıtık enerji kaynağı sahibi şebeke kullanıcıları, şebeke işletmecileri için geleneksel esneklik kaynaklarına alternatif oluşturmaktadır.

Güney Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri'nin New York ve Hawaii eyaletleri gibi pek çok bölgede faaliyet gösteren şebeke işletmecileri, söz konusu dağıtık enerji kaynaklarına sahip kullanıcıların esnekliklerinden faydalanmaktadır [12].

Yeni esneklik çözümleri; teknoloji, uygulama alanı, etki süresi, etki derecesi ve maliyet olarak farklılaşmaktadır. Örneğın depolama sistemleri yatırım maliyetleri bakımından yüksek iken şebekedeki üretim fazlasından faydalanılması için önemli bir esneklik aracıdır.

Öte yandan, talep tarafının esnekliği yatırım maliyeti gerektirmediğinden [26], tüketicilerin kendi tüketimlerini yönetmesine imkân tanıyacak akıllı sayaç altyapılarının bulunması halinde, puant yük yönetiminde etkili bir esneklik aracı olabilmektedir.

Şekil 2.5'te değişken yenilenebilir kaynaklarının entegrasyon oranına göre belirlenen 6 aşama için esneklik ihtiyacının hangi esneklik kaynaklarından sağlanabileceğine ilişkin şema verilmektedir.



Şekil 2.5 : Esneklik Kaynakları ve Değişken Yenilenebilir Kaynaklarının Entegrasyon Aşamasına Göre Esneklik İhtiyacının Dağılımı [12].

Bu itibarla, her enerji sisteminde, sistemin kendine özgü dinamikleri, mevcut piyasa yapısı, yenilenebilir enerji kaynaklarının sistemdeki payı gibi parametreler göz önünde bulundurularak esneklik ihtiyacının nitelik ve nicelik bakımından bütüncül bir planlama çerçevesinde belirlenmesi; hangi teknolojiye hangi oranda ve ne şekilde ihtiyaç duyulacağını da ortaya koyabilecektir [9]. Yenilenebilir enerjinin şebekedeki payı hangi aşamada olursa olsun, söz konusu yeni yöntemlerin uygulanabilmesi için öncelikle uygun bir yasal çerçevenin oluşturulması ve piyasa kurgusunun yeniden yapılandırılması gerekmektedir [27].

UEA (2018) tarafından; depolama sistemleri olmaksızın değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik üretimindeki payının çok yüksek seviyelere çıkmasının mümkün görülmediği belirtilmektedir. Bununla birlikte; sistemin ilk aşamalarda daha az maliyetli olan diğer esneklik seçenekleri ile işletilebilmesinin mümkün olduğundan bahsedilmektedir [28].

3. TALEP TARAfi ESNEKLİğİ

Doksanlı yılların sonunda iklim değişikliğinin etkileriyle mücadele etme maksadıyla gelişmiş ölkelerin öncülüğünde başlatılan ve günümüzde dünya genelinde pek çok ölkenin benimsediği yeşil büyüme ve döngüsel ekonomiye geçiş politikaları çerçevesinde, karbon salınımında büyük paya sahip olan enerji sektörü fosil yakıtlara dayalı konvansiyonel enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretiminin yerine yerli ve sera gazı bakımından temiz olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretiminin öne çıktığı bir dönüşüm süreci başlamıştır. Son olarak, aday ölkeler konumunda olduğumuz Avrupa Birliği tarafından 2019 yılı aralık ayında açıklanan Avrupa Yeşil Mutabakatı ve 2021 yılı temmuz ayında Avrupa komisyonu tarafından önerilen ve “Fit for 55” olarak anılan mevzuat paketiyle birlikte AB’nin sera gazı emisyonlarında 1990 seviyesine kıyasla 2030 yılına kadar en az %55 seviyesinde azalma sağlanması hedeflenmiş ve buna yönelik olarak yerinde üretim ve enerji verimliliği politikaları önem kazanmıştır [29].

Zikredilen öncelikler çerçevesinde, enerji sektöründe son yıllarda ivmelenen teknolojik ve politik dönüşümün bir sonucu olarak elektrik şebekelerindeki geleneksel tüketicilerin (consumer) yerini, kendi elektriğini üreten ve dilimizde üreten tüketiciler ya da tüteticiler olarak anılan ve İngilizcede consumer ve producer kelimelerinin birleşimi olan “prosumer” kelimesiyle ifade edilen kullanıcılar [30] almaktadır. Söz konusu yeni nesil tüketiciler ihtiyaç duydukları elektriğin bir kısmını ya da tamamını, kendi tüketim tesislerinin bir parçası olarak kurdukları ve işlettikleri çatı üstü fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri veya mikro türbinler gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretebilmekte, sayaç arkası depolama sistemleriyle, söz konusu kaynaklardan üretilen ihtiyaçlarının fazlası elektriği depolayarak gün içerisindeki enerji üretimlerini ve tüketimlerini dengeleyebilmektedir. Söz konusu tüketici grubu, bu sayede elde ettikleri esnekliği, gerektiğinde sisteme arz edebilecek şekilde enerjisini yönetebilmektedir. Bunun yanı sıra, elektrikli araçlar, kojenerasyon veya ısı pompası gibi diğer dağıtık üretim kaynakları da

tüketicilerin tüketimlerini gün içerisinde farklı zaman dilimlerine kaydırabilmesine imkân sağlayarak ve söz konusu esnekliği ticarete konu edebilmesini mümkün hale getirmektedir [31].

Öte yandan zikredilen dağıtık enerji kaynaklarının şebekeye bağlı kullanıcılar tarafından işletilmesi sonucunda şebekelerde yük akışı değişimleri, aşırı yüklenmeler, büyüklüğü ve sayısı artan frekans ve gerilim saptmaları gibi olumsuz etkiler ortaya çıkabilmektedir [32]. Dağıtık enerji kaynaklarının şebekede zor açabileceği bu ve benzeri zorlukları yönetebilmek için; geçmişte büyük ölçüde üretimi gün öncesinde programlanabilir olan konvansiyonel enerji santrallerine sahip üreticilere ve şebekeden yalnızca enerji çeken geleneksel tüketicilere göre yapılandırılmış olan elektrik şebekelerini bu değişime adapte edebilmek amacıyla sistem işletmecileri tarafından şebeke işletiminde yeni tedbir ve stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yenilenebilir enerjiden faydalanma konusunda mesafe kaydetmiş ülkelerde şebekeyi güvenli bir şekilde yönetmek için sistem işletmecileri tarafından söz konusu stratejiler kapsamında yeni esneklik seçeneklerinden faydalandığı görülmektedir [9].

Bu çerçevede, kolay erişilebilir olması ve yeni dijital teknolojiler sayesinde ilave altyapı ihtiyacı gerektirmeyişiyle, tüketicilerin esnek yüklerinden faydalanılması, şebeke işletmecileri tarafından ihtiyaç duyulan bir seçenek haline gelmektedir. Tez çalışmasının bu bölümünde talep tarafı esnekliğinden en üst seviyede faydalanmak ve ihtiyaca uygun bir piyasa yapısı oluşturmak üzere sistem işletmecileri tarafından uygulanmış veya uygulanmakta olan program türleri ve piyasa modelleri üzerinde durulmaktadır.

3.1 Talep Tarafı Esnekliğinin Tanımlanması ve Sınıflandırılması

3.1.1 Talep tarafı esnekliğinin tanımlanması

Tüketicilerin, tüketim esneklikleri sayesinde tıpkı bir üretim tesisi gibi elektrik piyasalarına veya şebeke hizmetlerine katılması ya da elektriğin fiyatına göre tüketimlerini planlayabilmesi talep tarafı katılımı olarak anılmaktadır. Avrupa Enerji Düzenleyicileri Konseyi (CEER) tarafından talep tarafı katılımı özetle, tüketicilerin sistem ihtiyaçları doğrultusunda oluşan bir piyasa sinyaline karşılık tüketim

alışkanlıklarından vazgeçerek elektrik kullanım miktarını değiştirme potansiyeli olarak tanımlanmaktadır [33]. Söz konusu piyasa sinyali, kullanım zamanına göre değişken olan elektrik tarifeleri ya da tüketim esnekliğine karşılık alınacak doğrudan teşvik ödemeleri olabilmektedir. Tüketicilerin tüketim esnekliklerini piyasalarda tıpkı bir üretim kaynağı gibi gönüllülük esasına dayalı olarak satışa veya hizmete sunması ise literatürde doğrudan talep tarafı katılımı olarak nitelendirilmektedir [34].

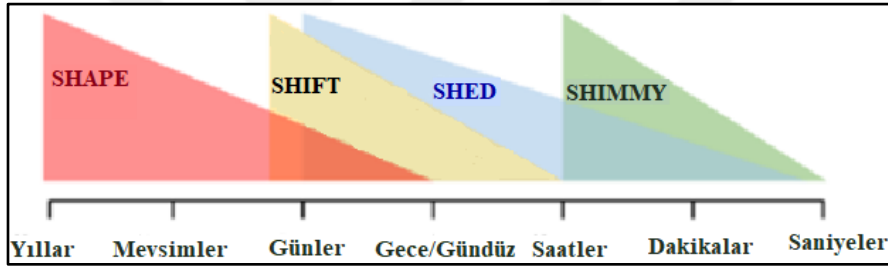
Talep tarafı katılımıyla esasen; tüketiciler tarafından tüketimin belirli bir zaman diliminde kısılmasıyla gün içerisindeki toplam talebin azaltılmasından ziyade, tüketicilerin elektrik fiyatları veya kapasite ödemeleriyle teşvik edilmesi sağlanarak tüketimlerini gün içerisindeki toplam yükü dengeleyecek şekilde zaman bakımından kaydırması⁵ amaçlanmaktadır. Nitekim, Floransa Regülasyon Okulu tarafından 2013 yılında yayımlanan talep tarafı katılımına ilişkin raporda [35] da talep tarafı esnekliği sayesinde pik talep saatlerindeki tüketimin talebin düşük olduğu saatlere kaydırılmasıyla sistemde arz ve talep dengesini korumanın kolaylaşacağına değinilmektedir. Bahse konu raporda sistemin ihtiyacı olan esnekliğin tüketim tesislerinden sağlanmasıyla birlikte sistem işletmecileri tarafından üretim santrallerinin esnek olarak işletilmesine duyulan ihtiyaç azaltılarak buna ilişkin yüksek maliyetlerin önlenebileceği ifade edilmektedir [35].

Son yıllara değin, talep tarafı esnekliğinden, tüketimin talebin yüksek olduğu pik saatlerden, talebin düşük olduğu dip saatlere kaydırılmasıyla faydalanılması hedeflenmekteyken, enerji sistemlerinin dönüşen yapısı talep tarafı esnekliğinden beklenen faydaya da zamanla yeni boyutlar kazandırmaktadır. Günümüzde tüketimin, yenilenebilir enerjiye dayalı üretimin fazla olduğu saatlere kaydırılması sayesinde talep tarafı esnekliğinden, yenilenebilir enerjinin üretim fazlasını yönetmek için de faydalanılması amaçlanmaktadır. 2017 yılında Kaliforniya’da bölgenin 2025 yılına ilişkin

⁵ Burada, günlük yük eğrisini düzeltmek ve yükün gün içerisindeki değişkenliğini azaltmak maksadıyla, esnekliğinden faydalanan tüketicilerin, tüketimlerini puant talep saatlerinden, talebin düşük olduğu saatlere kaydırması kast edilmektedir. Bu durum vadi doldurma veya tepe tıraşlama olarak da tabir edilmektedir.

talep tarafı esnekliğinin potansiyelini belirlemek üzere yapılmış olan bir çalışmada, talep tarafı katılımı için Şekil 3.1’de yer alan “4S” tanımlamasına yer verilmiştir [36].

Bu çerçevede, talep tarafı esnekliğinin “Shimmy, Shed, Shift ve Shape olarak tanımlanan 4 S’ si arasından; “Shimmy” ve “Shed” (hızlı yük düşme), şebekede arz talep dengesini sağlamak üzere puant saatlerdeki tüketimin kaydırılmasıyla gerçekleşen tüketim değişimlerini ifade etmekten; “Shift” ve “Shape” (kaydır ve şekillendir), tüketimin yenilenebilir enerjiye dayalı üretim fazlalığı olduğu zamanlara kaydırıldığı ve zaman içerisinde enerji kaynaklarının etkin kullanılması sayesinde, enerji verimliliği sağladığı aşamalarını ifade etmektedir.

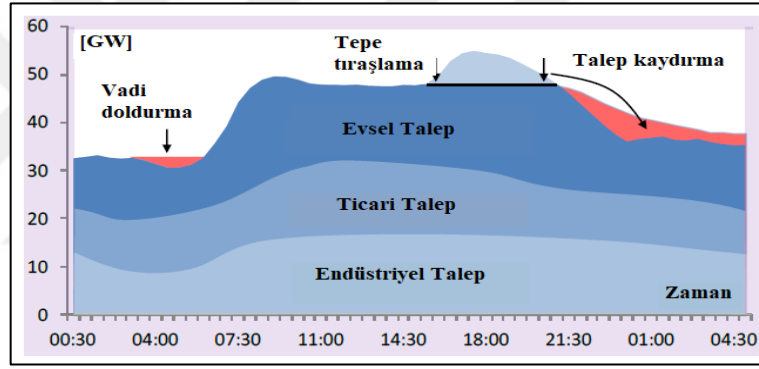


Şekil 3.1 : Talep Tarafı Katılımında Yeni 4S Yaklaşımı [36].

Örnek vermek gerekirse, Shimmy, talep tarafı kaynaklarının, şebeke frekansının gerçek zamanda anlık olarak kontrol edilmesini sağlamak üzere kısa süreli ve hızlı tepki verebilecek şekilde kullanılmasını ifade etmektedir. Shed ise tüketim esnekliğinden tıpkı bir üretim santrali gibi sistemdeki üretim tüketim dengesini sağlamak amacıyla faydalanılmasına karşılık gelmektedir. Tüketim tesisinin esnek yüklerinin, yenilenebilir enerjiye dayalı üretim fazlasından faydalanmak üzere tıpkı bir sanal depolama tesisi mantığıyla kullanılmasına “Shift” olarak örnek verilebilecek iken; Shape aşaması, talep tarafı esnekliğinin tüm bu kullanım şekillerinin uzun vadede tüketicilerin tüketim alışkanlıklarının sistem ihtiyaçları doğrultusunda şekillendiği uzun vadeli kazanımları ifade etmektedir.

Şekil 3.2’de görüldüğü üzere; tüketimin, talebin pik yaptığı saatlerden talebin dip yaptığı saatlere kaydırılması sayesinde talep eğrisinin pik ve dip noktalarının törpülenmesi ve gün içerisinde dengelenmesi sağlanmaktadır. Bu sayede; pik saatlerdeki enerji ihtiyacını

karşılama üzere ihtiyaç duyulan üretim kapasitesi yatırımlarının azaltılması ve/veya pik saatlerdeki enerji ihtiyacını karşılamak üzere minimum kararlı üretim düzeyinde hazırda bekletilen santrallerin kapasite faktörünün artırılarak daha yüksek verimle işletilmesi mümkün olmaktadır [36, 37]. Talep tarafı esnekliği yenilenebilir enerjiye dayalı üretim fazlalığı olduğunda tüketimin artırılması suretiyle, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim belirsizliği nedeniyle sistem işletmecileri tarafından söz konusu kaynaklara uygulanan enerji kısıntılarının önlenmesi için de iyi bir yöntem oluşturmaktadır [33]. Bu sayede yerli, ucuz ve temiz olan bu tür kaynakların verimli kullanılması sistemin uzun vadeli kazanımlarından olmaktadır.



Şekil 3.2 : Talep Tarafı Esnekliğinden Dengeleme ve Talep Kaydırma Amacıyla Faydalanılması [33].

Zamanla değişen ihtiyaçlar ve öne çıkan beklentiler ile birlikte, talep tarafı esnekliğinden faydalanmanın yöntemleri de değişmektedir. Yirminci yüzyılın son çeyreğinden itibaren uygulanmakta olan ve tarifeler üzerinden fatura avantajı sağlayarak puant saatlerdeki tüketimi azaltmayı hedef alan tarife bazlı programların yerini, günümüzde, tüketim esnekliklerinin piyasalarda ticarete konu edilebildiği ya da düzenli ödemeler karşılığında sistem işletmecisi tarafından talebin uzaktan yönetilebildiği doğrudan teşvik bazlı talep tarafı katılımı programlarının⁶ aldığı görülmektedir [38].

⁶ Doğrudan teşvik bazlı ifadesi, tüketim esnekliğine karşılık piyasa işletmecisinden veya hizmet sağlanan şebeke işletmecisinden ödeme alınması manasını taşımaktadır. Fiyat bazlı programlar olarak da ifade edilen tarifeler üzerinden örtülü teşvikte ise, tüketiciler doğrudan ödeme almamakta ancak düşük faturalar ile tüketimlerini kaydırmaya özendirilmektedir.

Bu, tez çalışması kapsamında talep tarafı katılımına ilişkin uygulama yöntemleri kapsamlı bir biçimde ele alınarak talep tarafı katılımın hayata geçirilmesi için gerekli piyasa altyapısı işletme modelleri toplayıcıların rolü bakımından değerlendirilecektir. Son olarak talep tarafı katılımına ilişkin uygulama örneklerine yer verilecektir.

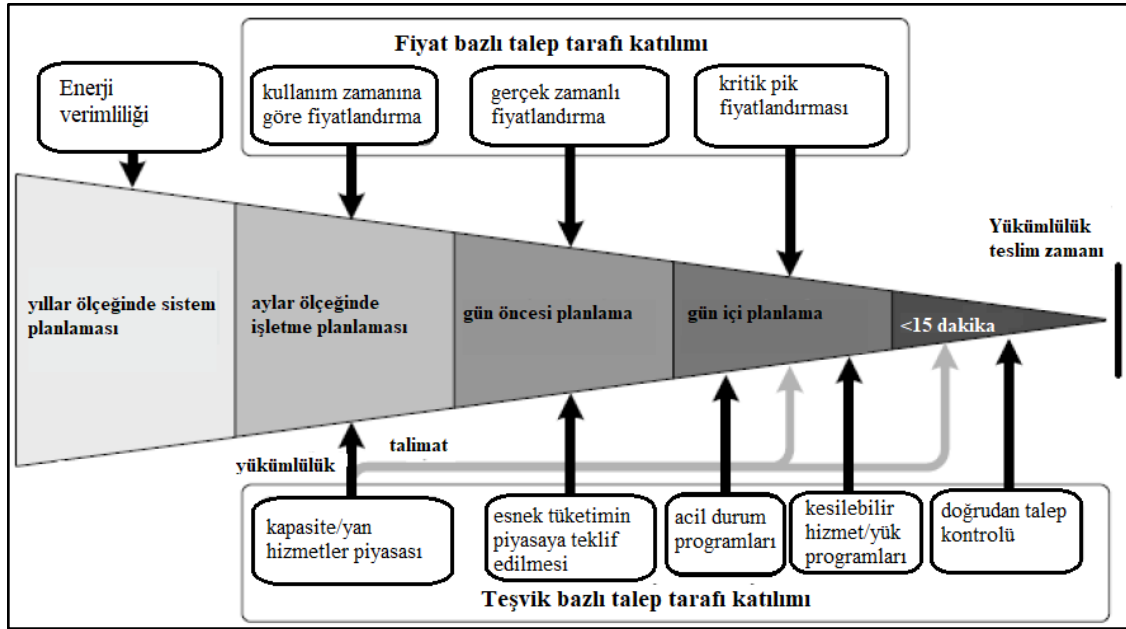
3.1.2 Talep tarafı katılımına ilişkin program türleri

Talep tarafı esnekliğinden faydalanmak için tüketicilerin tüketimlerini sistem veya piyasa ihtiyaçları doğrultusunda değiştirmeye teşvik edecek birtakım düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu düzenlemeler, tüketicilerin tüketim esnekliklerini kullanmaya teşvik edilmesine ilişkin çeşitli uygulamaları veya programları içerebilmektedir.

Literatürde talep tarafı katılımının teşvik edilmesine ilişkin yöntemler örtülü ve açık olmak üzere iki temel başlıkta toplanmaktadır. Örtülü talep tarafı katılımı yaklaşımı; tüketicilerin, tarifeler üzerinden elektriğin fiyatına tepki olarak tüketim alışkanlıklarını düzenlemesini ifade etmektedir. Bu nedenle örtülü talep tarafı katılımı fiyat bazlı talep tarafı katılımı olarak da adlandırılmaktadır. Doğrudan talep tarafı katılımı ise; tüketicilerin doğrudan veya anlaşmalı oldukları aracı bir şirket (toplayıcı) üzerinden tüketim esnekliğini toptan satış piyasalarında ticarete konu edebilmesini ifade etmektedir. Bunun için tüketicilerin yükü azaltma karşılığında elde edeceği gelirin, enerjiyi üretme veya satın alma maliyetinden daha fazla olması gerekmektedir [34].

Bu tür uygulamalar kapsamında; tüketicilerin tüketim esnekliğini tedarikçiler üzerinden piyasaya sunması da mümkün olmasına rağmen; bu tür uygulamalarda tedarikçilerin önceliği sistemin ihtiyaçlarından ziyade kendi portföylerini dengelemek olduğundan sistem esnekliği açısından etkili olmamaktadır. Literatürde doğrudan talep tarafı katılımı, teşvik bazlı talep tarafı katılımı olarak da anılmaktadır [39].

Şekil 3.3'te talep tarafı katılımı programlarının tüketicilerin teşvik edilmesinde kullanılan yöntemine ve yük azaltma "olaylarının" tetiklendiği veya başlatıldığı kriterlere göre sınıflandırılması gösterilmektedir.



Şekil 3.3 : Talep Tarafı Programlarının Teşvik Yöntemi Bakımından Sınıflandırılması [39].

Tüketiciler; değişken tarifeler uygulamak suretiyle gerçekleştirilen örtülü teşvik yöntemlerinde düşük fatura avantajına sahip olurken, piyasa üzerinden enerji ticaretine dayalı açık teşvik kapsamında doğrudan ödeme alma fırsatı kazanmaktadır. Acil durum talep kontrolü ise sistemdeki beklenmedik durumlarda yükü azaltmak üzere sistem işletmecileri tarafından kullanılan bir talep tarafı katılımı programıdır.

Talep esnekliğinden en üst düzeyde faydalanmak için her iki yöntemin bir arada kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Öte yandan; yapılan literatür incelemesinde, örtülü talep tarafı katılımının pek çok ülkede uygulanmasına karşın; açık talep tarafı katılımının halen daha birçok ülkede etkin hale getirilemediği gözlemlenmiştir [39].

Talep tarafı katılımı, esnekliğinden faydalanılan talep tarafı kaynağının kullanım şekline göre de sınıflandırılabilir. Bu kapsamda bir talep tarafı kaynağı “yük tevzi edilebilen” veya “yük tevzi edilemeyen” bir kapasite ürünü, bir tür ekipman, sistem, hizmet, uygulama veya strateji” olarak tanımlanabilmektedir [41].

Tüketimleri programlanabilir olan talep kaynaklarına sahip tüketiciler, sistem işletmecilerine doğrudan veya kendisi adına işlem yapmak üzere yetkilendirdiği aracı bir

şirket vasıtasıyla hizmet sağlayabilmektedir. Bu kapsamda yer alan talep tarafı kaynaklarının tüketimleri sistem işletmecilerinin talimatına göre şekillenmektedir ve söz konusu talimatlara uyulmadığı durumda cezai yaptırımlar uygulanabilmektedir. Geleneksel olarak, sistem işletmecileri tarafından şebekedeki ihtiyaca göre yapılan planlama çerçevesinde verilecek talimatlara göre yükünü otomatik olarak şekillendirmeyi tercih etmeyen tüketiciler ise tüketimlerini kendi programları doğrultusunda elektriğin fiyatına göre ayarlayabilecekleri tarife bazlı programlara veya spot piyasalara katılabilmektedir [42].

Talep tarafı kaynaklarının esnekliği ister tüketiciler tarafından manuel olarak isterse sistem işletmecileri tarafından otomatik olarak kullanılsın, esnekliğinden faydalanan klima, su ısıtıcı, buzdolabı ve benzeri büyük yüklerin uzaktan kontrol edilebilmesini sağlayan teknolojiler ile birlikte yönetilmesi kolaylaşmaktadır [41, 42].

3.1.2.1 Elektriğin fiyatı üzerinden teşvike dayalı talep tarafı katılımı programları

Tarifeler üzerinden teşvik edilen ve örtülü olarak sınıflandırılan talep tarafı katılımı programları kullanım zamanına göre fiyatlandırma, gerçek zamanlı fiyatlandırma ve kritik pik fiyatlandırması olarak üç farklı şekilde uygulanabilmektedir.

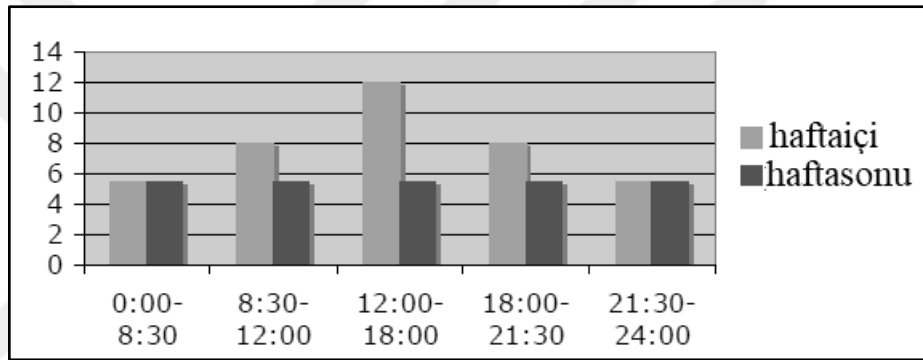
(a) Kullanım Zamanına göre Fiyatlandırma (ToU)

Kullanım zamanına göre fiyatlandırma programları, tarifeleri belirleyen kamu kuruluşları tarafından önceden belirlenmiş zaman dilimleri için elektriğin kademeli olarak fiyatlandırılmasına dayanmaktadır.

Zamana göre değişen fiyatlandırma; mevsime göre değişen fiyatlandırma, hafta içi ve hafta sonu için farklı fiyatlandırma veya bir gün içerisinde iki veya üç farklı dönemi için farklı fiyatlandırma şeklinde gerçekleştirilebilmektedir [43]. Bugün ülkemiz dahil olmak üzere pek çok ülke tarafından farklı biçimlerde uygulanmakta olan kullanım zamanına göre değişken tarife modeli ilk olarak 1970’li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri’nde pilot olarak uygulanmaya başlamıştır [33].

Şekil 3.4’te hafta içi ile hafta sonu farklı olacak şekilde gün içerisinde farklı zaman dilimleri için belirlenmiş oranlar örnek bir çizelge içinde gösterilmektedir. Örnekte verilen

ToU tarifesı gibi, tüketicilerden hafta sonları ve hafta içi 21:30- 08:30 saatleri arasında tüketilen kilovat saat (kWh) başına 5,5 cent, hafta içi 08:30 – 12:00 ve 18:00-21:30 arası 8 cent/kWh ücret alınabilmektedir. Buna karşın elektrik talebinin en yüksek olduğu 12:00-18:00 arasında tarife 12 cent/kWh olarak kurgulanabilmektedir. ToU oranları, arz maliyetlerinin günlük değişkenliğinden bağımsız olarak tanımlanmaz ve ortalama tahmini elektrik fiyatlarına göre belirlenmektedir. ToU tarifeleri sayesinde uygulama sahasına göre değişmekle beraber %4-%17 arasında yük kaydırma sağlanabilmektedir [44].



Şekil 3.4 : Örnek Bir ToU Tarifesı Dönemleri ve Tarife Oranları [41].

(b) Kritik Pik Fiyatlandırması (CPP)

Kritik pik fiyatlandırması (CPP), ToU tarifelerinin elektrik tedarik maliyetlerinin belirsizliğini ve değişkenliğini yansıtmaya çalışan bir varyasyonudur. Kritik pik fiyatlandırma (CPP), değişken ve sabit olmak üzere iki türde uygulanabilmektedir. Sabit kritik pik fiyatlandırması gün içerisindeki zamanı ve süresi önceden belirlenmiş ve bildirilmiş pik talep dönemlerine özgü uygulanan bir fiyatlandırma şekli olup; ToU ile birlikte kullanılabilir. Değişken pik fiyatlandırma ise; gün içerisindeki kritik dönemin standart olmadığı ve gün öncesi piyasası fiyatlarına göre değişken olarak belirlendiği tarife modelidir [41].

CPP modeli Fransa’da 1980’li yılların sonundan itibaren uygulanmakta olup 2000’li yıllar itibarıyla Amerika Birleşik Devletleri’nde ve sonrasında çok sayıda ülkede uygulanmaya başlamıştır [45]. CPP’nin ToU’dan temel farkı pik talep saatlerindeki tarife ile pik olmayan saatlerdeki tarife arasındaki makasın daha geniş olmasıdır. CPP tarifesı, standart

ToU tarifesine ilave olarak ve talebin çok yoğun olduğu ve arz yetersizliği olduğu dönemlerde, ToU' ya göre birkaç kat daha yüksek olan ve zamana bağlı bir oran eklenmesi şeklinde uygulanabilmektedir. CPP kapsamında katılımcıları yük azaltmaya daha fazla teşvik etmek için ToU kapsamında belirlenmiş puant tarifenin en az 2,5 katını geçecek şekilde yüksek olarak belirlenmesi önerilmektedir [41].

Kritik dönemlerde talebin çok yükselmesi halinde uygulanan CPP kapsamında, bazı durumlarda birkaç dakika, bazı durumlarda kullanım zamanından 24 saat öncesine kadar kritik tarife dönemi, programa katılan tüketicilere bildirilebilmektedir. Söz konusu tarifeyi kullanan kullanıcıların kritik pik saatlerinin belirsiz olması nedeniyle mağdur olamaması açısından; sözleşme dönemi boyunca azami kaç kez ve ne kadar süreyle kritik pik fiyatlandırması uygulanabileceği sözleşme kapsamında belirlenmektedir. Örneğin, CPP anlaşması kapsamında, ilgili tüketiciye, tarifi kapsamında her yıl 30 güne kadar 4 saat boyunca kWh başına 24 centlik kritik bir tepe oranının uygulanabileceği belirtilebilmektedir [41].

CPP modelinin uygulanabilmesi için uzaktan otomatik yük kontrol teknolojileri şart değildir, ancak kritik pik talep olayları gerçekleştiğinde tüketicilerin bildirimleri zamanında takip edebilmesi ve uygulayabilmesi için bu tür teknolojilerin varlığı fayda sağlamaktadır. ABD'nin Kaliforniya bölgesinde geçmişte uygulanmış olan pilot CPP programları kapsamında, otomatik kontrol teknolojisine sahip olmayan ve CPP uygulanan konut düzeyindeki tüketicilerin kritik pik talep dönemlerinde yüklerini %5-%17 seviyesinde azalttıkları gözlemlenmişken, söz konusu teknolojilere sahip büyük güçlü tüketicilerin yüklerini %20-%60 oranlarında azalttığı görülmüştür [46]. ABD'nin Kaliforniya eyaletinde yürütülen kritik pik fiyatlandırması programları; tüketici grubuna bağlı olarak pik saatlerdeki tüketimin %10-%15 oranında azaltılmasını sağlamıştır [42].

(c) Gerçek Zamanlı Fiyatlandırma (RTP)

Gerçek zamanlı fiyatlandırma (RTP) programları kapsamında tüketicilere uygulanan tarifeler elektriğin gerçek zamandaki tedarik maliyetlerini yansıtmaktadır. Diğer bir ifadeyle, perakende satış fiyatları doğrudan toptan satış fiyatlarını yansıttığı için sürekli olarak değişmektedir. Söz konusu programlarda tercih edilen yöntemle göre elektrik

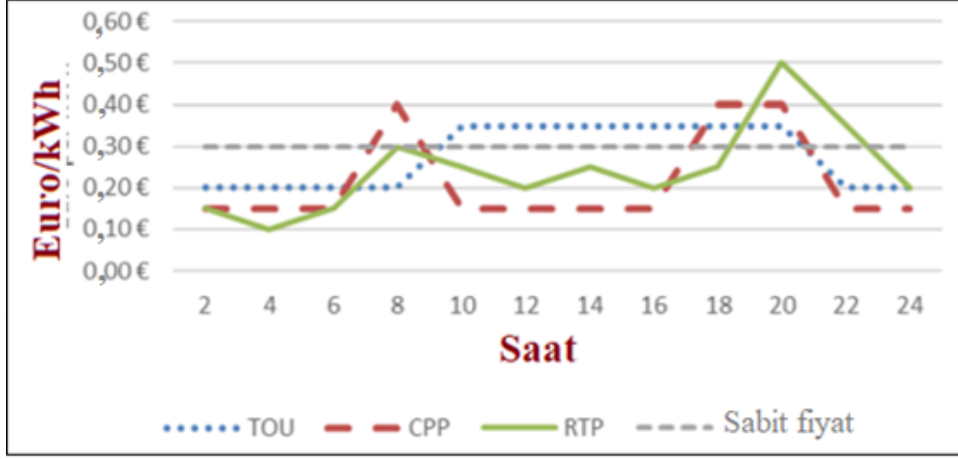
fiyatları gün içinde veya gün öncesinde belirlenebilmekte ve uygulama zorunlu veya gönüllü olarak değişebilmektedir. Gerçek zamanlı elektrik fiyatlarının belirli bir tüketim seviyesine kadar sınırlandırıldığı çift bölümlü uygulama yöntemleri de bulunmaktadır. Bu tür uygulamalarda tüketiciler önceden belirlenen bir tüketim seviyesine kadar gerçek zamanlı fiyatlar üzerinden faturalandırılmaktayken; belirlenen tüketim miktarının üzerindeki tüketimleri için sabit fiyat ödeyebilmektedir [34].

Bir RTP programının uygulanması, ToU ve CPP' ye kıyasla daha karmaşık fiyat tahminlerini, otomatik ölçüme elveren teknolojik altyapı yatırımlarını, iletişim ve faturalandırma sistemlerini gerektirmektedir. Bu tür uygulamalar, genellikle büyük güçlü sanayi ve ticarethane düzeyindeki kullanıcılara hitap etmektedir. Bu sınıftaki tüketiciler tipik olarak, tüketimlerini programlama konusunda daha fazla esnekliğe sahip olduğundan ve bilhassa endüstriyel tüketiciler için tesislerindeki üretim prosesleri ayrı olabildiğinden, gerçek zamanlı fiyatlara göre yük azaltma potansiyelleri bulunmaktadır. Tıpkı CPP' de olduğu gibi otomatik kontrol teknolojileri, RTP programlarına dahil olacak kullanıcıların, tüketimlerini gerçek elektrik fiyatlarına göre yönetebilmesini kolaylaştırma ve tasarruf miktarlarını en üst düzeye çıkarma da fayda sağlamaktadır [34, 41].

RTP programlarının ilk örnekleri 1980'li yılların ortalarında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) tarafından uygulanmaya başlanmıştır. ABD'de edinilen tecrübeler, gerçek zamanlı fiyatlandırmanın talep kaydırma konusunda önemli ölçüde katkı sağladığı ancak tepkinin belli sayıda kullanıcıdan geldiğini ve geriye kalan çoğu kullanıcının fiyatlara göre tüketim tepkisi vermediğini göstermiştir.

Bununla birlikte, gerçek zamanlı tarifelere tepki veren kullanıcıların genellikle kendi elektriğini üreten tüketiciler olduğu gözlemlenmiştir. Tüketicilerin programa katılımı faturalarındaki tasarruf miktarı ile ilişkili olduğundan karmaşık ve riskli tarife modelleri rağbet görmemektedir. Bu konuda tüketicilerin farkındalığını artırmak programların başarıyla uygulanabilmesi adına önem arz etmektedir. Gerçek zamanlı tarifelerin teşvik bazlı talep kontrol programları ile bütünleştirilerek uygulanması etkisini güçlendirebilmektedir [47].

Şekil 3.5'te zikredilen tarife modellerinin gün içinde 24 saatlik değişimi verilmektedir.



Şekil 3.5 : Fiyat Bazlı Talep Tarafı Teşviki Sağlayan Tarife Programlarının Sabit Tarife İle Karşılaştırılması.

Şekil 3.5'te yer alan grafik analiz edildiğinde, gerçek zamanlı tarifenin (RTP) gün içerisindeki dalgalanmasının diğer tarife modellerine göre daha fazla olduğu ve kritik pik fiyatlandırmasına (CPP) dayalı tarife modelinin gün içerisindeki değişiminin kullanım zamanına göre fiyatlandırma (ToU) modeline nazaran daha yüksek olduğu görülmektedir.

3.1.2.2 Doğrudan teşvik bazlı talep tarafı katılımı programları

Talep tarafı esnekliğinden, şebekede puant yük yönetimi ve frekans kontrolü sağlamayı ya da yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim fazlasından faydalanmayı hedefleyen söz konusu programlar kapsamında şebeke işletmecileri, müşterisi olan ve hizmet aldığı tüketicilere belirli süreler boyunca elektrik taleplerini azaltmak için teşvik niteliğinde ödemeler sunmaktadır.

Program katılımcıları, şebeke işletmecileri tarafından sunulan çeşitli ekonomik teşvikler karşılığında yüklerini azalttıkları için hizmet sağlayıcı olarak kabul edilmektedir. Programa dahil olan tüketicilerin gerçek zamanlı tüketimlerinin, genellikle sistem işletmecileri tarafından sistem ihtiyaçları doğrultusunda kontrolüne dayalı olan bu tür programlar; programın amaçlarına, hedeflenen tüketici profiline, hizmetin gerekliliklerine bağlı olarak bir dizi farklı şekillerde kurgulanabilmektedir.

Örneğin, katılım gönüllü veya zorunlu olarak farklı kurgulanabildiği gibi tüketim azaltma sorumluluğunun tüketiciye ait olduğu veya şebeke işletmecisi tarafından uzaktan kontrol edildiği program türleri de uygulanabilmektedir. Tüketim kısıntılarının, kısıntı başlangıcından dakikalar önce bildirildiği programlardan, saatler, günler hatta yapılan anlaşmaya göre aylar sürebildiği programlar kurgulanabilmektedir. Son olarak yapılacak kesintilerin tüketicinin şebekeye bağlantı gücünün tamamı üzerinden ya da tüketicinin rıza gösterdiği bir kapasite üzerinden yapılabilirdiği programlar bulunmaktadır. Kısıntı süreleri ise frekansın belirli bir değerin altına düşmesi gibi teknik bir kritere ya da anlaşma dönemi süresince anlaşılan azami bir değere göre belirlendiği durumlar olabilmektedir [34, 41].

Bu tür programların uygulanması için düşük frekans röleleri gibi, belirli şartlar altında otomatik kesme yapabilecek anahtarlama elemanları ya da çift yönlü veri iletişime hatta mümkünse uzaktan kontrole imkan tanıyan sayaçlar gibi teknolojik altyapılara ihtiyaç bulunmaktadır. Günümüzde akıllı sayaçların yaygınlaşması uzaktan yük kesme programlarının uygulanabilirliğini artırmakta ve şebeke işletmeciliği açısından puant yükü yönetmek üzere talep tarafı katılımından faydalanılmasının önünü açmaktadır [40].

(a) Doğrudan Talep Kontrolü

Doğrudan talep kontrolü, şebekede ihtiyaç olması halinde, şebekeye bağlı olan ve ilgili şebeke işletmecisi tarafından esneklik hizmeti satın almak üzere anlaşılan tüketim tesislerinin yüklerinin uzaktan kontrol edilmesi ve tüketim tesisinin tamamının ya da belirli teçhizatlarının elektriğinin kesilebilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Bu tür programlar kapsamında, tüketicilere fatura indirimi ya da teşvik ödemeleri yapılabilmektedir. Söz konusu hizmetlere tipik olarak küçük ölçekli ticarethane ya da konut düzeyindeki tüketiciler, su ısıtıcıları (kazanlar), elektrikli ısıtıcılar ve klimaların esnekliğinden faydalanarak katılım sağlayabilmektedir [34].

Küçük ticari (şebekeden azami çekiş gücü 100 kW olan) ve konut müşterilerine yönelik uygulanan doğrudan yük programları kapsamında tüketiciler, kendi sahasındaki belirli cihazların kullanımlarının şebeke işletmecileri ya da aracı şirketler tarafından kontrol edilmesine izin vermek üzere programa kaydolmaktadır. En sık kontrol edilen yükler klima (AC) yükleridir, ancak ticari tüketicilere yönelik programlarda aydınlatma yükleri

de kontrol edilebilmektedir. Bazı durumlarda, konutlara yönelik programlarda da su ısıtıcıları, kazanlar ve havuz pompaları hedeflenebilmektedir. Doğrudan yük kontrolüne dayalı programların teşvik yapıları, hizmet sağlayıcılara ödenen sabit aylık kapasite ödemelerini ve ayrıca bir defaya mahsus katılım ödemelerini içerebilmektedir [41,42].

Doğrudan yük kontrolü programlarının bir gereği olarak şebeke işletmecileri ile tüketiciler arasında anlaşma dönemindeki azami talimat sayısını (örneğin 50 kere) ve her talimatın azami süresini (2 ile 8 saat arasında, ancak tipik olarak 4 arasında) belirten anlaşmalar yapılmaktadır. Programa katılan tüketicilerin yükleri, anlaşmalı olduğu şebeke işletmecileri tarafından doğrudan kontrol edildiğinden, talimat başlamadan makul bir süre öncesinde ilgili tüketicilere bildirim yapılmaktadır. Bazı programlarda, tüketicilere talimatlara uymama konusunda muafiyet tanınabilmekle, bazılarında ise böylesi durumlarda ceza uygulanabilmektedir [34, 41, 42].

Konut düzeyindeki tüketiciler bu tür programlara genellikle "akıllı" termostatlar vasıtasıyla katılmaktadır. Akıllı termostatlar, sıcaklık ayar noktalarını yükseltmek ve tepe azaltma olayları sırasında müşteri yükünü otomatik olarak azaltmak için kullanılan programlanabilir ve uzaktan kontrol edilebilir niteliktedir. Bu teknolojiler, bir yük anahtarı için yaklaşık 70-150 ABD doları ve akıllı bir termostat için yaklaşık 200-400 ABD doları mertebesinde düşük sayılabilecek bir maliyette olduğundan, şebeke işletmecileri bu teknolojiler için kurulum maliyetlerini karşılayarak programda yer alan tüketicilere ücretsiz olarak sunabilmektedir. Bu teknolojiler oldukça güvenilirdir ve küçük müşteriler için site başına % 60'a varan yük azaltma kapasitesine sahiptir [46, 48, 49, 50]

(b) Kısılabilir Yük programları

Söz konusu programlar genellikle orta ve büyük ölçekli ticarethane ve sanayi tesislerine (100-500 kW pik talep) sahip büyük müşterilere yönelik olarak uygulanmaktadır ve programda yer alan yani hizmet alınan tüketicilerin, sistem işletmecisinin talimatına karşılık belirli bir süre için şebekeden çektiği belirli yükleri azaltmayı veya tamamen kapatmayı kabul etmesine dayanmaktadır. Bu kapsamda hizmet sağlayan tüketiciler, sistem işletmecileriyle aralarındaki anlaşmaya ve mevcut teknolojik altyapısının elvermesine bağlı olarak sistem işletmecisi tarafından yükleri uzaktan kontrol

edilebilmekte veya ayarları manuel veya otomatik olarak değiştirebilmektedir. Sistem işletmecileri, kısıtlanabilir bir yükleme olayından makul bir süre önce tüketicileri bilgilendirmelidir [41, 46].

Önceden bildirim genellikle dakikalar ila saatler öncesinden verilmektedir ancak, bazı programlar katılımcıları bir gün öncesine kadar bilgilendirmeyi içerebilmektedir. Bu programlarda da tıpkı doğrudan yük kontrol programlarında olduğu gibi yıllık maksimum olay sayısı ve süreleri önceden belirtmeli, hatta mümkünse tüketici ile arasındaki hizmet alım anlaşmasına der edilmelidir. Kısıtlanabilir yk programları Amerika'nın Kaliforniya, Colorado, Teksas, Ohio, Illinois ve Orta Atlantik eyaletlerinde yürütülmüştür. Yine İşpanya, İngiltere gibi AB lkelerinde de benzer programlar yürütülmektedir [39, 42, 51].

Bu programlar kapsamında, yk düşme zamanına göre değişken şekilde kademeli olarak veya tek seferlik teşvik ödemelerinin yanı sıra, krediler, sistem kullanım bedelleri üzerinden indirim uygulanması, sistem kullanım ya da esnek sistem kullanım tarifeleri gibi uygulamalarla teşvik edilebilmektedir [34, 41]. Örneğin, Cinergy'nin finansal seçeneklerden sonra modellenen PowerShare programı kapsamında taahhüt edilen yük miktarına bağlı olarak gönüllü tüketicilerle tek fiyat üzerinden opsiyon satın alabilmektedir. Tüketiciler, "Kullanım Fiyatı" olarak adlandırılan, yükü azaltmak istedikleri \$/MWh fiyatlarını belirler ve gün öncesinde belirlenen elektriğin piyasası fiyatlarının kullanım fiyatlarından daha yüksek olacağı tahmin edildiğinde, Cinergy, müşterilere saat 16:00'ya kadar bildirimde bulunarak opsiyonu ağırabilmektedir. Bu durumda, kısılan her MWh'lık yüke karşılık kullanım bedeli enerji kredisi ödenmektedir [41, 46, 52].

(c) Kesilebilir/kesintili yk programları

Kesintili yk programlarına katılan tüketiciler, belirli bir süre boyunca tesisin yükünün büyük oranda kısmayı veya hatta tamamını kapatmayı kabul etmektedir. Bu tür programlar daha ziyade büyük güçlü tüketicileri hedef almakta olup, söz konusu programa katılan tüketiciler kısıntı talimatı aldıkları dönemde tesislerinin yedek jeneratörlerini kullanmaktır. Bazı büyük ticari ve endüstriyel tesisler, elektrik şebekesinden sağlanan

güçte beklenmedik kesintiler olması durumunda kritik yüklere güç sağlamak için yedek jeneratör tesis etmektedir.

Katılımcılar, sistem işletmecilerinden talimat aldıkları zamanlarda yüklerini kısma taahhütleri karşılığında, söz konusu kısıntı dönemlerinde daha düşük elektrik faturaları sayesinde tasarruf etmelerinin yanı sıra, talimatlara uydukları süreler için ek ödeme teşvikleri alabilmektedir. Bu tür hizmetler arz güvenliği için önem arz ettiğinden, tüketiciler ile sistem işletmecileri arasında bu amaçla kurulan sözleşmelerde talimatlara uyulmaması durumunda ağır cezalar düzenlenebilmektedir [41].

(d) Acil Durum Talep Tarafı Katılımı Programları

Acil durum talep tarafı katılımı programları; sistem işletmecileri tarafından önceden anlaşma yapılan tüketicilerin, sistem güvenliğini tehlikeye sokacak bir olay sırasında sistemdeki frekans dengesinin bozulması halinde, genellikle düşük frekans röleleri vasıtasıyla otomatik olarak yüklerinin kesilmesine karşılık teşvik ödemeleri aldığı gönüllülük esasına dayalı programlardır [34]. Genellikle büyük güçlü tüketicilerin katılımıyla uygulanan acil durum talep tarafı katılımı programlarında; tüketicilere yapılan ödemeler tüketimin kesilmesi halinde kesilen enerji miktarına göre belirlenmekte olup, kapasite ödemesi yapılmamaktadır [45].

(e) Kapasite piyasaları/ödemeleri

Kapasite piyasası programları; uygulama prensibi olarak tıpkı diğer teşvik bazlı programlar gibi sistem arızası durumunda tüketicilerin tüketimlerini düşürmesine dayanmaktadır. Öte yandan, kapasite piyasası programlarına katılan tüketicilere yapılan ödemeler kesilen enerjiye göre belirlenen aktivasyon ödemeleri yerine bir anlaşma dönemi için sabit olarak belirlenen kapasite ödemelerini içermektedir.

Bu kapsamda kapasite ödemesi yapılan tüketicilerin, olası bir sistem arızasına karşı piyasa işletmesinin talimatı üzerine yükünü azaltacak şekilde hazır bulunması beklenmekte ve aksi halde cezai yaptırımlar uygulanmaktadır [34, 45]. Söz konusu program genellikle büyük ölçekli tüketicilere uygulanmaktadır [43].

(f) Talep teklifleri

Talep teklifleri, tüketicilerin tüketim esnekliklerini organize elektrik piyasalarında doğrudan satışa sunmasını ifade etmektedir. Tüketicilerin organize elektrik piyasalarına erişimi sayesinde, tüketim tesisi sahipleri tüketmekten vazgeçtikleri veya azalttıkları birim enerji talebine karşılık piyasa işletmecilerden ödeme alabilmektedir. Bu tür uygulamalar kapsamında bazı durumlarda sistem işletmecileri azaltılacak birim enerji başına sabit bir bedel belirleyebilmektedir. Böylesi uygulamalarda tüketiciler yalnızca esnek yüklerini miktar bakımından teklif etmekte ve sistem işletmecileri tarafından tekliflerin kabul edilmesi halinde, birim bedel üzerinden teklif ettikleri yük düşüm miktarına göre ödeme almaktadır [41].

Talep teklifinin kullanıldığı serbest elektrik piyasalarında, çoğunlukla büyük ticari ve endüstriyel tüketiciler hem piyasa kayıt, teminat ve benzeri süreçleri takip etme ve piyasada işlem yapılabilecek minimum şartları sağlama bakımından organize elektrik piyasalarına katılma yeterliliğe sahip olmaktadır. Ayrıca söz konusu tüketiciler gelişmiş yük yönetimi araçlarına ve stratejilerine de sahip olabilmektedir. Buna karşın, küçük güçlü tüketiciler, küçük yükleri toplayıp ve birleştirerek organize elektrik piyasalarına sunan toplayıcılar veya enerji hizmeti sağlayıcıları gibi araçlar aracılığıyla katılabilmektedir [39].

ABD’de Özellikle, Teksas (ERCOT), Kaliforniya (CAISO), Kanada (MISO) ve Pensilvanya (PJM) bölgelerinde bağımsız sistem işletmecileri tarafından başarılı talep ihale programları uygulanmaktadır [53].

Özellikle son yıllarda, yeşil büyüme ve yenilenebilir enerjiye dayalı üretimin şebekeye entegrasyonu konuları ile birlikte talep tarafı esnekliğinin önem kazanmasıyla, İngiltere, İrlanda, Fransa gibi sosyal refah düzeyi yüksek ülkelerin çoğu organize elektrik piyasalarını tüketicilerin ve toplayıcıların erişimine açmaktadır [39, 54].

(g) Yan Hizmetler

Bu kapsamdaki programlar, tüketicilerin, sistem işletmecileri tarafından satın alınan yan hizmetlerin tedarik süreçlerine aktif katılımını içermektedir. Bu programlarda yer alan

tüketiciler, yan hizmetlerin minimum teknik kriterlerini sağlamaları ve fiyat bakımından sunmuş oldukları tekliflerin diğer teklif sahiplerine göre avantajlı olması halinde sistem işletmecileri ile anlaşma yaparak belirli bir süre yan hizmet sağlamayı taahhüt etmektedir. Yan hizmet sağlayıcısı olan tüketicilerin, söz konusu anlaşmalar kapsamında Sistem işletmecisinin talimatlarına uyması beklenmektedir. Aksi halde sistem işletmecileri tarafından anlaşmada belirlenmiş olan cezai yaptırımlar uygulanabilmektedir. Ödemeler ise hizmet türüne göre kapasite üzerinden sabit ödemeleri, yerine getirilen talimatlar üzerinden değişken ödemeleri ya da her ikisini içerebilmektedir [34, 41].

3.2 Talep Tarafı Katılımı için Piyasa Modelleri

Talep tarafı esnekliğinden faydalanmak için gerekli programların kurgulanmasının ve mevzuat kapsamında gerekli yasal düzenlemelerin hayata geçirilmesinin yanı sıra söz konusu programların uygulanmasına elverişli bir piyasa altyapısının oluşturulması gerekmektedir. Nitekim, günümüzde bilhassa ABD ve AB ülkeleri arasında pek çok ülkede elektrik piyasaları tüketicilerin erişimine açık hale getirilmesine karşın, ilgili ülkelerdeki mevcut piyasa kurgusundan kaynaklanan önleyici faktörler nedeniyle talep tarafı katılımı yeterli seviyede etkinleştirilememiştir [39, 42].

Mevcut piyasa yapısının, talep tarafı katılımına uygun hale getirilebilmesi için öncelikle tüketicilerin, üreticiler ve tedarikçiler olmak üzere diğer piyasa katılımcılarıyla eşit şartlar altında ve çıkar çatışmasına yol açmayacak şekilde rekabet edebilmesinin sağlanmasına yönelik tedbirlerin alınması gerekmektedir. Sonrasında ise taraflar arası etkileşimin hangi yolla yürütüleceğine karar verilerek en uygun seçeneğin hayata geçirilmesi gerekmektedir [33, 39].

Şekil 3.6'da Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşletmecileri Birliği tarafından talep tarafı katılımına yönelik piyasa altyapısının belirlenmesi için hazırlanan politika rehberinde yer verilen piyasa modelleri verilmektedir [43].



Şekil 3.6 : Uygun Piyasa Yapısının Belirlenmesine İlişkin Adımlar [43].

Şekil 3.6’da yer verildiği üzere, talep tarafı katılımı temel olarak tedarikçi sözleşmeleriyle bütünleşik veya tedarikçi sözleşmelerinden bağımsız olmak üzere iki başlıkta ele alınmaktadır. Bunlar arasında, bütünleşik model değişken tedarik fiyatı ve tedarikçi yük kontrolü şeklinde uygulanabilmektedir. Tedarikçiden bağımsız olan talep tarafı katılımı ise; ikili anlaşma modeli, tedarikçi uzlaşma modeli ve merkezi uzlaştırma modeli olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. Tez çalışmasının bu bölümünde, söz edilen piyasa modelleri detaylı bir biçimde ele alınmaktadır.

3.2.1 Tedarik sözleşmeleriyle bütünleşik talep tarafı katılımı

Bu piyasa modelinde, tedarikçiler, talep tarafı esnekliğinin piyasaya sunulması amacıyla, piyasa işletmecileri ile esnekliğinden faydalanılan tüketiciler arasında aracılık hizmeti görmektedir. Bu çerçevede, ilgili tüketiciler ile tedarikçileri arasında esnekliğin piyasaya sunulması maksadıyla anlaşma yapılmaktadır. Böyle bir anlaşma yapılması halinde, anlaşmaya taraf olan tüketici fatura avantajı sağlarken, anlaşmalı olduğu tedarikçisi de ilgili tüketicinin esnekliği sayesinde kendi portföyünü dengeleme ve söz konusu esneklik üzerinden piyasada gelir elde etme imkânına sahip olacaktır.

Bu modelde, anlaşmaya taraf olan tüketici ve/veya tedarikçi haricinde başka bir piyasa katılımcısı tüketim değişimlerinden etkilenmemekte ve hizmete ilişkin tüm detaylar tedarikçi ile tüketici arasındaki ikili anlaşmada belirlenmektedir. Tedarikçi sözleşmesi ile bütünleşik piyasa modeli; değişken tedarik fiyatı modeli ve tedarik yük kontrol modeli olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilmektedir [43].

(a) Değişken Tedarik Fiyatı Modeli

Değişken tedarik fiyatı modelinde, tüketiciler, tedarikçileri ile arasındaki ikili anlaşmada yer alan ve ilgili tedarikçi tarafından belirlenen kullanım zamanına göre değişken fiyat üzerinden faturalandırılmaktadır. Bu sayede tüketiciler elektrik kullanım miktarlarını, ikili anlaşmada belirlenen fiyatlara göre kendi tercihleri doğrultusunda ayarlayabilmektedir. Tedarik fiyatlarının piyasa fiyatlarına endekslediği gerçek zamanlı tarifelere dayalı modeller ise; sistem ihtiyaçlarını daha doğru yansıtan fiyat sinyalleri sağlamasına karşın; tüketiciler açısından elektriğin referans fiyatı piyasa oluşuncaya dek belirsiz olduğundan daha fazla risk içermektedir. Söz konusu model Avrupa’da en yaygın olarak kullanılan talep tarafı katılımı modeli olmakla beraber; daha ziyade akıllı sayacı bulunan mesken düzeyindeki tüketicilere hitap etmektedir [41, 43].

(b) Tedarikçi Yük Kontrol Modeli

Tedarikçinin yük kontrolü modeli; esnekliğinden faydalanılacak olan tüketici ile tedarikçisi arasındaki mevcut tedarik sözleşmesine eklenen esnekliğe ilişkin hükümler vasıtasıyla ve sözleşmede tanımlanan koşullarla sınırlı olmak kaydıyla tüketicilerin tüketimlerinin tedarikçileri tarafından kontrol edilebilmesini ifade etmektedir. Bu tür uygulamalarda; tüketiciler sözleşmede yer alan şartlar dâhilinde, tüketimlerinin tedarikçileri tarafından kısılmasına rıza göstermektedir [55]. Fakat söz konusu modelde, tedarikçiler, anlaşmalı olduğu tüketicilerin esnekliğini, sistemin ihtiyaçlarından ziyade kendi portföylerini dengelemek veya piyasada elektrik fiyatının yükseldiği dönemlerde söz konusu yüksek fiyatlardan faydalanmak gibi kendi ticari menfaatleri doğrultusunda kullanabilmektedir. Bu tür modeller, daha çok büyük güçlü endüstriyel tüketicilere yönelik uygulanmaktadır [56].

3.2.2 Tedarik sözleşmelerinden bağımsız talep tarafı katılımı

Tedarik sözleşmelerinden bağımsız olarak kurgulanan talep tarafı katılımı uygulamaları, tüketicilerin elektrik piyasalarında doğrudan kendi kayıtlı hesaplarıyla işlem yapması veya kendileri adına piyasada işlem yapmaya yetkilendirdikleri ve tedarikçilerinden

bağımsız olan ve literatürde toplayıcı olarak anılan [57] şirketler üzerinden katılmasını içermektedir.

Öte yandan, tüketicilerin tüketim esnekliklerinin, tedarikçilerinden bağımsız bir piyasa katılımcısı tarafından yönetilebilmesi için; ilgili tedarikçilerin portföyünden toplayıcıların portföyüne transfer edilen enerjinin uzlaştırılması, tedarikçilerin kontrolünden bağımsız olarak portföylerinde yer alan tüketicilerin tüketim değişimlerinden dolayı uğrayabilecekleri dengesizlerin tazmin edilmesi, tedarikçilerin portföyünde yer alan tüketicilerin sağladığı hizmetler konusunda bilgilendirilmesi ve gizlilik olmak üzere dört temel konunun kapsamlı bir biçimde ele alınması gerekmektedir [43].

(i) Enerjinin Tedarikçi Portföyünden Toplayıcı Portföyüne Transferi Konusu

Bir tüketicinin, tüketim esnekliğini piyasaya sunmak üzere tedarikçisinden bağımsız bir toplayıcı şirket ile anlaşması ve söz konusu anlaşma çerçevesinde ilgili toplayıcı tarafından tüketiminin azaltılması halinde, kısılan söz konusu enerji, ilgili tüketicinin tedarikçisinin portföyünden başka bir piyasa oyuncusu olan toplayıcının portföyüne transfer edilmektedir. Bu nedenle; taraflar arası adaleti sağlayabilmek için, portföyündeki tüketicilerin dengesizliklerinden sorumlu olan tedarikçinin, söz konusu enerji transferine karşılık makul bir seviyede ücretlendirilmesi gerekmektedir. Ücretlendirmenin taraflar arası adaletsizliğe yol açmaması için, söz konusu ödemenin, tedarikçinin zarar etmemesini sağlayacak ancak toplayıcıların piyasaya katılımını engelleyebilecek seviyede mali yük oluşturmayacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir [58]. Uygun bir ücretlendirme stratejisi belirlenememesi halinde tedarikçilerin, müşterisi olan tüketicilerin toplayıcıları tarafından piyasada gerçekleştirilen işlemler sonucunda, kendi portföylerinden ilgili toplayıcıların portföyüne transfer edilebilecek enerjiye ilişkin risk maliyetlerini, tüketicilerine uyguladıkları tarife stratejilerine yansıtma ihtimali bulunmaktadır [59].

(ii) Dengeden Sorumlu Tarafın Dengesizlik Riski

Talep tarafı esnekliğinin bağımsız talep toplayıcılar aracılığıyla piyasaya sunulmasındaki bir diğer zorluk ise, hizmete katılan tüketicilerin, tüketim değişimlerinin, ilgili tüketicilerin tedarikçileri açısından dengesizliğe yol açacak olmasıdır. Şöyle ki, bir

tüketicide aralarındaki ikili anlaşma kapsamında elektrik satışı gerçekleştiren bir tedarikçi, kendi kontrolü dışında, başka bir aracı şirket tarafından gerçekleştirilen tüketime değışimleri dolayısıyla öngörülemeyen bir dengesizlik ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle, toplayıcıların tedarikçilerden bağımsız olarak faaliyet gösterdiği piyasa modellerinde, tedarikçilerin talep tarafı katılımı neticesinde oluşan dengesizliklerinin ne şekilde ve kim tarafından tazmin edileceğine ilişkin düzenlemelerin yapılması gerekmektedir [43, 60].

(iii) Dengeden Sorumlu Tarafın/Tedarikçinin Bilgilendirilmesi

Tedarikçilerin, kendi portföyünde yer alan ve bağımsız bir talep toplayıcı vasıtasıyla tüketim esnekliklerini piyasaya sunmak üzere anlaşılan müşterilerinin, bu kapsamda gerçekleştireceğı tüketim değışimlerine ilişkin olarak bilgilendirilmesi, kendi portföylerini dengelemeleri açısından elzemdir. Söz konusu bilgi alışverişı, tedarikçiler nezdinde öngörülemeyen bir dengesizlik maliyetinin ortaya çıkmasının önüne geçebilmektedir [43].

(iv) Gizlilik ve Şeffaflığın Yönetilmesi

Tüketicilerin elektrik piyasalarına katılımının mümkün hale getirilmesi, bağımsız talep toplayıcılar ve tedarikçileri, söz konusu tüketicilerin esneklik potansiyellerinden faydalanma konusunda karşı karşıya getirmektedir. Tedarikçiler, ticari menfaatlerini artırmak ve dengesizliklerini yönetmek için talep tarafı esnekliğinden faydalanmayı isterken; toplayıcılar ise tüketicilerin esnekliği üzerinden piyasalarda ticari faaliyet göstermeyi hedeflemektedir. Toplayıcı şirketler, piyasadaki ticari faaliyetlerini artırmak üzere, tüketicilerin esnek yük potansiyelini belirlemek ve artırmak için çaba sarf ederken; tedarikçilerin toplayıcılar tarafından belirlenerek piyasaya sunulan esneklik potansiyeline ilişkin verileri çaba göstermeksizin toplayıcıdan elde edebilmesi, toplayıcıların ticari menfaatlerini zedeleyebilecektir [43, 56, 61].

Bu itibarla, toplayıcılar tarafından yürütölen işlemlerin belirli bir ölçüde gizlilik çerçevesinde yürütölmesi gerekmektedir [61]. Ancak, bazı süreçlerin şeffaflık ilkeleri çerçevesinde yürütölmesi de piyasa oyuncuları arasındaki rekabeti korumak için önem arz

etmektedir. Bu nedenle, piyasa işlemlerinin, bir piyasa oyuncusunun ilgili piyasadaki mevcudiyetini tehdit etmeyecek düzeyde gizli, fakat piyasa oyuncuları arasındaki rekabeti bozmayacak şekilde şeffaf olarak yürütülmesini sağlamak elzemdir. Gizlilik konusu, tüketici ile anlaşmalı olduğu toplayıcı arasındaki sözleşmenin öncesi ve sonrası olmak üzere iki başlıkta ele alınabilir [43].

1) Sözleşme Öncesi Gizlilik Fazı: Bu aşamada, toplayıcı bir şirket ile esnekliğini piyasalara sunmak üzere anlaşılan bir tüketicinin, tedarikçisini söz konusu durumdan haberdar etmesi gerekmektedir. Öte yandan; ilgili tüketici ve toplayıcısı arasındaki esneklik sözleşmesinin tedarikçinin bir müdahalesi veya dahli olmaksızın gizlilik çerçevesi altında imzalanması sağlanmaktadır.

2) Sözleşme Sonrası Gizlilik Fazı: Bu aşamada, müşterisi olan bir tüketici, toplayıcı bir şirket ile anlaşma yapmış olan bir tedarikçinin, toplayıcı ile arasındaki söz konusu anlaşma kapsamında gerçekleştirdikleri faaliyetlerden (enerji satışı/alışı) haberdar edilmemesi gerekmektedir. Ancak, tedarikçilerin, müşterileri olan tüketicinin sayaç verilerine erişimi mümkün olduğundan; toplayıcı şirketler tarafından ilgili tüketiciler adına piyasalarda yapılan işlemler neticesinde gerçekleşen tüketim değişikliklerinin saklanması ve gizliliğin sağlanması için sayaç verilerinin düzeltilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak hem tedarikçi hem de talep toplayıcı ile ayrı iki sözleşmesi bulunan bir tüketicinin, söz konusu sözleşmeler kapsamındaki sorumluluklarının farkında olması ve her iki sözleşmeye de uygun davranması gerekmektedir. Örneğin; tüketicilerin, tedarikçiler ve toplayıcılar ile imzaladıkları sözleşmelerde belirlenmiş olan şartlar dahilinde, ilgili tarafa gerekli bilgilendirmeleri yapmalarının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Bu çerçevede, ilgili sözleşmeler kurulurken, gizlilik ve bildirim yükümlülüklerinin hangi tarafta olacağı ve buna ilişkin süreçlerin ne şekilde yürütüleceğinin açıkça belirlenmesi gerekmektedir [43, 63].

Tedarikçi sözleşmelerinden ayrıştırılan yani bağımsız toplayıcılar aracılığıyla etkinleştirilen talep tarafı katılımı uygulamaları, zikredilen sorunların çözüme kavuşturulmasını sağlayacak farklı uzlaştırma modellerini içerebilmektedir. Söz konusu modeller, tedarikçi ile toplayıcı arasındaki ikili anlaşmaya dayalı, tedarikçinin tüketiciler

tarafından uzlaştırmaya dayalı veya merkez bir kurum tarafından tedarikçilerin dengesizliklerinin uzlaştırılmasına dayalı olmak üzere üç farklı şekilde kurgulanabilmektedir [43, 62].

(a) İkili Anlaşma Modeli

Bu modelde, talep tarafı esnekliğini piyasaya sunmak isteyen bir tüketicinin, tedarikçisi ile arasındaki enerji satış sözleşmesi veya anlaşmalı olduğu toplayıcı şirket ile arasındaki talep tarafı katılımı sözleşmesi haricinde, ilgili toplayıcı ile tedarikçi arasında ayrı bir sözleşme yapılmasını ifade etmektedir [64]. Bu kapsamda toplayıcılar ve tedarikçiler arasında imzalanan ikili anlaşmalar, bağımsız toplayıcı ile tedarikçi arasındaki “enerji transferi ücretlendirmesini” ve tedarikçilerin ilgili tüketicilerin, toplayıcı şirketler tarafından yönetilen tüketim esneklikleri neticesinde dengesizliğe düşmesi halinde hangi usulle tazmin edileceğini düzenlemektedir. İkili anlaşma modeli bağımsız toplayıcılar için daha az karmaşık bir uygulama vadetmektedir. İkili anlaşma modelinin ekonomik açıdan verimliliği ise anlaşmaların içeriğine bağlı olmakla birlikte; adil bir çözüm seçeneği sunmaktadır [42, 56].

Öte yandan, bu tür uygulamalarda; tedarikçilerin toplayıcılar ile ikili anlaşma imzalamayı reddetmesi veya ücretlendirme konusunda anlaşamaması halinde tedarikçilerin tüketicilerin esnekliklerinin piyasaya sunulması hususunda engel oluşturması riskini taşımaktadır. Nitekim AB ülkelerinde yaşanan deneyimler, ikili anlaşma modelinin talep tarafı katılımını zorlaştırdığını ortaya koyduğundan, AB tarafından yayımlanan Tüm Avrupalılar için Temiz Enerji yasa paketi kapsamında ilgili direktifler ile getirilen yeni düzenlemeler, toplayıcıların tedarikçiler ile ikili anlaşmaya zorlanmamasını içermektedir [65]. Bu nedenle talep tarafı katılımı için ikili anlaşma modelinin kullanılması halinde; düzenleyici kurumlar tarafından tip sözleşmelerin oluşturulması ve sözleşme süreçlerinin takip edilmesi gerekmektedir [59].

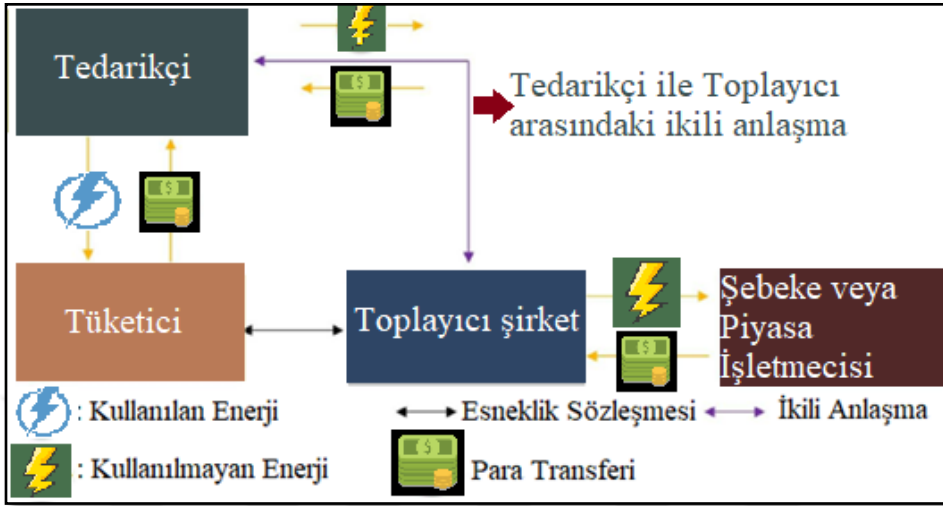
İkili anlaşma modeli ile talep tarafı katılım hizmeti sağlayan tüketiciler; bağımsız toplayıcılar ile imzaladıkları esneklik sözleşmeleri kapsamındaki talimatlara göre tüketimlerini değiştirmekte ve tedarikçileri tarafından fiili olarak tükettikleri enerji için faturalandırılmaktadır. Talep toplayıcılar tüketicilerin tüketim esnekliğini; tüketiciler ile

aralarındaki esneklik sözleşmesi hükümleri kapsamında, gün öncesi, gün içi, dengeleme veya yan hizmetler piyasası gibi organize toptan satış piyasalarına teklif edebilmektedir. Diğer bir ifadeyle bağımsız talep toplayıcılar; tüketicilerin tüketmekten vazgeçtiği enerjiyi elektrik piyasalarında şebeke işletmecisine veya piyasa işletmecisine sunarak ticaret yapabilmektedir [57, 61].

İkili anlaşma modeli, bir toplayıcı şirketin, esnekliğinin ticaretine aracı olmak üzere anlaştığı tüketicinin tedarikçisinden, kullanacağı esnekliğe karşılık gelen enerji miktarını ve buna ilişkin dengesizlik risklerini satın alması olarak da özetlenebilir [55]. Dolayısıyla söz konusu anlaşmalarda, söz konusu esnek enerji miktarının hangi fiyat üzerinden ve hangi koşullarda ücretlendirileceği üzerine anlaşılmaktadır. Bu sayede, tedarikçinin, öngörülemeyen dengesizlik fiyatlarına maruz kalmasının önlenmesi amaçlanmaktadır.

İkili anlaşma modeli ile tedarikçileri tazmin etmesi öngörülen talep toplayıcıların; tüketiciler ile esneklik sözleşmesi yaparak talep tarafı katılımı hizmeti vermesi için; piyasalara sunduğu hizmet karşılığında tedarikçilerden satın almış olduğu enerjinin maliyetini karşılayacak ve kar edecek düzeyde ödeme alması gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle; talep toplayıcıların tüketicilerin esnekliğini piyasaya sunmaya aracı olmasını teşvik etmek için; elektrik piyasalarına sunulan esnekliğin fiyatının, tedarikçiden söz konusu esnekliği sağlamak üzere satın alınan enerjinin fiyatından yüksek olması gerekmektedir. İkili anlaşma modeli kapsamında taraflar arası anlaşma, enerji transferi ve para transferine ilişkin ilişkiler Şekil 3.7’de gösterilmektedir [56].

Bu modelin uygulanması halinde, taraflar arasındaki enerji transferi ve dengesizliklerin tazmin edilmesi hususlarının adil bir biçimde düzenlenmesi için genellikle enerjinin piyasadaki referans fiyatı üzerinden uzlaştırma tercih edilmektedir. Tüketicilerin tüketim esnekliklerinin, toplayıcılar aracılığıyla piyasaya sunulması ve planlanan tüketim miktarlarının gerçek zamanda değişmesi halinde ilgili tedarikçilerin portföylerinde oluşacak dengesizliklerin mali sorumluluğunun, taraflar arasında kurulan ikili anlaşma ile anlaşmaya taraf olan tedarikçilerden ilgili toplayıcılara devri de sıklıkla tercih edilmektedir [61].



Şekil 3.7 : İkili Anlaşma Modelinde Piyasa Tarafları Arasındaki İlişkiler [43].

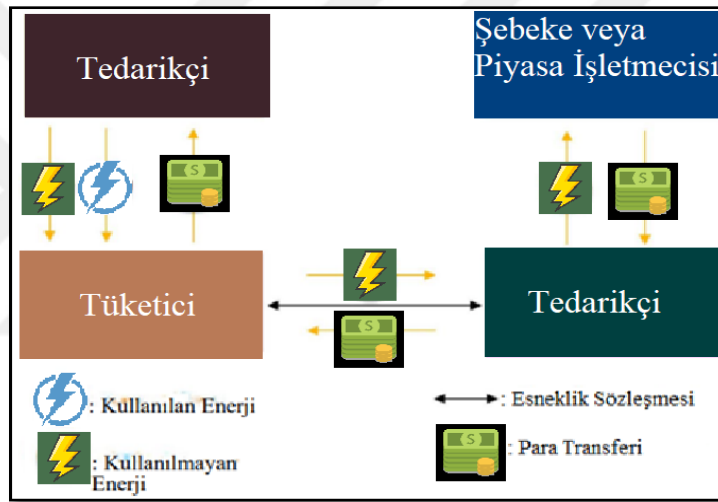
Her halükârda, bu modelin uygulanması sonucunda tedarikçilerin toplayıcı ile arasındaki ikili anlaşmadan kar etmeyi amaçlamaması ve elde edilen kar miktarının tüketici ile toplayıcı arasında, anlaştıkları oranda dağıtılması beklenmektedir. Bazı durumlarda toplayıcı ve tedarikçinin arasındaki ikili anlaşmaya göre tedarikçinin kar ettiği durumlar olabilir; ancak burada gözetilmesi gereken ilke tedarikçilerin talep tarafı katılımı hizmetinden menfaat elde etmesi değil zarar etmemesidir. Söz konusu hizmetin maliyeti ise tüketim esnekliğinin hizmete sunulduğu piyasayı işleten piyasa işletmecisi veya şebeke hizmetini satın alan sistem işletmecisi tarafından karşılanmaktadır [43].

(b) Tedarikçi Uzlaştırma Modeli

Tedarikçi uzlaştırma modelinde, ikili anlaşma modelinin aksine, tüketicilerin talep tarafı katılımı programlarına katılmak üzere anlaştığı toplayıcılar ile ilgili tüketicilerin tedarikçileri arasında bir anlaşma kurulmamaktadır. Bu modelin uygulandığı talep tarafı katılımı programları kapsamında, tedarikçiler; esnekliklerini piyasaya sunmak üzere toplayıcı şirketler ile anlaşma yapan müşterilerine, gerçekleşen tüketim miktarlarına göre değil de satmayı öngördüğü tüketim değerine göre faturalama yapmakta, böylelikle gerçek zamanda tüketicilerin tüketim miktarları değiştiği için dengesizliğe düşse dahi söz konusu dengesizliğin bedelini tüketicisinden mahsup etmiş olmaktadır [43, 56]. Öte yandan, böylesi bir durumda tüketmediği bir enerji için tedarikçisinin dengesizlik maliyetini

ödemeye katlanan bir tüketicinin, esnekliğini piyasaya sunmaya razı olması için, toplayıcısından yeterli düzeyde teşvik ödemesi alması gerekmektedir [66].

Bu çerçevede, tüketiciler için talep tarafı katılımı programlarını cazip hale getirmek için, toplayıcı ile tüketici arasında kurulan esneklik sözleşmesinde makul bir ödeme metodolojisine yer verilmesi önem arz etmektedir. Tedarikçi uzlaştırma modeli kapsamında taraflar arası anlaşma, enerji transferi ve para transferine ilişkin durum Şekil 3.8’de gösterilmektedir [43].



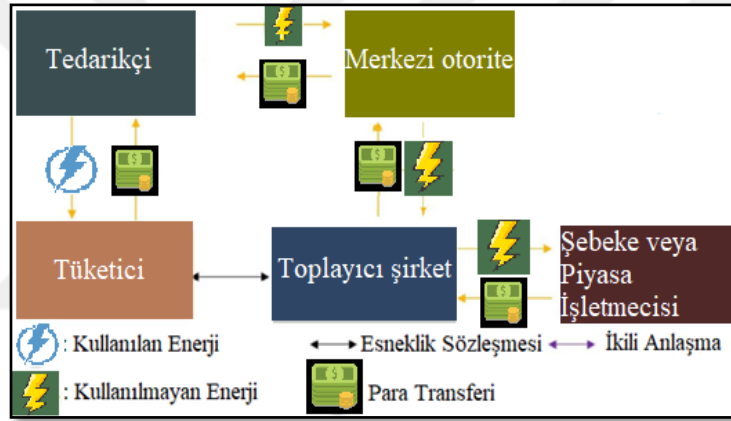
Şekil 3.8 : Tedarikçi Uzlaştırma Modeli Taraflar Arası İlişkiler [43].

(c) Merkezi Uzlaştırma Modeli

Merkezi uzlaştırma modelinde de tedarikçi uzlaştırma modeline benzer şekilde, esnekliğini piyasaya sunmak isteyen bir tüketicinin, tedarikçisi ile kendisi adına işlem yapmaya yetkilendirdiği toplayıcı şirket arasında ayrı bir anlaşmaya gerek duyulmamaktadır. Ancak, tedarikçi uzlaştırma modelinin aksine, tüketicilerin toplayıcı ile anlaşması kapsamında gerçekleştirdikleri tüketim değişimleri nedeniyle dengesizliğe düşecek tedarikçilerini uzlaştırmasına gerek yoktur [43, 56].

Bu modelde, portföyünde yer alan bir tüketicinin talep tarafı katılımı programı kapsamında hizmet vermesinden ötürü dengesizliğe düşen bir tedarikçinin uğradığı zarar, toplayıcı tarafından, merkezi bir otorite tarafınca belirlenmiş bir fiyat üzerinden tazmin

edilmektedir. Söz konusu merkezi otorite, talep tarafı esnekliğinden faydalanan taraf olan dağıtım sistemi işletmecisi, iletim sistemi işletmecisi, piyasa işletmecisi ya da düzenleyici kurum, ilgili bakanlık ve benzeri bir kamu otoritesi olabilmektedir. Her halükârda, bu kapsamda belirlenecek birim uzlaştırma fiyatının, piyasadaki rekabet koşullarını bozmayacak şekilde düzenlenmesi için, tarafsız olan düzenleyici otoritelerin fiyat belirleme metodolojisine onay vermesi önem arz etmektedir. Bu model için, taraflar arası anlaşma, enerji transferi ve para transferine ilişkin pozisyon Şekil 3.9’da gösterilmektedir [43].



Şekil 3.9 : Merkezi Uzlaştırma Modeli Taraflar Arası İlişkiler [43].

Merkezi uzlaştırma modeli, toplayıcılara, tedarikçiler ile ikili anlaşma yapma zorunluluğu yüklediğinden, tüketiciyle olan ikili anlaşmasının ve bu kapsamda piyasada yürüteceği faaliyetlerin gizliliği açısından avantaj sunmaktadır.

3.2.3 Toplayıcı modeli ve toplayıcıların talep tarafı katılımındaki rolü

Günümüzde dağıtık enerji kaynaklarının yaygınlaşmasıyla birlikte geleneksel elektrik sistemlerindeki pasif tüketicilerin yerini, dilimizde “üreten tüketici” ya da “tüketici” olarak anılan ve sahip olduğu dağıtık enerji kaynağı sayesinde tüketiceği enerjiyi üretebilen, fazlasını şebekeye verebilen ya da depolayabilen tüketiciler almaktadır. Literatürde üreten tüketicilere ilişkin pek çok tanım bulunmakla birlikte günümüz için ihtiyaç duyulan şebeke anlayışında üreten tüketicilerin “esnek yüklerini planlayabilen ve şebeke işlemini

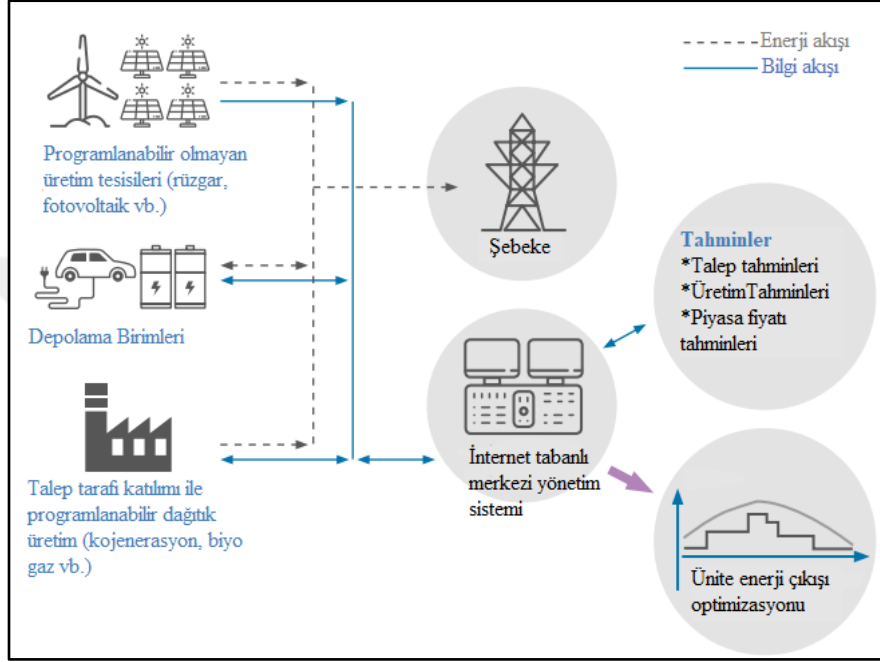
doğrudan etkilemesi nedeniyle enerji kullanımlarını izleyen ve buna ilişkin verileri paylaşan tüketiciler” olması hedeflenmektedir [67].

Öte yandan, söz konusu yeni nesil tüketicilerin spot elektrik piyasalarına ve şebeke hizmetlerine erişimi, halen daha pek çok ülkede, mevcut piyasa yapısı ve işleyişinden kaynaklanan zorluklar nedeniyle kısıtlı olmaktadır [68]. Bilhassa, küçük ölçekli tüketicilerin, tek başına piyasaya sunabileceği esnekliğin büyüklüğü ve sisteme etkisi göz ardı edilebilecek düzeyde olduğundan; piyasalara katılmaları için gerekli işletme ve iletişim altyapısının karmaşıklığı veya maliyeti potansiyel faydalarının önüne geçmektedir. Dahası, piyasadaki fiyat dalgalanmaları küçük ölçekteki piyasa oyuncuları için ciddi finansal riskler oluşturmaktadır [69].

Bu nedenle söz konusu şebeke kullanıcıları esnekliklerini planlayabilmesine karşın piyasalara tek başına katılma yeterlilikleri bulunmamakta ve esneklik potansiyelini kullanmak için piyasaya erişimi olan bir aracıya ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle çok sayıda küçük ölçekli kullanıcının tek bir havuzda toplanarak yönetilmesi ve elde edilen kapasite üzerinden büyük hacimde piyasa işlemi gerçekleştirilmesine dayalı işletme modelleri ortaya çıkmıştır [70]. Literatürde toplayıcılık ya da sanal enerji santrallerinin işletilmesi olarak nitelendirilen söz konusu işletme modelleri sayesinde, piyasadaki işlem maliyetlerinin kullanıcılara düşen payı azaltılmakta ve piyasadaki fiyat dalgalanmalarıyla başa çıkılabilmektedir [69].

Sanal enerji santrali yaklaşımı 1997 yılında Dr. Simon Awerbuch tarafından yayımlanan Sanal İşletme tanımından türetilmiştir [71]. Literatürde buna ilişkin pek çok tanımlama yer almakla birlikte, toplayıcılık faaliyeti, tüketim ölçeği ve tüketim profilleri değişen çok sayıda kullanıcının ortak bir havuzda birleştirilmesiyle elde edilen büyük bir esneklik kaynağının tek elden yönetilerek enerji piyasalarında tekil bir enerji kaynağı (konvansiyonel santral) gibi hizmet vermesini sağlayan bir işletme modelini ifade etmektedir [69, 72]. Toplayıcıların farklı kullanıcı gruplarını bir arada işlettiği modellerin yanı sıra; talep toplayıcılar gibi yalnızca tek bir kullanıcı grubunu kapsayan modeller de düzenlenebilmektedir. Toplayıcı modeli; esnekliklerini piyasaya doğrudan sunma kabiliyeti olmayan küçük ölçekli tüketiciler için talep tarafı katılımı hizmeti kapsamında

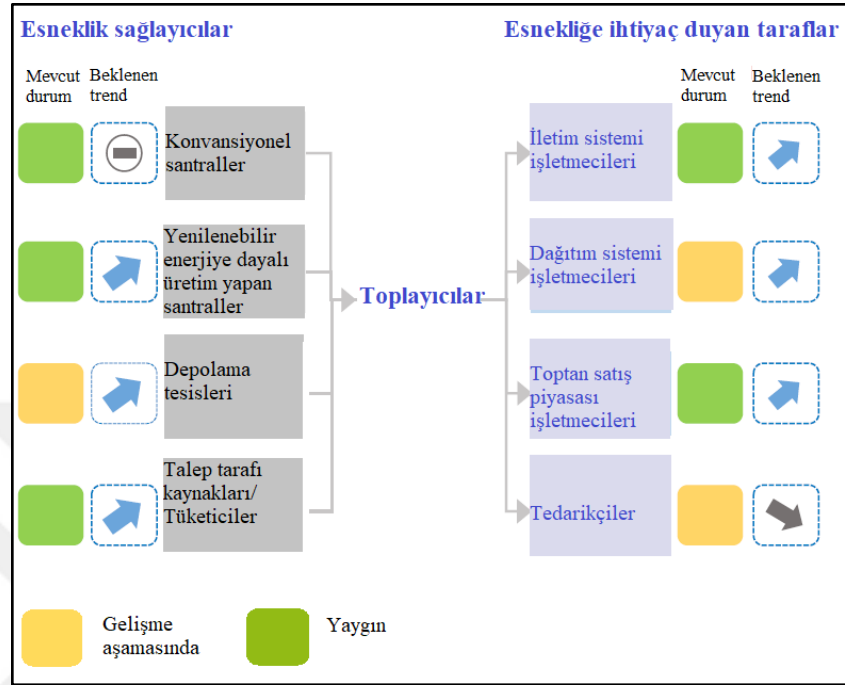
piyasalara erişim imkânı sunmaktadır [73]. Şekil 3.10’da toplayıcı modelinin çalışma prensibi görülmektedir.



Şekil 3.10 : Toplayıcı (Sanal Enerji) Santralinin Çalışma Prensibi [73].

Toplayıcı modeli, talep esnekliğini piyasaya sunmak isteyen ancak piyasa kurallarına, piyasalarda kayıt ve işlem süreçlerine, hizmetlere ilişkin ön yeterlilik almaya hakim olmayan, piyasalara katılım için gerekli altyapıların tesis edilmesine finansman sağlayamayan veya piyasalarda ticarete ilişkin riskleri tek başına yönetmekten çekinen tüketiciler için söz konusu caydırıcı faktörleri ortadan kaldırması ve finansal menfaat sağlaması bakımından talep esnekliğinin piyasalarda etkinleştirilmesi için kritik öneme sahiptir. Toplayıcıların sahip olduğu enerji yönetim altyapısı; dağıtık enerji kaynakları için üretim tahminlerini, toptan satış piyasalarındaki elektrik fiyatlarını ve sistemdeki arz talep dengesine ilişkin verileri bir arada değerlendirmeye imkan sağlamaktadır. Böylelikle; söz konusu sanal enerji kaynağı, toplayıcı tarafından optimum düzeyde işletilebilmektedir [74].

Şekil 3.11’de toplayıcıların taraflar arasındaki aracı konumu ve söz konusu modelin gelişmişlik düzeyi gösterilmektedir.

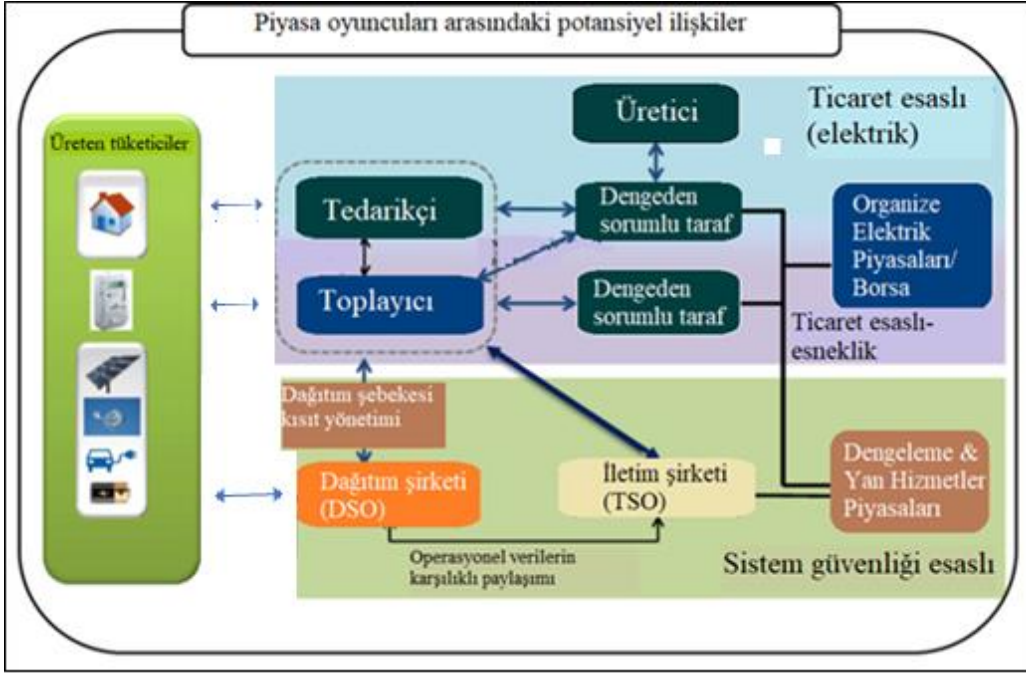


Şekil 3.11 : Toplayıcıların Talep Tarafı Esnekliğindeki Aracı Pozisyonu.

Şekil 3.11’den de görüldüğü üzere toplayıcı modeli hali hazırda talep tarafı esnekliğinde yaygın olarak kullanılmakla beraber, toplayıcılar tarafından sağlanan hizmetler şebeke işletmecilerine veya piyasalara sunulmaktadır. Toplayıcıların portföyündeki tüketicilerin esnekliğini dağıtım şirketlerine sunduğu modeller ise henüz gelişme aşamasındadır [57].

Toplayıcı rolü bağımsız, tez çalışmasının önceki bölümlerinde detayları tanımlandığı gibi, tedarik şirketlerinden bağımsız olarak tanımlanabilmekle beraber piyasada var olan tedarikçiler tarafından da üstlenilebilmektedir. Literatürde; tüketicilerin dengesizliklerinden sorumlu olan tedarikçilerin toplayıcı görevi üstlenmesi gerektiğini savunan bazı görüşler bulunmaktadır. Öte yandan piyasadaki asıl rolü tüketicilere enerji temin etmek olan tedarikçilerin, portföylerinde yer alan tüketicilerin tüketmekten vazgeçtiği enerjiyi piyasaya sunmasının çıkar çakışmasına yol açacağı ileri sürülmektedir [60, 61]. Bu nedenle çoğu ülkede; talep tarafı esnekliğinin piyasadaki gerçek değerinin ortaya çıkması bakımından hizmetin elektrik satışından ayrıştırılması ve bağımsız toplayıcılar tarafından verilmesine yönelik düzenlemeler hayata geçirilmektedir [39].

Şekil 3.12’de toplayıcı ve tedarikçi başta olmak üzere, esnekliğin piyasa işletmecilerine ticaret esaslı olarak veya şebeke işletmecilerine arz güvenliği esas olarak sunulmasına ilişkin süreçte, hizmetin sağlayıcısı, aracısı ve alıcısı olan taraflar arasındaki ilişkilere yer verilmektedir.



Şekil 3.12 : Esnekliğin hayata geçirilmesine ilişkin süreçte taraflar arası ilişkilere ilişkin şematik gösterim [62].

Şekil 3.12’deki şemada da görüldüğü üzere toplayıcılar, esnekliğe sahip tüketiciler ile organize elektrik piyasalarını işleten piyasa işletmecileri veya dengeleme, yan hizmetler ve kısıt yönetimine ilişkin hizmetlerin tedarik sürecini yürüten sistem işletmecileri arasında esnekliğin transfer edilmesine aracılık etmektedir.

Sonuç olarak, toplayıcılar sahip oldukları bilgi teknolojileri altyapıları ve iş zekasına dayalı yönetim sistemleri sayesinde, portföylerinde yer alan ve esnekliklerini piyasalarda satmak isteyen tüketicilere, daha düşük birim işlem maliyeti, azaltılmış günlük operasyon yükü ve mali risk yönetimi gibi çok sayıda avantaj sağlamaktadır [70, 71].

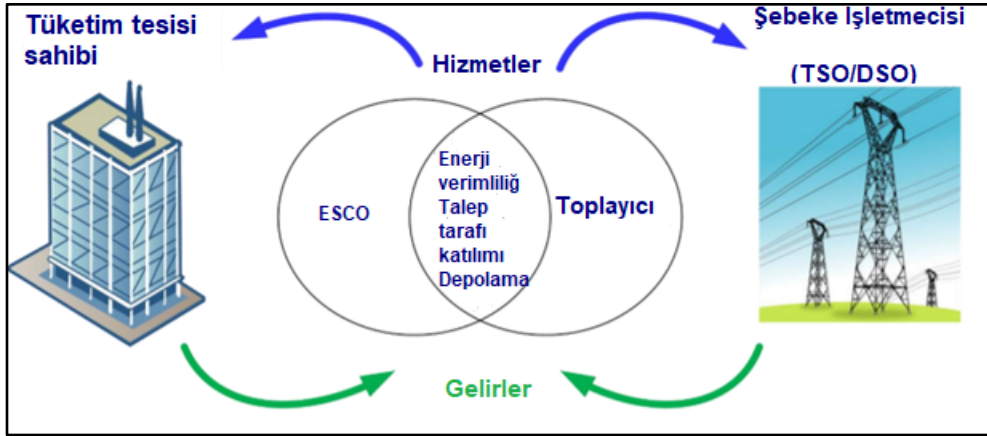
3.2.4 Enerji hizmetleri modeli

Özellikle son yıllarda, enerji sektörü hızla dijitalleşmekte ve bu durum şebeke kullanıcılarına enerji analizörü ve/veya akıllı sayaçlar vasıtasıyla şebeke ile enerji alışverişlerini kontrol edebilme imkanı sunmaktadır. Bu sayede, tüketim esnekliğini piyasaya sunmak ve söz konusu esneklikten gelir elde etmek isteyen tüketiciler de ilave yatırım ihtiyacı olmaksızın tüketimlerini yönetebilmektedir.

Bu çerçevede, tüketimleri şebekenin mevcut altyapısı dahilinde izlenebilir olan ve piyasalara erişmek isteyen, ancak, piyasa kurallarına aşina olmayan ya da piyasa işlemleri ile uğraşmak istemeyen tüketicilere danışmanlık hizmeti sağlamak üzere tasarlanan ve literatürde “Energy as a Service Model” olarak anılan ve “Enerji Hizmetleri Modeli” şeklinde dilimize çevrilebilecek olan ve bu alanda faaliyet gösteren danışman şirketler (Energy Service Companies-ESCO) tarafından yürütülen yeni iş modelleri geliştirilmeye başlanmıştır [75, 76].

Söz konusu modeller; tüketicilerin bir danışman firma ile anlaşarak çeşitli enerji hizmetlerini satın almasına dayanmaktadır. Bu kapsamdaki hizmetler; elektrik faturalarının ödenmesinden, yatırım finansmanı desteği sağlanmasına, yatırım ortaklığına, esnekliğin piyasalara sunulması için toplayıcı olarak aracılık edilmesine, tüketici adına enerji tedarik edilmesine kadar çeşitli alanlardaki destekleri içerebilmektedir [76]. Diğer bir ifadeyle söz konusu modeller, toplayıcı ve tedarikçi rolünün yanı sıra, enerji verimliliği danışmanlığı hizmetlerini de içerebildiğinden daha kapsamlı bir hizmet modeline karşılık gelmektedir [77].

AB finansmanlı NOVICE projesi kapsamında, Toplayıcı modeli ile Enerji Hizmeti Sağlayıcısı olan şirketlerin (ESCO) birleştirilmesi ya da toplayıcı ve ESCO arasında ikili anlaşma yapılması yoluyla, enerji verimliliği danışmanlığı kapsamında talep tarafı katılımı programlarının teşvik edilmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir [78]. Bu çerçevede ESCO ve toplayıcı şirketler arasındaki potansiyel etkileşimler Şekil 3.13’de görülmektedir.



Şekil 3.13 : Esco Ve Toplayıcı Modeli Arasındaki Olası Etkileşimler [79].

Şekil 3.13'te görüldüğü üzere, ESCO'ların tüketicilerin talep tarafı katılımı programlarına erişimi için, toplayıcılık hizmeti vermesi veya anlaşmalı olduğu toplayıcılar üzerinden tüketicilerin talep tarafı programlarına erişmesini sağlaması mümkün olabilir.

Bu tür danışmanlık destekleri sayesinde, tüketiciler ilave yatırım yapmaksızın veya zahmete girmeksizin enerji tasarrufu sağlama fırsatı yakalamaktadır. Bu kapsamda tüketici ve danışman şirket arasında kurulan bir anlaşmada, tasarruf hedefleri belirlenebilmekte ve söz konusu hedeflere ulaşılması halinde, ilgili tüketiciler tarafından, anlaşmalı oldukları danışman şirketlere ödeme yapılabilmektedir. Genellikle enerji verimliliği programları kapsamında uygulanan söz konusu modeller talep tarafı katılımı için toplayıcılık hizmetlerini de içerebilmektedir [77-79].

Bu çerçevede, enerji danışmanlığı sağlayan şirketler, müşteri portföylerinde yer alan tüketicilerin sahip olduğu ve uzaktan kontrol edilebilme özelliği bulunan akıllı cihazları, sahip oldukları otomasyon sistemleri sayesinde uzaktan kumanda edebilmekte ve ilgili tüketicilerin şebekedeki puant talep saatlerindeki tüketim miktarlarını, kullanıcıların konforunu etkilemeksizin düşürebilmektedir. Akıllı ev aletleri, evsel tüketiciler için güvenlik ve uzaktan izleme gibi imkanların yanı sıra tüketimlerini kontrol etmek için de fırsat yaratmaktadır. Bu tür bir danışmanlık hizmeti konut seviyesindeki tüketiciler dahil olmak üzere tüm tüketici gruplarını kapsayabilecek şekilde uygulanabilmektedir. Öte yandan, yüksek tüketimi olan endüstriyel ve ticari tüketiciler veya çok sayıda ticari

işletmenin yer aldığı organize sanayi bölgeleri, esneklik potansiyeli bakımından bu tür hizmetler kapsamında değerlendirilmeye daha uygun olmaktadır [77-79].

ABD merkezli olan ve enerji sektöründe danışman olarak faaliyet gösteren STEM şirketi; danışmanlık hizmeti sağladığı tüketicilerin puant yük saatlerindeki tüketimlerini, kendisine ait batarya sistemlerinde depoladığı enerji sayesinde yönetmektedir. Şöyle ki, puant yük saatlerinde söz konusu tüketicilerin şebekeden çektiği enerjiyi azaltarak kendi batarya sisteminden beslenmesini sağlayabilmektedir. Böylelikle, tüketicilerin faturalarının azaltılmasının yanı sıra sistem işletmecilerine puant yük yönetimi konusunda destek verilmektedir. Şirket söz konusu işlemin gerçekleştirileceği zamanı ise bulut tabanlı analitik bir sistem üzerinden belirlemektedir [80]. Şirket ayrıca enerji tüketim giderlerini kontrol etmek ve enerji tüketimini yönetmek için de yapay zeka teknolojilerinden faydalanmaktadır. Bu kapsamda daha ziyade büyük güçlü ticari ve endüstriyel tüketicilere hizmet verilmektedir [81].

Avrupa menşeli bir enerji şirketi olan E.O.N. tarafından ABD’li STEM şirketine benzer şekilde batarya hizmeti modeli (Battery as a service) uygulanmaktadır. Bu kapsamda, şirket ile anlaşması olan tüketiciler, kendi tesislerinde yatırım yapmaksızın, şirkete ait olan depolama sisteminin kapasitesini kullanarak, düşük talep zamanlarında enerji depolayabilmekte ve talep yüksek iken de ihtiyaç duyduğu enerjiyi söz konusu depolama tesisinden sağlayabilmektedir. EON da tıpkı ABD’deki STEM şirketi gibi bulut tabanlı bir enerji yönetim sistemi kullanmaktadır. Şirket portföyünde genellikle kendi güneş enerjisi sistemlerine sahip olan üreten tüketiciler yer almakta olup, söz konusu tüketicilerin üretim fazlası enerjisi depolanarak, danışman şirketin portföyünde yer alan tüketiciler tarafından ihtiyaç duyulduğunda kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Söz konusu sistem sayesinde tüketiciler pik saatlerde uygulanan yüksek tarifelere maruz kalmaktan kurtulmakta ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Şirket verilerine göre; Almanya’da 1,6 milyon güneş enerjisi tesisi sahibi şebeke kullanıcısı sisteme dâhil durumdadır [82].

Son olarak, İngiltere’de *PassivSystems* şirketi, konut düzeyindeki tüketicilerin ısı pompası ve benzeri yüklerini, uzaktan izlenebilen ve kumanda edilebilen akıllı teknolojiler

sayesinde, şirkete ait merkezi bir platform vasıtasıyla yönetebilmektedir. Bu sayede şirket tarafından portföyünde yer alan tüketicilerin toplam tüketim esneklikleri şirket tarafından talep tarafi katılımı programları kapsamında hizmet olarak sunulmakta ve şebeke işletmecileri ya da tarifeler üzerinden teşvik edilmektedir [83]



4. TALEP TARAfi KATILIMINDA YURTDIŖI UYGULAMALARI

Geleneksel enerji sistemlerinde enerji üretimi büyük ölçüde kaynak bakımından belirsizlik içermeyen ve üretim miktarları programlanabilir olan konvansiyonel santrallere dayalı olduğundan; sistemdeki beklenmedik durumlar, üretim tesislerinin sistemden kopması ya da talep tahminlerindeki sapmalar ile sınırlı olmaktaydı. Bugün ise 2050 yılına ilişkin sıfır karbonlu elektrik üretimine ilişkin koyulan hedefler çerçevesinde, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin payının artmasıyla birlikte, söz konusu kaynakların üretim tahminlerindeki sapmalar, şebekelerdeki belirsizliği giderek artırmakta ve şebekedeki arz ve talebin dengelenmesi için daha fazla esnekliğe ihtiyaç duyulmaktadır [84]. Örneğin AB’nde 2021 yılında enerji karışımındaki payı %29 seviyesinde olan söz konusu kaynakların payının 2030 yılı itibarıyla %60’ın üzerine çıkartılması ve 2050 yılı senaryosuna göre elektrik üretiminin tamamen bu kaynaklardan karşılanması amaçlanmaktadır [85].

Söz konusu temiz enerji üretimine geçiş sürecinde sistemin esneklik ihtiyacının artmasına karşılık, sistemde termik üretim kaynaklarına dayalı kapasite de azaltıldığından, yeni esneklik araçlarının hızla devreye alınması gerekmektedir. Nitekim Almanya, İspanya, Fransa, Şili ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) gibi pek çok ülkede, geleneksel esneklik kaynağı olan termik santraller devre dışı bırakılmakta ve söz konusu kaynaklardan sağlanan rezerv ihtiyacının alternatif çözümler ile elde edilmesi gerekmektedir. Öte yandan, elektrik sistemlerinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim olmak üzere tüm seviyelerinde dijital teknolojilerin yaygınlaşması tüketicilerin enerjilerini yönetebilmesine olanak sağlamakta ve talep tarafı esnekliğinin gelişimine ivme kazandırmaktadır. Bu itibarla, elektrik şebekelerinde arz güvenliğini korumak için yeterli esnekliği sağlamak üzere, özellikle ekonomik açıdan gelişmiş ülkelerde, talep tarafı katılımı yeni esneklik kaynakları arasında öne çıkmaktadır [85]. Tez çalışmasının bu

bölümünde, talep tarafı esnekliğinden faydalanma konusunda ileri gelen ülkelerde talep tarafı katılımını etkinleştirmeye dayalı program ve politikalar ele alınmaktadır.

4.1 Talep Tarafı Esnekliğinin Küresel Düzeyde Gelişimi

Modern enerji sistemlerinde dijitalleşme sürecinin ilk ve en önemli parçasını akıllı şebekeler oluşturmaktadır. Akıllı bir şebeke, sürdürülebilir, ekonomik ve güvenli enerji arzı sağlamak üzere tüketiciler, üreticiler ve diğerleri olmak üzere tüm şebeke kullanıcılarının faaliyetlerinin şebekeye akıllı bir biçimde entegre edilmesini sağlayan bir şebeke altyapısını ifade etmektedir [86]

Akıllı sayaçlar, tüketicilere tüketimlerini izleme imkânı tanınması sayesinde tüketim esnekliklerinin belirlenmesi ve yönetilmesi hususunda etkili olmakta ve talep tarafı esnekliğinden sistem ihtiyaçları doğrultusunda faydalanılması için katalizör işlevi görmektedir. Sosyal refah düzeyi bakımından gelişmiş ülkelerde, talep tarafı katılımı uygulamaları akıllı sayaçların yaygınlaşmasıyla paralel olarak yürütülmektedir. Örneğin, İngiltere’de elektrik piyasalarının düzenlenmesinden sorumlu olan; Gaz ve Elektrik Piyasaları Kurumu’nun (Ofgem) 2017 yılında yayımlayarak 2018 yılının ekim ayında revize ettiği “Akıllı Şebekeler ve Esneklik Planı” kapsamında akıllı şebeke teknolojilerinin önündeki engellerin kaldırılmasına ve esneklik kaynakları için bir piyasa oluşturulmasına yer vermektedir [87].

Talep tarafı katılımı, tez çalışmasının ilgili bölümlerinde detaylı bir biçimde yer verildiği üzere farklı program türleri üzerinden etkinleştirilebilmektedir. Bu kapsamda, dünya genelinde en yaygın olan uygulama türünün tüketimleri yüksek olan ve sanayi sınıfında yer alan tüketicilere uygulanan kısılabilir yük programları olduğu görülmektedir. Öte yandan, bazı bölgelerde talep tarafı esnekliği, kapasite piyasalarında veya organize toptan satış piyasalarında işlem görmektedir. Bunun yanı sıra, ABD, Avrupa Birliği (AB) Ülkeleri, İngiltere ve Avustralya gibi ülkelerde olduğu gibi, talep tarafı esnekliğinden toplayıcılar vasıtasıyla yan hizmetler piyasasında frekans kontrolü hizmetlerinde faydalanılabilmektedir [85].

AB ülkeleri arasında, elektrik sektöründeki talep tarafı katılımı uygulamaları bakımından Fransa önde gelmekteyken [39]; ABD’de uzun yıllardır tarifeler üzerinden uygulanmakta olan örtülü talep tarafı katılımı programlarının yanı sıra, 2000’li yıllardan itibaren öne çıkan doğrudan teşvike dayalı talep tarafı katılımı programlarının yarattığı esneklik potansiyeli günümüzde dikkat çekmektedir [34, 42]. Birleşik Krallık da Avrupa ülkeleri arasında talep tarafı kaynaklarının doğrudan veya toplayıcılar vasıtasıyla organize elektrik piyasalarına ve yan hizmetlere katılabildiği ülkeler arasında yer almaktadır [39].

4.2 AB Üye Ülkelerinde Talep Tarafı Katılımı

Esneklik hizmetlerinin AB piyasalarındaki yeri incelendiğinde esnekliğin farklı piyasalarda ticarete konu edilebildiği görülmektedir. Söz konusu piyasalar gün öncesi ve gün içi piyasaları olmak üzere spot piyasaları, dengeleme, dengesizlik ve yan hizmetler piyasaları gibi gerçek zamanlı dengeleme maksadıyla işletilen piyasaları ve kapasite piyasasını kapsamaktadır. Esneklik hizmetlerinin bir ülkede elektrik piyasalarındaki aktiflik derecesi piyasalara erişimine ve toplayıcıların varlığına göre değişmektedir. Yine piyasa bazında esneklik kaynaklarının erişimi farklı olabilmekte ve toplayıcıların erişim durumu piyasa bazında değişebilmektedir.

4.2.1 AB’nde talep tarafı katılımı

Bu başlıkta, AB ülkelerinde talep tarafı esnekliğinin gelişimi, ilgili AB mevzuatına değinmek suretiyle, sırasıyla organize toptan piyasalara erişim açısından, yan hizmetlerde tüketim esnekliğinin payı bakımından ve esneklik hizmeti sağlayabilen talep tarafı kaynakları bakımından olmak üzere üç temel konuda incelenmiştir. Bu çerçevede, AB genelinde talep tarafı kaynaklarının piyasalara entegrasyonu ve söz konusu kaynakların geleneksel esneklik kaynakları ile rekabet etme potansiyeli ele alınmaktadır.

AB ülkelerinde talep tarafı esnekliğinin organize elektrik piyasalarına erişimi gün öncesi ve gün içi piyasaları içeren spot elektrik piyasaları, yan hizmetler, dengeleme piyasaları,

dengeşizlik piyasalarını ve kapasite mekanizmalarını⁷ kapsayabilmektedir. Öte yandan, üye devletlerin iç elektrik piyasalarındaki mevcut düzenlemeler, talep tarafı kaynaklarının piyasalara erişimi konusunda farklı uygulamaları içermektedir. Örneğin Fransa, İtalya ve İrlanda gibi ölkelerde talep tarafı kaynaklarının kapasite piyasalarına erişimi mümkün iken Belçika’da talep tarafı kaynakları için ayrı bir Stratejik Yedek mekanizması işletilmektedir [39, 64, 89]. Yine toplayıcılar üzerinden piyasaya erişim şartları da ölkeden ölkeye değışebilmektedir.

Avrupa Birliğı tarafından 2019 yılında yayımlanan Tüm Avrupalılar için Temiz Enerji Yasa Paketi [65] kapsamında, yenilenebilir enerjinin şebekeye entegrasyonu önceliğinde getirilen yenilikler ile birlikte Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanan Elektrik İç Piyasaları Direktifinde [88] talep tarafı katılımına ilişkin üye devletler tarafından yapılacak düzenlemelere ışık tutulmaktadır. Direktif kapsamında üye devletlerin iç elektrik piyasalarını, tüketicilerin piyasaya katılımını engellemeyecek şekilde düzenlemesi gerektiğine vurgu yapılmaktadır. Bu çerçevede, üye devletlerin ulusal düzenlemelerinde, tüketicilerin, tedarikçilerinin rızasını almaya mecbur bırakılmadan toplayıcılar ile anlaşarak tüketim esnekliklerini toplayıcılar üzerinden piyasalarına sunmalarına yönelik tedbirleri alması düzenlenmektedir [65].

İlgili AB mevzuatı çerçevesinde, üye devletlerin toplayıcılar da dahil olmak üzere tüketicilerin tüm organize piyasalara erişiminin, üretici ve tedarikçiler başta olmak üzere diğer piyasa katılımcıları ile aralarında ayırım gözetilmeksizin eşit şartlarda rekabet edebileceğı ve en azından aşğıdaki unsurları içerecek şekilde düzenlenmesi gerektiğı vurgulanmaktadır [88]:

- Talep toplayıcılarına, piyasaya diğer katılımcılar ile ayırım gözetmeksizin giriş hakkı tanınması,
- Tüm piyasa katılımcılarının görev ve sorumluluklarının şeffaf kurallar çerçevesinde belirlenmesi,

⁷ Kapasite mekanizmaları, mekanizmaya dâhil olan kullanıcılara yapılan kapasite ödemelerini içermekte olup, stratejik yedek, kapasite ihaleleri ya da doğrudan kapasite ödemeleri şeklinde ölkeden ölkeye farklı biçimlerde uygulanabilmektedir.

- Piyasa katılımcıları arasında veri paylaşımı esnasında ticari veriyi tamamen korumak kaydıyla, veriye eşit ve ayırım gözetmeksizin kolay erişimi sağlayacak şekilde şeffaf kurallar ve prosedürler belirlenmesi,
- Talep toplayıcıların tedarikçilere veya üreticilere tazminat ödemesi zorunluluğunun bulunmaması,
- Piyasa katılımcıları arasında uyuşmazlık çözüm mekanizmalarının temin edilmesi.

Bu çerçevede AB'deki mevcut durumu değerlendirmek gerekirse, AB üyesi ülkelerde hali hazırda tüketicilerin toplayıcılar vasıtasıyla veya örtülü olarak yani tedarikçileri üzerinden gün öncesi ve gün içi spot elektrik piyasalarına erişebilmesi mümkündür. Yine çoğu AB ülkesinde tüketicilerin esnekliklerinden yan hizmetler kapsamında frekans kontrolü sağlamak üzere faydalanılabilmektedir [39, 64]. Söz konusu frekans kontrolü hizmetleri, ülkemizdeki primer frekans kontrolü hizmetine karşılık gelen frekans koruma yedeği, yine ülkemizde sekonder frekans kontrolü hizmetine karşılık gelen otomatik frekans toparlama yedeği ve ülkemizde Dengeleme Güç Piyasasında (DGP) tedarik edilmekte olan diğer yan hizmetler olan manuel frekans toparlanma yedeği ile bekleme yedeği olmak üzere dört başlıkta toplanmaktadır [90].

a) Frekans koruma yedeği (FCR):

Frekans koruma yedeği, gerçek zamanda, üretim/tüketim tahminlerindeki sapmalar veya beklenmedik arıza durumları gibi nedenler ile sistemdeki arz ve talep arasındaki dengenin bozulması sonucunda sistem frekansının nominal değerinden sapması durumunda, şebeke işletmecisi tarafından bu kapsamda hizmet alınmakta olan kullanıcılar tarafından rezerv olarak ayrılan üretim kapasitesi devreye almak veya devreden çıkartılmak suretiyle söz konusu sapmanın durdurulmasını amaçlamaktadır. Frekans koruma yedeği otomatik olarak ve en hızlı devreye giren işletme yedeği olup; birkaç saniye mertebesinde yük alabilecek olan ve 30 saniye içerisinde ayrılan rezervin tamamını aktifleştirebilecek olan şebeke kullanıcılarından tedarik edilmektedir [90].

b) Otomatik frekans toparlama yedeği (aFRR):

Söz konusu yedekler de sistemde bozulan frekans değerin nominal seviyesine getirilmesi için otomatik olarak ancak FCR'ye göre daha yavaş olacak şekilde ikincil olarak devreye giren işletme yedeklerini ifade etmektedir. Bir diğer amacı da ikinci bir frekans dalgalanmasına karşı FCR'nin serbest bırakılmasıdır [90].

c) Manuel Frekans toparlanma yedeği (mFRR):

Tersiyer rezerv olarak da anılan bu rezervler, FCR ve aFRR'a nazaran daha yavaş yük alma veya yük atma kabiliyetine sahip olan ve sistem işletmecilerinin gerçek zamandaki talimatları sonucunda manuel olarak devreye alınan yedeklerdir. Buradaki amaç da sistem frekansının nominal seviyede korunmasını sağlamak için sistemin ihtiyaç duyduğu dengeleme enerjisinin satın alınmasıdır. Bu rezervlerden iletim şebekesinde, iletim hatlarında yaşanabilen kısıtları yönetmek için de faydalanılabilmektedir [90].

d) Bekleme yedekleri (RR):

Bekleme yedekleri ise diğer yedeklerin serbest kalmasını teminen sistemin ihtiyaç duyduğu ilave kapasiteyi ikame etmek üzere en yavaş olarak son aşamada devreye alınan yedeklerdir. Bu sayede daha hızlı devreye girebilen FCR ve FRR kapasite sistemde yaşanabilecek diğer frekans sapmaları için hazır olmak üzere devreden çıkartılmaktadır [90].

AB ülkelerinde talep tarafı katılımının ve toplayıcıların söz konusu yan hizmetler ve kapasite mekanizmalarına erişim durumu Çizelge 4.1'de gösterilmektedir. Çizelge 4.1. incelendiğinde; talep tarafı katılımının mümkün olduğu durumlarda genellikle toplayıcıların erişimine de imkân tanındığı görülmektedir. Primer ve sekonder frekans kontrolü gibi hızlı ve otomatik kontrol esaslı yan hizmetler bakımından değerlendirildiğinde ise talep tarafı katılımı erişiminin sınırlı olduğu dikkat çekmektedir.

Bunların dışında çoğu AB ülkesinde, talep tarafı esnekliğinden faydalanmak üzere “interruptibility ya da interruptible load” olarak anılan ve sistem frekansındaki kritik sapmaları yönetmek ve şebeke kullanıcılarının elektriğinin zorunlu olarak kesilmesini önlemek maksadıyla acil durumlarda kullanılmak üzere talep kontrolü programları uygulanmaktadır. Örneğin İtalya bu kapsamda düzenlediği ihaleler vasıtasıyla toplamda

3500 MW kapasitede tüketim esnekliğinden faydalanmaktadır. Benzer şekilde İspanya’da da 2020 yılı için 1000 MW’lık tüketim kapasitesi söz konusu acil durum yük kontrolü programları kapsamında tedarik edilmiştir [91].

Çizelge 4.1 : AB Ülkelerinde Talep Tarafı Katılımının Yan Hizmetler ve Kapasite Piyasalarındaki Durumu [39].

Ülke	Tüketicilerin Yan Hizmetler Piyasasına Erişimi	Toplayıcıların Yan Hizmetler Piyasasına Erişimi	Tüketicilerin Kapasite Mekanizmasına Erişimi
Avusturya	✓	✓	✗
Belçika	✓	✓	✗
Danimarka	✓	✓	✗
Estonya	✓	✓	✗
Finlandiya	✓	✓	✗
Fransa	✓	✓	✓
Almanya	✓	✓	✗
İrlanda	✓	✗	✓
İtalya	✓	✓	✓
Hollanda	✓	✓	✗
Norveç	✓	✓	✗
Polonya	✗	✗	✗
Portekiz	✗	✗	✗
İspanya	✓	✓	✓
İsveç	✓	✓	✗
Avusturya	✓	✓	✗

Çizelge 4.2’de Fransa, İngiltere ve İtalya’da talep tarafı kaynaklarının yan hizmetler ve kapasite piyasalarındaki payları verilmektedir.

Çizelge 4.2 : Yan Hizmetlerde Talep Tarafı Katılımının Payı [39, 91].

Hizmet türü	Fransa	Almanya	İtalya
FCR	60 MW (10%*)	156 MW (%15)	N/A
aFRR	10 MW (~1.5%)	405-436 MW (%20)	N/A
mFRR	480 MW (30%)	465-479 MW (%25)	N/A
RR	N/A	N/A	1000 MW
Kesilebilir Yük/Talep Kontrolü	1530 MW	750 MW	3500 MW
Kapasite Piyasası	800 MW (<1%)	N/A	N/A

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere talep tarafı esnekliğinden en yüksek kapasitede faydalanılan program türü kesilebilir yük programları olmaktadır. Bu tür programlar acil durumlarda kullanılmak üzere sistem işletmecileri tarafından açılan ihalelere katılarak söz konusu ihalelerde belirlenen kapasite ödemelerine karşılık, şebekedeki acil ihtiyaç durumlarında yükünün teklif ettikleri miktarda kesilmesine rıza gösteren tüketicilerden alınan esneklik hizmetlerini oluşturmaktadır ve genellikle sanayi ölçeğindeki büyük tüketicilerden hizmet alınmaktadır [39, 91].

4.2.2 AB üye ülke örnekleri

(a) Fransa

Fransa AB ülkeleri arasında talep tarafı esnekliğinden faydalanma konusunda önde gelen ülkelerdendir [85]. Ülkede, talep tarafı katılımının piyasalara erişimini sağlamak üzere ilk adımlar 2003 yılında atılmış ve bu tarihten itibaren organize elektrik piyasaları tüketicilerin katılımına kademeli olarak açılmıştır. 2003 yılında dengeleme piyasalarının büyük güçlü sanayi grubundaki tüketicilere açılmasıyla başlayan süreç, 2007 yılında toplayıcı şirketler vasıtasıyla konut grubundaki tüketicilerin esnekliğinden faydalanmaya ilişkin yürütülen pilot projeler ile devam etmiştir. 2011 yılından beri tüketiciler dengeleme mekanizmalarında (mFRR) yer alabilmektedir [39, 64].

2013 yılında tüketicilerin organize toptan elektrik piyasalarına (wholesale market) katılımını sağlamak üzere NEBEF (Notification d'Échange de Blocs d'Effacement) mekanizması devreye alınmıştır. Bu sayede, 2014 yılı ocak ayı başından itibaren, tüketiciler, toptan satış piyasalarında doğrudan esneklik ticareti yapabilmektedir. Bunun yanı sıra, sırasıyla 2013 yılında frekans koruma yedeği (FCR) ve 2014 yılında otomatik frekans toparlama yedeği (aFRR) olmak üzere yan hizmetler piyasası kapsamında sistem işletmecisi RTE tarafından satın alınan frekans kontrolü hizmetleri sanayi ölçeğindeki tüketicilerin katılımına açık hale getirilmiştir. 2016 yılında sekonder frekans kontrolü hizmeti dağıtım şebekesi müşterisi olan küçük ölçekli tüketicilerin de katılımına açılmıştır [39, 64].

2016 yılında güncellenen NEBEF mekanizması (NEBEF 3.0) ile tüketicilerin gün içi piyasasına entegrasyonu sağlanmış olup, 2017 yılı itibarıyla tüketiciler kapasite mekanizmasına dâhil edilmiştir. Kapasite ödemesi ile teşvik alan tüketicilerin, sistem ihtiyaçları doğrultusunda tüketim esnekliklerini piyasaya sunma yükümlülüğü bulunmaktadır [39]. 2019 yılında NEBEF mekanizması kapsamında 22,2 GWh enerjiye tekabül eden talep esnekliği piyasaya sunulmuştur. 2019 yılında piyasaya sunulan talep tarafı esnekliğinin çoğu toplayıcı şirketler aracılığıyla konut seviyesindeki tüketicilerden sağlanmıştır [92]. Öte yandan, talep tarafı kaynaklarınca piyasalara sunulan söz konusu esneklik miktarı, piyasalarda gerçekleştirilen yaklaşık 11 TWh'lik işlem hacminin içerisinde oransal olarak yaklaşık %2 seviyesine karşılık gelmektedir [93].

Fransa'da hali hazırda tüketiciler, doğrudan veya anlaşmalı oldukları toplayıcılar aracılığıyla tüketim esnekliklerinden faydalanarak spot elektrik piyasalarına, dengeleme piyasalarına, yan hizmetlere ve kapasite mekanizmalarına katılabilmektedir. Fransa'da talep tarafı katılımına açık olan tüm piyasalar, aynı zamanda toplayıcıların katılımına da açıktır. Ülkede uygulanan toplayıcı piyasa modeli, tedarikçiden bağımsız olacak şekilde kurgulanmıştır. 2019 yılında, 21 adet toplayıcı şirket iletim şebekesi işletmecisi ile NEBEF mekanizmasına katılmak üzere sözleşme imzalamıştır [93].

Tedarikçilerden ayrıştırılmış olarak hizmet sağlaması esas olan toplayıcıların, portföyünde yer alan bir tüketicinin esnekliğini piyasalara sunmak için söz konusu

tüketicinin tedarikçisiyle sözleşme yapması gerekmemektedir. Ancak toplayıcıların piyasada gerçekleştirmiş oldukları işlemler neticesinde, tedarikçilerin dengeleme portföyünden kendi dengeleme portföyüne transfer ettikleri enerjiye karşılık, ilgili tedarikçilerin tazmin edilmesi hususu, hizmete katılan tüketiciler tarafından ya da iletim sistemi işletmecisi vasıtasıyla toplayıcılar tarafından yapılmaktadır [39].

Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşletmecileri Birliği (ENTSO-E) tarafından 2020 yılı için yayımlanan raporda [94], Fransa’da 2010 yılından itibaren tüketim tesislerinden dengeleme kaynağı olarak faydalanılmasının önündeki engellerin kaldırıldığından bahisle, bu durumun ülkede rezerv piyasalarında tüketim kaynaklarının aktif birer katılımcı olduğuna vurgu yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, ilgili raporda, frekans koruma yedeği (FCR) ihalelerinde talep tarafının %15 oranında etkin olduğuna ve 2018 ile 2019 yıllarında ortalama 800 MW’lık otomatik frekans toparlama yedeğinin (aFRR) tüketim tesislerince sağlandığına vurgu yapılmaktadır.

Talep tarafı kaynaklarının esnekliğinden en yüksek kapasitede faydalanılan program türünün ise diğer ülkelere benzer şekilde, acil durum yük kontrolü sağlamak üzere şebeke işletmecileri tarafından ihale usulü ile seçilen tüketim tesisleri ile anlaşma yapılmasını içermektedir. Bu kapsamda RTE tarafından 2022 yılı için hizmet almak üzere toplam 1131 MW’lık kesilebilir yük için ihale çağrısına çıkmıştır. “Interruptable Load” olarak anılan ve dilimize talep kontrolü olarak çevrilebilecek olan söz konusu programa iletim seviyesinden şebekeye bağlı olan ve tüketim kapasitesi 25 MW’ın üzerinde olan tüketim tesisleri katılabilmektedir [95].

(b) Almanya

Almanya yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırma konusunda etkili bir enerji politikası benimseyen ilk ulusal devletlerden biri olarak küresel ölçekte dikkat çekmektedir [96]. Almanya’nın yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji karışımındaki payını artırma ve 2022 yılı itibarıyla da nükleer enerji santrallerini devre dışı bırakma hedefleri [97] kapsamında ülkedeki rüzgâr, güneş ve biokütleyle dayalı dağıtık üretim miktarı giderek artmaktadır. Önümüzdeki yıllarda ülkedeki enerji talebinin büyük oranda rüzgâr ve güneş enerjisine dayalı kesintili üretim kaynaklarından beslenmesi

beklenmektedir [39]. Bu nedenle Almanya'daki şebeke işletmecileri talep tarafı katılımı da dâhil olmak üzere daha fazla esneklik kaynağının devreye alınmasına ihtiyaç duymaktadır [97].

Almanya'da tüketicilerin gün öncesi ve gün içi spot elektrik piyasalarına katılımı mümkünken, tüketim esnekliklerinin toplayıcı şirketler aracılığıyla piyasaya sunulmasının önünde engelleyici birtakım unsurlar bulunmaktadır. Söz konusu zorluklar, tarife yapısı, piyasa yapısı ve düşük piyasa fiyatlarının yanı sıra toplayıcılar ile tedarikçiler arasındaki ilişkiler arasındaki belirsizlikler nedeniyle toplayıcıların piyasalarda aktif olarak rol alamayışı olarak öne çıkmaktadır [64].

Ülkedeki mevcut uygulama, toplayıcılardan hizmet almak isteyen tüketicilerin, öncelikle tedarikçilerinden onay almasını gerektirmektedir. Ayrıca; esnekliklerini piyasalara sunan tüketicilerin, gerçek zamanda sistem ihtiyaçları doğrultusunda tüketim miktarlarını değiştirmeleri sonucunda, tedarikçilerinin portföylerinde yol açacakları dengesizliklerin nasıl tazmin edileceğine dair açık bir düzenleme bulunmamaktadır. Bu durumda, toplayıcıların dengesizliklerinin tazmin edilmesine ilişkin hususların toplayıcılar ve tedarikçiler arasında ikili anlaşma kurmak suretiyle düzenlenmesi gerekmektedir. Öte yandan, tedarikçiler, bu tür anlaşmaları riskli bulduğundan toplayıcılar ile anlaşmaya rıza göstermeyebilmektedir. Bu sebeple, tedarikçilerin onayının alınmasının gerekmesi, özellikle piyasaya erişmek için toplayıcı şirketlerin aracılığına ihtiyaç duyan küçük ölçekli tüketiciler nezdinde, talep tarafı esnekliğinin önündeki en büyük engellerden biri olarak görülmektedir [39].

Toplayıcıların piyasalarda bağımsız olarak hareket etmesine ve tedarikçilerle eşit şartlarda rekabet edebilmesine engel teşkil eden düzenlemeler özellikle küçük ve orta ölçekli tüketicilerin piyasalardaki etkinliğini sınırlandırmakta ve zorlaştırmaktadır [64]. Nitekim ülkedeki dengeleme ve toptan satış piyasalarında, toplayıcılardan ziyade genellikle kâğıt, otomotiv, makine imalatı, metal, çimento ya da gıda endüstrileri gibi büyük güçlü tüketiciler etkin olmaktadır [98].

Almanya'da şebeke kullanıcılarına uygulanan sistem kullanım bedelleri, esnekliğini şebeke işletmecilerine hizmet olarak sunan ve şebeke ihtiyaçları doğrultusunda gerçek

zamanda tüketimini değiştiren tüketicilere daha yüksek fatura kesilmesine yol açabilmektedir. Örneğin, şebeke işletmecisiyle anlaşması olan bir tüketicinin pik yük saatlerinde talebini azaltacak şekilde talimat alması ve buna uyması durumunda daha yüksek şebeke kullanım bedellerine maruz kalma riski bulunmaktadır. Öte yandan, tüketim profili daha stabil olan tüketiciler şebeke kullanım giderlerinde indirimden faydalanabilmekte ve tüketim ölçekleri arttığında birim enerji başına daha düşük bedel ödemektedirler. Büyük güçlü tüketicilerin özellikle yük düşme yönlü talimatlar sırasında söz konusu indirimlerden faydalanamaması riski ilgili tüketiciler için talep tarafı katılımının cazibesini azaltmaktadır [39, 64].

Almanya’da dengeleme piyasalarında ve spot elektrik piyasalarında talep tarafı esnekliğinden istifade edilmesinin önündeki zorluklar özetle [99]:

- Piyasaların talep tarafı katılımına açık olmasına karşın piyasalarda işlem yapmak için ön yeterlilik kriterlerinin tüketiciler açısından rekabetçi olmaması,
- Şebeke kullanım tarifelerinin, kararlı bir tüketim profiline sahip olan kullanıcılar için avantaj sağlayacak şekilde kurgulanmış olması ve gerçek zamanlı yük değişimlerinin şebeke tarifelerinin yükselmesine yol açması,
- Perakende satış fiyatlarına dâhil olan yüksek vergi ve şebeke kullanım bedelleri dolayısıyla piyasadaki gelir imkânlarının talep tarafı katılımı için yeterli teşviki sağlamaması olarak ifade edilebilir.

2011 ve 2012 yılları içerisinde dengeleme ve yan hizmetler piyasalarında minimum teklif miktarları düşürölerek söz konusu piyasalar talep tarafı katılımı için daha etkin hale getirilmiştir. 2015 yılında Almanya Enerji ve Ekonomi Bakanlığı tarafından dengeleme piyasalarının yeni piyasa oyuncularına açılımına ilişkin bir taslak yayımlanmıştır. Söz konusu taslağı takiben Almanya’nın elektrik piyasasına ilişkin düzenlemelerden sorumlu olan Federal Şebeke Ajansı BNetzA tarafından, dengeleme mekanizması kapsamındaki hizmet tedarik süreçlerinin, toplayıcıların ve tüketicilerin katılımına elverecek hale getirilmesi için yasal düzenlemeler başlatılmıştır. Böylelikle, söz konusu piyasalardaki teklif hacminin büyümesi fiyatların düşmesine de katkı sağlanmıştır [64].

Bağımsız talep toplayıcıların piyasalara erişimini artırmak ve ülkenin elektrik sistemini gelecekte artması hedeflenen değişken ve dağıtık üretimin şebekede yaratabileceği zorluklara karşı hazırlamak için endüstriyel tüketici birlikleri, iletim şebekesi işletmecileri ve Almanya Enerji Ajansının da aralarında yer aldığı paydaşlar tarafından tedarikçilerden bağımsız toplayıcı şirketlerin piyasa faaliyetlerine ilişkin düzeltilmiş model önerisini içeren bir rehber doküman hazırlanmıştır [100]. Söz konusu rehber doküman, ülkede “Energiewende” olarak adlandırılan Enerji Dönüşüm programı [101] kapsamında regülasyon çalışmalarında dikkate alınmak üzere Ekonomi Bakanlığı ve BNetzA’nın değerlendirmesine sunulmuştur. Rehber doküman kapsamında, bağımsız toplayıcıların, tüketicilerle ve söz konusu tüketicilerin tedarikçileriyle olan ilişkilerine, taraflar arası dengesizliklerin tazmin edilmesine ve veri alışverişine ilişkin usul ve esasların belirlenmesine yönelik öneriler yer almaktadır.

Bu çerçevede düzenlenen yeni toplayıcı modelinde, tedarikçilerin, talep tarafı katılımı programlarına katılan tüketicileri tarafından, önceden belirlenmiş temel tüketim değeri referans alınarak, dengesizlikleri için tazmin edilmesi ve tüketicilerin talep tarafı katılımı kapsamındaki eylemlerine ilişkin tedarikçilerini bilgilendirmesi gerekmektedir. Söz konusu model toplayıcıların tedarikçilerin rızasını almasını veya tedarikçilerin dengesizliğini gidermek üzere ikili anlaşma yapmasını gerektirmemektedir [64].

Almanya’da AbLaV olarak kısaltılan ve Almanca’da “*Verordnung zu abschaltbaren Lasten*” olarak ifade edilen yük kontrolü hizmeti kapsamında, ülkede faaliyet gösteren şebeke işletmecileri, toplamda 1500 MW esneklik için tüketicilerin katılımına özgü olacak şekilde rekabete açık ihaleler vasıtasıyla hizmet alımı gerçekleştirmektedir.

Bu kapsamda yer alan tüketiciler, anlaşmada yer alan tüketim miktarlarının, gerçek zamana kısa bir süre kala ilgiliye bildirilmek suretiyle şebeke işletmecileri tarafından kısılmasına veya kesilmesine rıza göstermektedir. Bunun karşılığında ilgili tüketiciler şebeke işletmecilerinden ihalede belirlenen fiyat üzerinden ödeme almaktadır. Bu sayede, şebeke işletmecilerinin şebekelerindeki arz ve talep dengesini korumasına ve şebekede arz açığı olduğu durumlarda üretim tesislerine daha fazla enerji üretmek için talimat vermek

yerine tüketicilerin tüketimini azaltarak şebekedeki dengeyi sağlamasına olanak tanımaktadır [102].

Söz konusu yük kontrol programı, Almanya’da 2013 yılında ilk olarak üç yıllık bir programlama dönemi için başlatılmış olup 2022 yılına kadar uzatılmıştır. Ancak ikinci faz olarak adlandırılan 2016 yılı sonrasında tedarik süreci değiştirilerek aylık ihale döneminden haftalık ihalelere geçilerek minimum teklif miktarı 10 MW seviyesinden 5 MW değerine düşürülmüştür. Böylelikle orta, yüksek ya da çok yüksek gerilim seviyelerinden şebekeye bağlı olan büyük güçlü tüketicilerin yer aldığı hizmet kapsamında küçük güçlü tüketicilerin de talep kontrolü hizmeti sağlaması mümkün hale getirilmiştir [39]. Çizelge 4.3’te Almanya’da talep tarafının erişimine açık piyasa ve hizmetler ile tüketicilerin söz konusu piyasa ve hizmetlerdeki katılım oranı görülmektedir.

Çizelge 4.3 : Almanya’da Talep Tarafı Katılımının Piyasalara Erişimine İlişkin Özet Gösterim [102].

ENTSO-E terminolojisi	Piyasa veya Hizmet Türü	Tüketicilerin piyasaya/hizmete erişimi	Talep tarafı katılımının payı
FCR	Primer frekans kontrolü	√	+/- 80 MW (2018)
aFRR	Sekonder frekans kontrolü	√	+540 MW -660 MW (2018)
mFRR	Dakikalık yedek (minute reserve)	√	+880 MW -840 MW (2018)
Interruptable Load (AblaV)	Hızlı Yük Kontrolü (Quickly Interruptible Loads)	√	750 MW (2021)
	Anlık Yük Kontrolü (immediately Interruptible Loads)	√	750 MW (2021)
EPEX Spot	Gün öncesi piyasası (EPEX Spot)	√	N/A
	Gün içi piyasası (EPEX Spot)	√	N/A
Capacity Market	Kapasite Yedeği	√	N/A

Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere; Almanya'da tüketiciler yan hizmetler ve dengeleme piyasalarında yer almakla beraber; en büyük kapasite yük kontrolü hizmeti kapsamında tedarik edilmektedir.

Yük kontrolü hizmeti (AbLaV), hizmet kapsamında yer alacak tüketim tesislerinin esnekliklerinin devreye alınma hızına göre iki farklı şekilde ve haftalık olarak tedarik edilmektedir. Bu kapsamda yer almak isteyen tüketicilerin şebeke işletmecileri tarafından açılan ihalelere en az 5 MW ve en fazla 200 MW esnek yük için teklif sunması gerekmektedir. Anlık yük kontrolü hizmeti otomatik frekans kontrolü röleleri vasıtasıyla en geç 350 milisaniye içerisinde devreye girmektedirken, hızlı yük kontrolü şebeke işletmecisi tarafından 15 dakikada devreye alınacak şekilde uzaktan kontrol edilmektedir. Söz konusu süreler aynı zamanda kesinti veya kısıntının bildirim süresine karşılık gelmektedir [102].

Ülkede tüketicilerin kapasite mekanizmasından faydalanması prensipte mümkün görünmesine karşın piyasaya katılım şartları nedeniyle tüketiciler mekanizmadan yeterli düzeyde faydalanamamaktadır. Örneğin; toplayıcıların kapasite mekanizmasından faydalanmasına izin verilmemekte, minimum teklif miktarı 10 MW olarak tutulmakta ve üretim tesislerine ödenen fırsat maliyetleri tüketicilere ödenmemektedir [64]. Toplayıcıların kapasite mekanizması dışındaki piyasalara erişimi mümkün olmasına karşın talep tarafı katılımı aktifleştirilememiştir. Bunun sağlanması için piyasaya erişim konusundaki engellerin giderilmesi gerekmektedir [39].

4.3 Diğer Ülke Örnekleri

AB ülkelerinin yanı sıra, ABD ve Birleşik Krallık talep tarafı uygulamalarında öncü ülkeler arasında yer almakta olup, özellikle son on yılda bu alandaki gelişmeler dikkat çekmektedir. Bu itibarla bu bölümde ABD ve Birleşik Krallık'ın talep tarafı esnekliğindeki deneyimleri ele alınmaktadır.

4.3.1 Birleşik Krallık

Birleşik Krallık 'ta 2008 yılında çıkartılan İklim Yasası [103] ile birlikte başlayan iklim değişikliği ile mücadele politikası çerçevesinde, 2035 yılına kadar sera gazı salınımlarının 1990 yılına kıyasla %78 oranında azaltılmaya ve 2050 yılı itibarıyla sıfır karbona dayalı ekonomiye geçiş hedefleri bulunmaktadır [104]. Söz konusu hedeflere erişebilmek için enerji sektöründe de kapsamlı bir dönüşüm sürecine ihtiyaç duyulmuştur [105].

Bu çerçevede, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji gibi düşük karbon salınlı enerji üretim teknolojilerinin sistemdeki kapasitesinin artırılmasına yönelik tedbirler alınmıştır. Yapılan tahminlere göre 2050 yılı itibarıyla rüzgâr ve güneşe dayalı enerji kaynaklarının, elektrik üretimindeki payının %78'e çıkması beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekedeki payının artmasının yanı sıra, tüm sektörlerde elektrifikasyonun yüksek düzeylere erişmesiyle birlikte şebekede yönetilmesi gereken belirsizliğin artması beklenmektedir. Örneğin, 2050 yılı itibarıyla elektrik tüketiminin %135 oranına kadar artabileceği ve ısı pompalarının konutlardaki kullanım oranının %60 seviyesine çıkarak sayılarının yaklaşık 25 milyona ulaşması beklenmektedir. Ulaştırma sektöründe de benzer şekilde elektrifikasyonun önemli bir rol oynaması ve elektrikli araç sayısının 2050 yılında 25 milyona ulaşması beklenmektedir [106].

Enerji sektöründeki tüm bu değişimler, günlük yük eğrisinin değişmesine ve şebeke işletmecisi tarafından yapılan üretim ve tüketim tahminleriyle gerçekleşenler arasındaki sapmanın artmasına yol açmaktadır. Bu nedenle söz konusu hedeflere ulaşmak üzere şebeke işletmecisi tarafından kullanılan esneklik seçeneklerinin zenginleştirilmesine ilişkin stratejiler önem kazanmıştır. Söz konusu stratejiler arasında depolama sistemleri ve talep tarafı katılımı uygulamaları öne çıkmaktadır [106].

Brexit [101] süreciyle birlikte 2020 yılı sonu itibarıyla AB üyeliğinden çekilen Birleşik Krallık, daha önce üyesi olduğu AB ülkeleri arasında tüm organize elektrik piyasalarını tüketicilerin erişimine açan ilk ülke olmuştur [39].

Benzer şekilde, söz konusu elektrik piyasaları toplayıcıların⁸ katılımına da açık olmakla birlikte, mevcut durumda toplayıcılık faaliyeti yürüten 20 şirket bulunmaktadır [108]. Talep tarafı katılımını, özellikle piyasaya tek başına katılma yeterliliği bulunmadığı için toplayıcılara ihtiyaç duyan küçük ölçekli tüketiciler için cazip hale getirmek amacıyla, toplayıcı şirketler için tasarlanmış olan ve “Flex Assure⁹” olarak adlandırılan bir etik sözleşmesi sistemi uygulanmaktadır [108, 109]. Ülkede toplayıcılık hizmeti sağlayan şirketlerden 4’ü, tüketiciler ile güven esaslı bir ticari ilişki kurabilmesini sağlamak üzere söz konusu etik sözleşmesine taraf olmuştur [109].

Birleşik Krallık’ta, şebekedeki arz ve talebin dengelenmesi maksadıyla şebeke işletmecisi National Grid tarafından tedarik edilen frekans kontrolü hizmetleri de talep tarafı esnekliğinden faydalanmak üzere tüketicilerin katılımına açıktır. 2017 yılında Kısa Süreli İşletme Yedeği (Short Term Operating Reserve -STOR) kapsamında 1369 MW, Hızlı Yedek (Fast Reserve) kapsamında 300 MW ve Frekans Kontrol Yedeği (Frequency Response) kapsamında 617 MW olmak üzere toplam 2286 MW kapasitesinde talep tarafı kaynağı yan hizmetlere katılım sağlamıştır [108, 110].

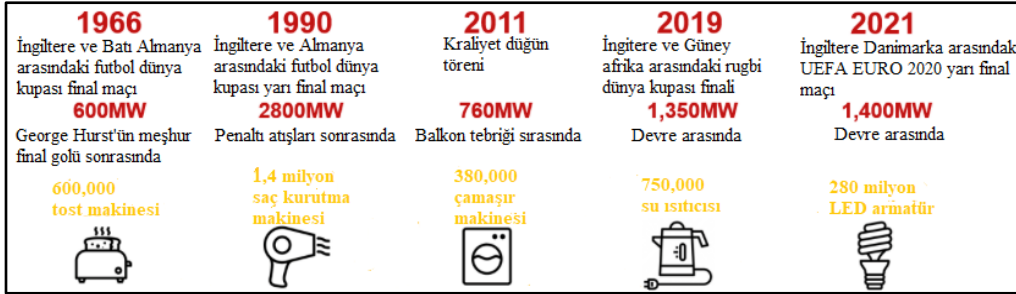
Yan hizmetlerde talep tarafı kaynaklarının etkisini gösteren en çarpıcı örneklerden biri “TV pickup” fenomeni olarak bilinen ve önemli futbol müsabakalarında veya popüler TV programlarında, ülkedeki TV izleyicilerinin büyük çoğunluğunun reklam aralarında veya devre aralarında aynı anda elektrikli su ısıtıcılarını veya elektrikli aletlerini aynı anda kullanmaları nedeniyle sistemdeki toplam talebin kısa süreliğine birkaç GW seviyesinde yükselmesidir [111].

Kettle Effect olarak da adlandırılan söz konusu şebeke olayları, National Grid tarafından, talep tarafı kaynaklarının da yer aldığı hızlı devreye giren STOR vasıtasıyla

⁸ Toplayıcılık faaliyeti, bir enerji sisteminde şebekeye bağlı olan tüketiciler, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi sahipleri veya depolama tesisi işletmecisi gibi çeşitli kullanıcıları tek bir portföy altında yönetilerek enerji piyasalarında tekil bir enerji kaynağı gibi hizmet verilmesini sağlayan bir işletme modelini ifade etmektedir. Toplayıcı ise söz konusu faaliyeti yürüten şirketleri ifade etmektedir.

⁹ Flex Assure gönüllü bir programdır ve Merkezi Olmayan Enerji Derneği (ADE) tarafından 2019 yılında başlatılmıştır.

yönetilmektedir [112]. Şekil 4.1’de İngiltere’de yaşanan önemli TV pick up kaynaklı yük artışları görülmektedir.



Şekil 4.1 : İngiltere’de önemli TV Programları Esnasında Şebekedeki Ani Yük Artışları [113].

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere kraliyet düğün töreni veya UEFA finali gibi milyonlarca izleyiciyi aynı anda ekran başına kilitleyen önemli TV şovlarında, ilgili programın reklam arasına girmesi durumunda izleyiciler aynı anda elektrikli ev aletlerini kullanmaya başladığından şebekede 3 GW’a kadar yük artışı gözlemlenmiştir [113].

Birleşik Krallık’ta iletim şebekesinin işletilmesi maksadıyla, tüketicilerin esnekliğinden faydalanmak üzere uygulanan tüketicilere özgü yan hizmetler de bulunmaktadır. Bunlardan ilki, pik yük saatlerindeki tüketimlerini, talebin düşük olduğu saatlere kaydırmayı kabul eden tüketiciler için kurgulanmış olan ve Frekans Kontrolü için Talep Yönetimi olarak çevrilebilecek olan “Frequency Control Demand Management” hizmetidir Söz konusu hizmet kapsamında iletim şebekesi işletmecisi National Grid ile anlaşma yapan tüketiciler, sistem frekansı 49,7 Hz seviyesine düştüğünde iki saniye içerisinde yüklerinin otomatik olarak kesilmesine rıza göstermektedir. Söz konusu kesinti en fazla 30 dakika sürmekte ve en az 3 MW yük için anlaşma yapılabilmektedir. Bu kapsamda yer alan tüketicilerin tüketimleri yıl içerisinde, örneğin yılda beş gibi sınırlı bir sayıda azaltmaları halinde, sözleşmede belirlenen bedel üzerinden ödeme almaktadır [114].

Diğer yan hizmetlerden farklı olarak, talep tarafı esnekliğinden yalnızca yük artırmaya dayalı olarak faydalanmayı gerektiren ve dilimize “Talep Arttırma” olarak çevrilebilecek olan “Demand Turn Up” hizmeti ise büyük güçlü tüketicilerinin, sistemdeki yenilenebilir

enerjiye dayalı üretim fazla olmasına karşın toplam talebin düşük olduğu zamanlarda (gece saatleri veya yaz aylarında hafta sonuna denk gelen öğle saatleri gibi) tüketimin artırılmasını içermektedir. Hizmete katılım için asgari 1 MW yük değişim şartı bulunmakta olup 0,1 MW ve üzerindeki yüklerin birleştirilerek hizmet sağlaması da mümkündür. Hizmetin yıllık toplam süresi 2016, 2017 ve 2018 yıllarında sırasıyla 4 saat 20 dakika, 4 saat 34 dakika ve 4 saat 36 dakika sürmüştür. Hizmet verilecek saatler ise Mayıs ve Ekim ayları arasındaki dönem için hafta sonu saat 13:00-16:00 arası ile gece saat 23:30 ile sabah 9:00 arasındadır. 2018 yılında National Grid tarafından bu hizmet kapsamında 115 MW kapasitesinde hizmet alınmış ve ilgili yıl içerisinde hizmete katılan tüketiciler için toplam 41 kez aktivasyon gerektirmiştir. Bu kapsamda birim enerji için aktivasyon ödemesi olarak £65,33/MWh mertebesinde ödeme gerçekleştirilmiştir [115].

Ayrıca, kapasite ihaleleri talep tarafı kaynaklarının ve toplayıcıların katılımına açık olup söz konusu ihaleler toplayıcı şirketler için yaklaşık 50 milyon sterlin mertebesinde pazar hacmi yaratmaktadır. İngiltere’de kapasite ihaleleri, yıllık olarak ve teslim yılından 4 yıl önce yapılmaktadır. Bu kapsamda 2019-2020 yılları için 2015 yılında düzenlenen ihale sonucunda 450 MW’lık talep tarafı katılımı hizmeti için sözleşme imzalanmıştır [39].

Buna göre, talep tarafı katılımı tüm organize piyasalarda mümkün olmasına karşın, toptan satış piyasalarından ziyade yan hizmetlerdeki ürün çeşitliliği sayesinde talep tarafı katılımının yan hizmetler ve kapasite mekanizmasında daha etkin olduğu görülmektedir. National Grid’in 2021 yılı gelecek için enerji senaryoları raporuna [106] göre, 2030 yılı itibarıyla ülkede yalnızca konut seviyesinde 6 GW mertebesinde ilave talep esnekliği hedeflenmektedir. Yine, ilgili raporda ısı pompaları ve ısı depolama sistemleri sayesinde ısıtma kaynaklı puant yükün %35 seviyesinde azaltılabileceği öngörülmektedir.

Birleşik Krallık’ta talep tarafı esnekliğinden en üst düzeyde faydalanmak üzere, tüketicilerin, tüketim esnekliklerinin ve söz konusu esnekliklerini nasıl kullanabileceklerinin farkına varmalarını sağlayarak, onları talep tarafı katılımına teşvik etmek üzere, “Power Responsive” olarak anılan bir farkındalık programı yürütülmektedir [116]. İletim şebekesi işletmecisi olan National Grid tarafından söz konusu program kapsamında küçük ölçekli tüketiciler ve büyük ölçekli ticarethane ve sanayi tesisleri

çevrimiçi seminerler, eğitimler ve benzeri etkinlikler düzenlemek suretiyle bir araya getirilerek, talep tarafı katılımı uygulamalarına katılmak isteyen tüketicilerin; piyasalardaki fırsatlar, yan hizmetlere katılım süreçleri, hizmet kriterleri, esneklik hizmeti sağlayıcısı olan toplayıcı şirketlerin sundukları hizmetlerin kapsamı ve tüketim esneklikleri sayesinde elde edilebilecekleri kazanç imkanları gibi pek çok konuda bilinçlendirilmesi hedeflenmektedir [117].

Örneğin, Londra'daki en büyük elektrik tüketicisi olan London Underground şirketi talep tarafı katılımı uygulamalarına katılarak yaklaşık 3 milyon Sterlin gelir elde etmiştir. Yine en büyük enerji tüketicilerinden olan su şirketleri de su veya atık su pompalarının esnekliğinden faydalanarak kış mevsiminde puant talep yönetimi için kısa süreli işletme yedeği (STOR) hizmetine katılmaktadır [117]. Bu gibi örneklerin, söz konusu program vasıtasıyla, ülkedeki diğer tüketiciler ile paylaşılması, söz konusu tüketicilerin talep tarafı katılımı için özendirilmesini sağlamaktadır.

4.3.2 Amerika Birleşik Devletleri (ABD)

Talep tarafı katılımı kapsamında hem tarife bazlı hem de piyasa bazlı mekanizmaları bir arada yürütmekte olan Kuzey Amerika sistem işletmecileri, tüketim esnekliğinden nispeten yüksek sayılabilecek düzeylerde faydalanabilmektedir. Özellikle, ülkede faaliyet gösteren bağımsız şebeke işletmecileri olan ERCOT¹⁰, CAISO¹¹ ve PJM¹² tarafından, talep tarafı katılımı, aşağıda bazı örnekleri verilen programlar vasıtasıyla teşvik edilmektedir. ABD'de 1970'li yıllardan bu yana örtülü olarak tarifeler üzerinden talep tarafı katılımı programları uygulanmaktadır [34].

Bugün pek çok ülkede farklı biçimlerde uygulanan ve kullanım zamanına göre fiyatlandırma (ToU) olarak bilinen tarife modeli ABD'de 70'li yıllarda pilot olarak uygulanmaya başlanmış; 1980'li yıllara gelindiğinde ise gerçek zamana göre

¹⁰ ERCOT, Amerika Birleşik Devletleri'nde Teksas eyaletinde faaliyet gösteren şebeke işletmecisidir.

¹¹ CAISO, Amerika Birleşik Devletleri'nde Kaliforniya eyaletinde faaliyet gösteren şebeke işletmecisidir.

¹² PJM, Amerika Birleşik Devleti'nin; Delaware, Illinois, Indiana, Kentucky, Maryland, Michigan, New Jersey, North Carolina, Ohio, Pennsylvania, Tennessee, Virginia, West Virginia ve Columbia eyaletlerinde faaliyet gösteren şebeke işletmecisidir.

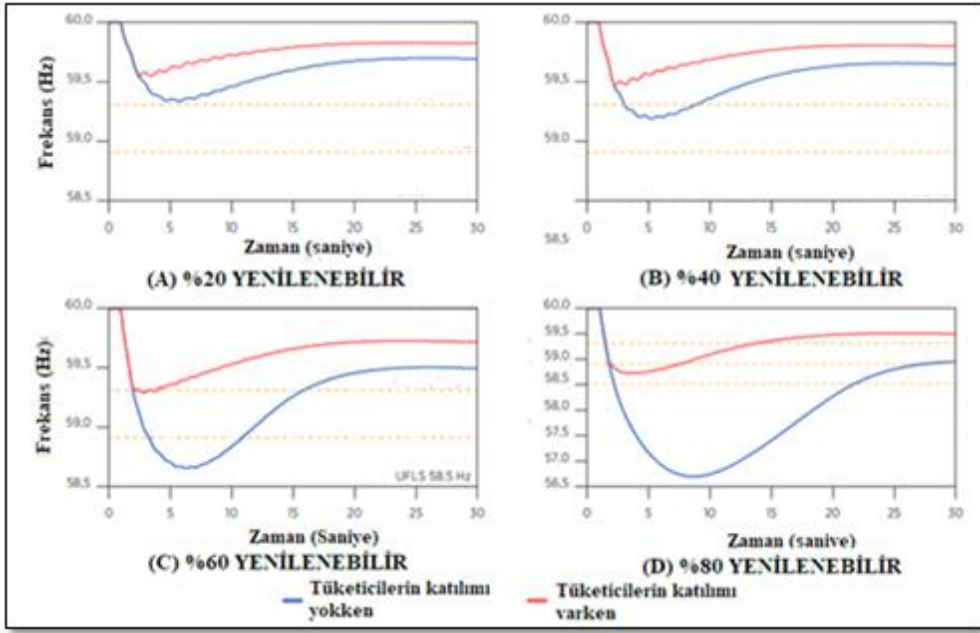
fiyatlandırmaya dayalı tarife programları denenmiştir. Ancak bu dönemde elektriğin perakende satış fiyatlarının toptan satış fiyatlarına göre belirlendiği gerçek zamanlı tarifeler, fiyat riskleri nedeniyle tüketiciler tarafından fazla rağbet görmemiş iken 2000’li yıllardan itibaren uygulanan, kritik pik fiyatlandırma olarak bilinen ve pik talep saatlerindeki elektrik fiyatıyla günün diğer saatlerindeki elektrik fiyatı arasındaki makasın ToU’ya göre çok daha geniş olduğu tarife modeli; ABD’nin Kaliforniya eyaletinde pik saatlerde yükün %15 seviyelerine kadar azaltılmasını sağlamıştır [42].

Tarife bazlı programların yanı sıra, büyük güçlü sanayi tüketicilerinin talep tarafı esnekliğinden de uzun yıllardır yan hizmetler piyasasında yedek kapasite olarak faydalanılmaktadır. ERCOT 2002 yılından bu yana yan hizmetler piyasasını tüketicilerin katılımına açmıştır. Bölgede tedarik edilen ve “Responsive Reserve Service (RRS)” olarak alınan frekans kontrolü yedeklerinin %25’ine kadar olan kısmının talep tarafı kaynaklarından sağlanmasına imkân tanınmıştır. Bu oran 2005 yılında %50 ve 2018 yılında %60 seviyesine kadar çıkartılmıştır [118]. Bu kapsamda daha ziyade kimyasal tesisler, hava ayırma tesisleri ve doğal gaz sıkıştırma sahaları gibi sanayi grubu tüketiciler yer alırken ticari tüketim tesisleri sınırlı sayıda hizmet sağlamıştır. 2018 yılında toplam tüketim esneklikleri 4200 MW kapasitesinde 300 tüketici söz konusu hizmetin tedarik sürecine katılmak üzere sisteme kaydedilmiştir. Söz konusu hizmet kapsamında yer alan tüketiciler, bölgedeki iletim şebekesinde arz ve talep arasındaki dengenin bozulması nedeniyle nominal seviyesi 60 Hz olan şebeke frekansının 59,7 Hz seviyesine düşmesi halinde taahhüt etikleri miktarda yük azaltmaktadır. Böylesi bir durum yılda bir veya iki kez yaşanmaktadır [119].

2019 yılında ERCOT yan hizmetler piyasasında RRS’in alt ürünü olan ve “Fast Frequency Response” olarak anılan yeni bir hizmet tanımlamıştır. Söz konusu hizmet RSS’e kıyasla daha düşük bir frekans sapmasında daha hızlı tepki gerektirmektedir. Şöyle ki, hizmet kapsamında yer alan tüketiciler sistem frekansı 59,85 seviyesine düştüğünde 0,25 saniye içerisinde yüklerini kısmak veya anlaşıması kapsamında tamamen kesmekle yükümlüdür. Söz konusu kısıntı veya kesintiler 15 dakika sürmektedir [119].

Şekil 4.2’de ERCOT tarafından işletilen Teksas bölgesinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının penetrasyon seviyelerine göre frekans kontrolü hizmetlerinde tüketim esnekliğinden faydalanılmasının frekans kararlılığına etkisi görülmektedir. Bu kapsamda, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin payı arttıkça frekans sapması genlik olarak artmakta ve söz konusu sapmayı kontrol altına almak için talep tarafı kaynaklarına duyulan ihtiyaç da aynı doğrultuda artmaktadır.

Talep tarafı kaynaklarından yan hizmet alınmadığı durumda frekans saptmaları kritik boyutlara ulaşabilmektedir. Bölgede 2018 yılında, yaklaşık 1 GW’lık üretimin aniden devreden çıkmasıyla frekans kararlı aralığın altına kadar düşmüş ve bu durum talep tarafı kaynaklarından alınan rezervler sayesinde kontrol edilmiştir [118].



Şekil 4.2 : Yenilenebilir enerji kaynaklarının farklı penetrasyon seviyeleri için sistem frekansındaki sapmaya karşı talep tepkisinin etkisi [120].

Doğrudan teşvik bazlı talep tarafı uygulamalarının ABD’deki bir diğer örneği ise New York bölgesinde bağımsız şebeke işletmecisi olarak faaliyet gösteren NYISO tarafından yürütülen gün öncesi piyasasında talep tarafı katılımı programıdır [118]. Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) talep tarafı katılımına ilişkin 2020 yılında yayımladığı verilere

göre [54], ABD’de puant yükün neredeyse %6’sına denk gelen 28 GW’lık talep tarafı kaynağı toptan satış piyasalarında işlem görmektedir.

Tüketicilerin tüketimlerini sistem ihtiyaçları doğrultusunda yönetmesini teşvik eden daha esnek tarifelerin uygulanmasına imkân sağlayan gelişmiş ölçüm altyapılarının (AMI)¹³ yaygınlaşmasıyla birlikte konut düzeyinde talep tarafı katılımı desteklenmektedir [121]. AMI tüketicilere elektrik kullanımları ile ilgili olarak geri bildirim sağlaması ve değerlendirme şansı vermesiyle talep tarafı katılımını özendirici niteliktedir. 2017-2018 döneminde Florida, Mississippi, Rhode Adası ve Virginia’daki elektrik şebekelerinin modernizasyonu kapsamında şebekenin bir parçası olarak şebeke işletmecilerinin akıllı sayaç yatırımları onay alabilmiştir.

ABD’nin Federal Enerji Düzenleme Komisyonu FERC’in Talep Tarafı Katılımı ve Gelişmiş Ölçüm Sistemleri Değerlendirme raporuna [122] göre, Maryland, Minnesota, Ohio ve Pensilvanya dâhil olmak üzere birçok eyaletteki düzenleyiciler yakın zamanda elektrikli araçların şarj altyapılarını ve zamana dayalı değişken tarifeyle dayalı talep tarafı katılımı programlarına¹⁴ ilişkin pilot uygulamaları onaylamıştır.

Smart Electric Power Alliance (SEPA) tarafından 2018 yılında yapılan bir araştırmaya göre [53]; ABD’de esnekliğinden faydalanan talep tarafı kaynaklarının kapasitesinin yarısından fazlasının ticarethane ve sanayi sektörlerinden gelmekte olup; aydınlatma, ısıtma ve soğutma (HVAC) ve pompalardan kaynaklı yüklerin, talep tarafındaki esneklik kaynaklarının üçte ikisini oluşturduğu belirtilmiştir. İlgili araştırmaya göre, pik talep saatlerde klimaların yükünün uzaktan azaltılmasına dayalı AC şalter programı (AC switch), 3,4 GW’lık esneklik kapasitesine ulaşmış ve çok sayıda tüketici, söz konusu programa dâhil olmuştur.

Çizelge 4.4’te Kaliforniya Bölgesinde uygulanan AC Switch Programına ilişkin detaylı bilgiler yer almaktadır. Program kapsamında konut seviyesinde 300 000 ve ticarethane

¹³ Gelişmiş ölçüm altyapısı (AMI), enerji kullanımını ölçen, toplayan ve analiz eden ve elektrik sayaçları gibi ölçüm cihazlarıyla iletişim kuran sistemleri ifade eder.

¹⁴ Tarife bazlı temel programlar ToU, CPP ve RTP olarak tezin ilgili bölümlerinde detaylı olarak anlatılmıştır.

seviyesinde 10 000 tüketici yer almakta olup, programın puant yüke etkisi %17 seviyelerine kadar çıkabilmektedir [123].

Bunun dışında şebeke etkileşimli akıllı termostatlar vasıtasıyla da talep tarafı yönetimi yapılmakta olup bu kapsamında sisteme kayıtlı 1,2 GW seviyesinde termostat bulunmaktadır [123].

Çizelge 4.4 : Güney Kaliforniya EDISON şirketi tarafından yürütülen AC şalter programı [123].

Programa ilişkin temel bilgiler	Detaylı açıklaması
Programın Adı	Yaz indirimi programı
Program yürütücüsü	Güney Kaliforniya EDISON
Hedef tüketici grubu	Konut/ticarethane
Programın kapsamındaki esnek yükler	Tüketicilerin havalandırma sistemleri
Etkinleştirme türü	Uzaktan otomatik kontrol
Bildirim türü	Mobil uygulama üzerinden ön bildirim
Teşvik türü	Fatura avantajı
Teşvik miktarı	Konut düzeyindeki bir tüketici için yılda yaklaşık 180 \$
Puant yüke etkisi	%100 etkileştirmede %25-27

Çizelge 4.5'te Detroit EDISON (DTE) şirketi tarafından yürütülen Akıllı Akımlar Programının detayları yer almaktadır.

Çizelge 4.5 : DTE Şirketi Talep Tarafı Katılımı Programı [124].

Programa ilişkin temel bilgiler	Detaylı açıklaması
Programın Adı	Akıllı akımlar programı
Program yürütücüsü	Detroit EDISON
Hedef tüketici grubu	Konutlar
Programın kapsamındaki esnek yükler	Akıllı termostatlar ve akıllı ev aletleri
Etkinleştirme türü	Uzaktan otomatik kontrol
Bildirim türü	Mobil uygulama üzerinden ön bildirim
Teşvik türü	Kritik pik fiyatlandırma (15:00-19:00)
Puant yüke etkisi	Yılda en fazla 20 kez uygulanabilmekte

Program kapsamında tüketicilerin tüketimleri kritik puant yük saatlerinde akıllı termostatlar ve akıllı elektrikli ev aletleri vasıtasıyla kontrol edilmektedir.

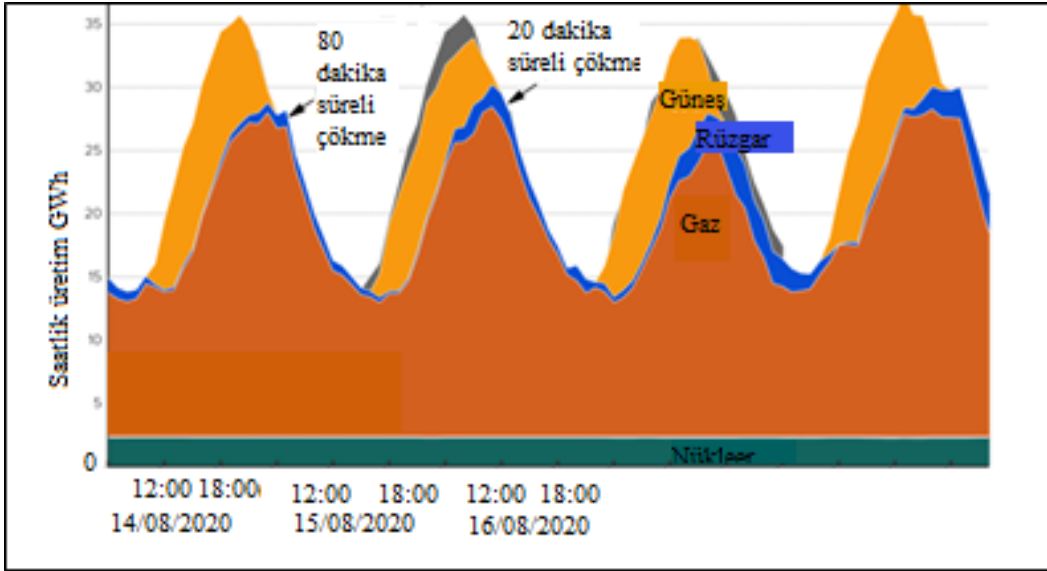
ABD’de, talep tarafı katılımını teşvik etmek için tüketicilere yönelik farkındalık programları da yürütülmektedir. Şebeke işletmecileri tarafından puant yük saatlerinde, tüketicilerin SMS veya sosyal medya kanallarıyla bilgilendirilmesi sayesinde tüketiciler nezdinde farkındalık yaratılarak puant saatlerdeki tüketimlerini kendi iradeleriyle pik olmayan saatlere kaydırması özendirilmektedir. Müşterilerine enerji tüketimini azaltmak için ipuçları veren ve davranışsal bilinç geliştirmeye odaklı söz konusu programlar, şebekeye yaklaşık 735 MW kapasitede bir esneklik sağlamaktadır. Söz konusu kapasitenin ABD’deki toplam talep tarafı esnekliği içerisinde yaklaşık %2 gibi düşük bir orana sahip olmasına karşın, tüketicilerin farkındalığını artırması, enerji verimliliği sağlaması ve maliyetinin neredeyse sıfıra yakın olması nedeniyle iyi bir uygulama örneği olduğu değerlendirilmektedir [53].

IEA’nın talep tarafı katılımına ilişkin 2020 yılında yayımladığı verilere göre [54], toplamda 35 GW kapasitesindeki talep tarafı esnekliğinden yukarıda örnekleri verilen enerji verimliliği teşvik programları ve dinamik fiyatlandırmaya dayalı tarifeler vasıtasıyla faydalanılmaktadır.

Ülkede talep tarafı kaynaklarını puant yük yönetiminde etkili bir biçimde kullanmakta olan bağımsız şebeke işletmecisi CAISO, talep tarafı esnekliği ve bataryalar sayesinde 2021 yılı yazında, son yüz yıl içerisinde kaydedilmemiş seviyede yükselen ve mevsim normallerinin çok üzerinde seyreden yüksek hava sıcaklıklarına rağmen şebekeyi işletebilmesiyle dikkat çekmektedir [125]. Söz konusu sıcaklık artışları klima yüküne etki ettiğinden, ilgili tarihlerde bölgedeki puant talepte kritik bir yükselme yaşanmıştır.

CAISO, Şekil 4.3’te görüldüğü üzere, Kaliforniya’da 2020 yılının 14 ve 16 Ağustos tarihlerinde sırasıyla 80 dakika ve 20 dakika süreyle olmak üzere üst üste gerçekleşmiş olan sistem çökmelerinden (black out) edindiği tecrübeler neticesinde, esneklik seçeneklerini artırmaya yönelik gerekli tedbirleri alarak, 2021 yılında, bir önceki yılın aksine şebekesini kesintisiz bir biçimde işletilebilmiştir. Ayrıca, 2020 yılının yaz döneminde 51 GW seviyelerine ulaşmış olan pik talebin, 2021 yılının aynı dönemlerinde,

talep tarafı katılımı programları sayesinde birkaç GW mertebesinde düştüğü gözlemlenmiştir [125].



Şekil 4.3 : 2020 yılı Ağustos Ayında Kaliforniya’da Yaşanan Sistem Çökmeleri [125, 126].

Son olarak, ilgili yazıda, toplayıcılık hizmeti sağlayan aracı şirketlerin talep birleştirici rolüne dikkat çekilmekte ve bu sayede artan talep tarafı esnekliğinin yaz boyunca yaşanan sıcaklık dalgalanmalarının getirdiği pik talep artışlarının dengelenmesine yardımcı olduğuna vurgu yapılmaktadır [125]

5. TALEP TARAFIGI KATILIMI PROGRAMLARI İÇİN TEMEL TÜKETİM DEĞERİNİN (BASELINE) HESAPLANMASI

Temel tüketim değerin belirlenmesi, talep tarafı esnekliğinin ölçülmesi için gerekli olup, tüketicinin esnekliğini şebeke işletmecilerine veya piyasalara sunduğu saatlerde gerçekte ne kadar enerji tüketeceğini ve dahil olduğu talep tarafı katılımı programı kapsamında bu enerjinin ne kadarını tüketmekten vazgeçtiğinin belirlenmesini sağlamaktadır.

Bu yönüyle, başarılı bir talep tarafı katılımı programının en önemli şartlarından birisi uygun bir referans tüketim değeri belirleme metodolojisinin tayin edilmesidir. Bu sayede, tüketicilerin sisteme gerçekte ne kadar hacimde bir esneklik sağladığı doğru bir biçimde tespit edilerek sistem işletmecileri tarafından şebekenin güvenle işletilmesi sağlanabilir ve bunun karşılığında tüketiciler hak ettikleri ölçüde teşvik alabilir. Bunun yanı sıra iyi bir referans tüketim belirleme metodolojisi, uygulanan talep tarafı katılımı programının performansının ölçülmesi için de oldukça önemlidir [64].

Bu bölümde, temel tüketim değerin belirlenmesinde gözetilmesi gereken temel ilkeler ve temel tüketim değeri hesaplamaya ilişkin yöntemler yurtdışı uygulamalarından da örnekler verilerek ele alınmaktadır.

5.1 Temel Tüketim Değerinin Tanımlanması

Temel tüketim değeri, tüketim esnekliğini bir hizmet ya da ürün olarak piyasalara sunan tüketicilerin normal işletme koşullarında, yani söz konusu esnekliği ticarete konu etmediği durumda gerçekleşmesi beklenen enerji tüketim miktarını ifade etmektedir [127].

Talep tarafı katılımı programları kapsamında yer alan bir tüketicinin normal işletme koşullarında (business as usual) tüketmesi beklenen elektriğin hesaplanması, tüketmekten vazgeçilen ve piyasaya sunulan yük düşümünün değerini ortaya koymaktadır. Hesaplanan

referans değer ile gerçekleşen arasındaki fark piyasaya sunulan enerji miktarını belirlediğinden, izleme ve ödeme bu farka tekabül eden enerji miktarı üzerinden yapılmaktadır. Talimata ilişkin bildirimlerin gerçek zamana yani talimatın başlangıcından dakikalar öncesinde verilmesi halinde, temel tüketim değeri hesaplanmaksızın, talimat öncesi tüketimin talimat sonrası da aynen devam edeceği varsayımıyla bulunan değer de kullanılabilir [128].

5.2 Temel Tüketim Değerinin Belirlemesine İlişkin Genel İlkeler

Temel tüketim değeri, esnekliğin sunulduğu piyasayı ya da hizmeti satın alan piyasa veya şebeke işletmecisi tarafından herhangi bir kısıntı talimatı verilmediğinde meydana gelecek olan enerji tüketiminin tahminidir. Öncelikle, söz konusu değerin esnekliğin konu edildiği şebeke hizmetinin veya piyasasının yapısına uygun olacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu durum temel tüketim değerinin belirlenmesi için talep tarafı katılımı programının yapısına özęü bir metodoloji geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Öte yandan, programa uygunluk dışında, temel tüketim değeri belirlemek üzere kurgulanacak yöntemlerin eşit taraflar arasında ayırım gözetmeyecek şekilde adil ve rekabetçi olması ve hizmet alıcısı ve sağlayıcısı olan taraflar açısından tedarik, uygulama ve izleme süreçlerini kolaylaştırıcı nitelik taşıması gerekmektedir. Doğruluk (gerçek değere yakınlık), uyumluluk, basitlik, uygulanabilirlik ve şeffaflık temel tüketim değerinin belirlenmesinde dikkate alınması gereken başlıca parametreler olarak sıralanabilmektedir [129].

a) Doğruluk

Temel tüketim değerinin gerçeğe yakın olarak belirlenmesi, tüketicilerin gerçekte sisteme sağladığı esneklik için fazla ya da eksik ödeme almaması bakımından önem arz etmektedir [130]. Aynı zamanda şebeke işletmecileri tarafından sistemdeki arz ve talep dengesinin doğru bir biçimde planlanabilmesi açısından da temel tüketim değerinin gerçeğe mümkün olduğunca yakın olarak belirlenebilmesi gerekmektedir.

b) Basitlik

Temel tüketim değeri belirleme metodolojisinin, tüketicinin kendisi ya da üçüncü kişiler tarafından da hesaplanabilecek düzeyde basit olarak kurgulanması önemlidir. Bu sayede, tüketiciler dahil oldukları talep tarafı katılımı programı kapsamında ne kadar yük düşmeleri gerektiğini hesaplayabilecek ve esnekliklerine karşı ne kadar ödeme alacaklarını öngörebilecektir. Söz konusu öngörülebilirlik, esnekliğin maliyetini de azaltıcı yönde etki edebilmektedir [131].

c) Dürüstlük

Temel tüketim değerini belirlemek üzere kurgulanacak metodolojinin, eşit taraflar arası ayırım gözetmeyecek şekilde oluşturulması ve bir piyasa oyuncusunu diğerlerine karşı avantajlı hale getirmeyecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Böylelikle gerek esnekliğin sunulduğu piyasanın rekabetçi yapısının korunması gerekse esnekliğin şebeke işletmecisi olarak sunulduğu durumda ilgili şebeke hizmetinin tedarik sürecinin adaletli bir biçimde yürütülmesi sağlanabilecektir [64].

d) Uygulanabilirlik

Temel tüketim değeri belirleme metodolojisinin, talep tarafı katılımı programının yapısına uyumlu olması bir diğer önemli parametredir. Talep tarafı katılımı programı kapsamında talimatların bildirim zamanının, temel tüketim değeri belirleme metodolojisi belirlenirken dikkate alınması gerekmektedir.

Talimatların anlık, dakikalar öncesinde, saatler hatta bazı durumlarda günler veya haftalar öncesinde verildiği talep tarafı katılımı programları uygulanabilmektedir. Bu nedenle programın niteliğine ve uygulama şekline göre en doğru tahminleri sağlayabilecek farklı metotların kurgulanması gerekmektedir. Bu husus tüketiciler tarafından metodolojiden kaynaklı hataların piyasayı yanıltıcı yönde kullanılmasını engellemek ve talimatların sistemin ihtiyacı olan esneklik miktarını karşılayacak şekilde oluşturulması açısından önemlidir [131].

e) Şeffaflık

Temel tüketim değeri belirleme metodolojisinin şeffaflığı programa katılmak isteyen tüketicilerin farkındalığını artırmak ve programa dahil olan tüketicilerin izlemesini kolaylaştırmak bakımından dikkate alınması gereken önemli parametrelerden biridir [39].

Yukarıda bahsedilen kriterleri karşılayacak ve piyasa katılımcıları tarafından manipüle edilemeyecek kötüye kullanılmaya karşı dirençli bir temel tüketim değeri belirleme metodolojisi geliştirmek konuyu kapsamlı bir biçimde ele almayı ve çok yönlü düşünmeyi gerektirmektedir. Örneğin karmaşık bir temel tüketim değeri belirleme metodolojisi, katılımcıların piyasalarda işlem yapmasına ve sağlanan esnekliğin izlenmesine engel oluşturabilecek iken çok basit yaklaşımlar da katılımcıların temel tüketim seviyesini kendi lehlerine hesaplanacak bir şekilde kötüye kullanmasına yol açabilecektir. Kurgulanacak temel tüketim değeri belirleme metodolojisinin, metodolojinin uygulanacağı talep tarafı katılımı programının amaçlarına ve uygulama şekline de uyumlu olması gözetilmesi gereken bir diğer önemli husustur.

Bu çerçevede, tez çalışmasının bu bölümde, yurt dışında uygulanan temel tüketim değeri belirleme metodolojileri incelenerek ülkemizde 2021 yılı içerisinde yayımlanmış olan metodoloji üzerine değerlendirmeler yapılacaktır. Tez çalışmasının ilerleyen bölümlerinde ise ülkemizde kurgulanan metodolojinin performansı analiz edilerek, metodolojinin performansının iyileştirilmesi için yurtdışı örnekleri çerçevesinde bir düzeltme katsayısı önerilecektir.

5.3 Temel Tüketim Değeri Belirlemeye İlişkin Yöntemler

Temel tüketim değeri belirlemeye ilişkin yöntemler, kullanılan verilerin türüne ve söz konusu verilerin analiz edilme şekline göre farklı şekillerde kurgulanabilmektedir. Temel tüketim değeri hesaplaması, tipik olarak, hesaba konu ürün veya hizmetin uzlaştırma dönemi ile zaman bakımından aynı çözünürlükte yapılmaktadır. Temel tüketim değeri hizmetin ölçülmesi ve doğrulanması için kullanıldığından, verilerin ölçüm çözünürlüğünün de hem ürün veya hizmeti sağlamaya hem de referans tüketim değerinin belirlenmesine uygun olması gerekmektedir. Bazı durumlarda temel tüketim değeri bir

esneklik hizmetinin veya ürününün satın alındığı dönem boyunca sabit olarak da uygulanabilmektedir.

a) Aktivasyon öncesindeki ve sonrasındaki sayaç verilerinin kullanılmasına dayalı yöntemler (MBMA)

Sayaç öncesi ve sayaç sonrası yöntemi (MBMA), aktivasyon öncesindeki bir veya birkaç saat öncesindeki tüketim seviyesinin referans alındığı bir temel tüketim değeri yöntemidir. Bu yöntemde esas alınan temel tüketim değeri yalnızca sayaç verisine veya aktivasyon öncesindeki belirli bir zaman aralığındaki sayaç verilerinin ortalamasına göre belirlenmektedir. Talimat başlangıcında sonraki aktivasyon dönemindeki tüketim verileri, aktivasyon öncesindeki tüketim verileriyle kıyaslanarak, ilgili kullanıcı tarafından sağlanan esnekliğin miktarı hesaplanmaktadır [131].

Söz konusu yöntem, genellikle talimatların gerçek zamanlı veya gerçek zamana çok yakın olarak verildiği ve kısa süreli aktivasyon gerektiren hizmetlerde tercih edilmektedir. Aynı zamanda, geçmiş verileri gerektirmediği için, hizmet alıcısı tarafından esneklik hizmetinin çok sık kullanıldığı durumlarda da temel tüketim değerinin hesaplanması için kullanılabilir. Örneğin, sistem işletmecileri tarafından satın alınan gerçek zamanlı dengeleme hizmetleri için bu yöntemin uygulanması düşünülebilir [132].

MBMA yöntemi, tüketim profilinin saat içinde veya gün içinde değişkenliğinin düşük olduğu kullanıcılar için daha iyi sonuç vermektedir. Öte yandan, değişken tüketim profiline sahip bir kullanıcıdan alınan hizmetin miktarının bu yöntem ile belirlenmesiyle doğru sonuç elde edilmesi zor olmaktadır. Örneğin, 15 dakikalık aktivasyon gerektiren bir dengeleme hizmeti kapsamında talimat alan bir tüketicinin, sistem işletmecisine sağladığı esnekliğin değeri bu yöntem ile hesaplanması ancak söz konusu tüketicinin tüketim profili çok değişken olması halinde elde edilen sonuç gerçeği yansıtmayabilmektedir [131]. Şöyle ki, söz konusu tüketici ilk 15 dakikada çok fazla enerji tüketmesine karşın, takip eden 45 dakika çok az enerji tüketecek olabilmektedir. Bu durumda ilgili saatin on beşinci dakikasında yük düşüm talimatı verilmesi halinde, bu yöntemle göre ilk 15 dakikadaki tüketim baz alınarak hesaplanan temel tüketim değeri yüksek olacağından, ilgili tüketici

tarafından talimata uyulmaksızın normalde tüketilecek miktarda enerji tüketilse dahi verilen talimat yerine getirilmiş gibi sayılabilmektedir.

Söz konusu yöntemin uygulanması, talep tarafı esnekliğinden faydalanan program türüne göre zaman bakımından yeterli çözünürlükte verinin sayaç üzerinden ölçülmesini ve kaydedilmesini gerektirmektedir. Örneğin ABD'nin CAISO bölgesinde yan hizmetlere katılan talep tarafı kaynakları için uygulanan söz konusu yöntem için beş dakikalık çözünürlükte veriye ihtiyaç duyulmaktadır [132]. Öte yandan yöntem herhangi bir tahmin içermediği için basit ve kolay anlaşılırdır.

b) Aktivasyon Öncesindeki Ve Sonrasındaki Pencere Verilerinin Kullanılmasına Dayalı Yöntemler (WBA)

Pencere yöntemi, aktivasyon öncesinde veya sonrasında gerçekleşen tüketimleri içeren bir veri penceresinin kullanılmasını içermektedir. MBMA' den farkı, daha geniş bir veri setinin esas alınması ve aktivasyon sonrasındaki veri setinin de temel tüketim değeri hesaplamasında kullanılmasıdır.

Bu yöntem de MBMA'ya benzer şekilde geçmiş tüketim verilerine veya hava tahmini gibi dış verilere ihtiyaç duymamaktadır. Yine geçmiş verilere dayanarak bir tahmin algoritması geliştirmeyi gerektirmemektedir [131].

c) Esneklik Hizmeti Sağlayıcısının Tahminine Dayalı Yöntemler

Bu yöntemde temel tüketim değeri, hizmeti sağlayan tüketicinin tüketim profili üzerinden gelecekteki tüketimlerine ilişkin tahmin yapılmasını içermektedir [129]. Söz konusu tüketim tahminleri piyasanın veya hizmetin tedarik sürecinin kapanış zamanından önce ya da hizmete özel olarak belirlenmiş bir zamana kadar, söz konusu tüketici adına işlem yapan aracı şirket (toplayıcı) tarafından ilgili piyasa veya sistem işletmecisine gönderilmektedir. Ürün veya hizmeti satın alan piyasa veya sistem işletmecileri söz konusu planlanan değerler ile aktivasyon süresince gerçekleşen değerleri kıyaslayarak sunulan ürün veya hizmetin değerini hesaplamaktadır. Örneğin Türkiye'de toplayıcıların gün öncesi piyasasında (GÖP) bir tüketicinin esnekliği için teklif sunması ve söz konusu teklifin eşleşmesi halinde, tıpkı hali hazırda üretim şirketlerinin GÖP'teki işlemleri

neticesinde kesinleşmiş günlük üretim programı (KGÜP) bildirimlerini gün öncesinde piyasa işletmecisi olan Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketine (EPIAŞ) bildirdiği gibi, işlem yapılan tüketici için tüketim programını bildirmesine karşılık gelmektedir.

Bu yöntemde tüketim tahminleri tüketici veya kendisi adına işlem yapan toplayıcı tarafından gerçekleştirildiğinden, piyasa veya sistem işletmecileri açısından teknolojiden bağımsız bir yöntemdir ve genellikle gerçek zamanlı talimat verilmesini içeren ürün veya hizmetlerde tercih edilmektedir [132]. Esneklik hizmetini veya ürününü piyasa veya sistem işletmecisi, tüketici veya kendisi adına işlem yapan toplayıcı tarafından gönderilen tüketim tahminlerinin, hizmetin aktive edilmediği saatlerde, gerçekleşen tüketim ile sapmasını hesaplayarak, gönderilen tahminlerin doğruluğunu ölçebilir. Söz konusu yöntemin uygulanabilmesi için ölçüm çözünürlüğünün yüksek olması gerekmektedir. Sistem işletmecisi veya piyasa işletmecisine geçmiş verilerin sunulması gerekmemektedir. Esneklik hizmeti sağlayan taraf, bu kapsamda yer alan tüketim tesisinin geçmiş tüketim verilerinden faydalananak kendi tercih ettiği bir tahmin yöntemi veya teknolojisi üzerinden tahmin yapabilmektedir.

d) Geçmiş Tüketim Verilerine Dayalı Yöntemler

Geçmiş tüketim verilerine dayanan temel tüketim değeri belirleme yöntemleri, aktivasyonun gerçekleştiği günden önceki günlerde gerçekleşen tüketimleri esas alarak temel tüketim değerini hesaplamaktadır. Örneğin, esnekliğin kullanılacağı günden önceki beş iş gününde gerçekleşen tüketim değerlerinin ortalaması alınmaktadır [130].

Burada temel tüketim değerinin belirlenmesi için hangi verilerin kullanılabileceğinin net olması önem arz etmektedir. Örneğin geçmiş tüketim verileri arasından daha önce talimat verilen günler, hafta sonları ya da resmî tatillere denk gelen günler, hesaplamada kullanılacak veriler arasından çıkartılabilmektedir.

Bunun yanı sıra, ortalaması alınacak günlerin arasında, tüketim verileri söz konusu ortalamanın belirli bir yüzdesinin altında veya üzerinde olan günler var ise, bu günler de hesaplamada dikkate alınmayabilmektedir. Örneğin, temel tüketim değeri hesaplamasında, talimat verilecek güne en yakın tarihli olan ve daha önce talimat

verilmemiş olan beş iş gününün verisi dikkate alınacak ise, söz konusu beş günün tüketim değerlerinin ortalaması alınmaktadır. Seçilen beş gün arasında, tüketim değeri, hesaplanan ortalama tüketim değerinin yüzde yetmiş beşinin altında kalan günler varsa bu günler hesaplama dışı çıkarılabilmektedir ya da bu veriler arasında tüketim değeri en düşük olan gün çıkartılarak kalan dördünün ortalaması alınabilmektedir [133]. Buna ilave olarak, geçmiş on haftalık zaman diliminde gerçekleşen en yüksek 8 tüketim de esas alınabilmektedir. Önemli olan seçilen yöntemin net bir biçimde, hizmet alınmadan önce kurgulanmış olmasıdır. Bu tür yöntemlerde temel tüketim değeri hizmeti satın alan piyasa veya sistem işletmecisi tarafından hesaplanmaktadır.

e) Regresyon Analizine Dayalı Yöntemler

Regresyon analizi yöntemi, geçmiş tüketim verilerinin yanı sıra hava durumu ve benzeri dış değişkenlere göre tüketim verilerinin tahmin edilmesini içermektedir. Regresyon analizi, yükün tahmin edilen değerinin, dış değişkenlere göre nasıl tepki gösterdiğini dikkate almaktadır. Bu yöntem kapsamında, hizmet sağlayıcısı olan tüketicinin temel tüketim değeri, aktivasyonun gerçekleşeceği güne ilişkin hava durumu ve tüketim programı esas alınarak hesaplanmaktadır [131]. Söz konusu yöntemler farklı düzeyde veri gerektirdiği ve tahmin yöntemi farklı değişkenlere bağlı olarak geliştirildiği için, diğer yöntemlere nazaran daha karmaşık bir yapıya sahiptir.

Öte yandan, tahmin yapabilmek için çok sayıda faktörün dikkate alınması, tahminin gerçeğe yakınlığını artırmaktadır. Regresyon yöntemi geniş bir veri havuzundan faydalanmayı gerektirmektedir. Söz konusu verilerin çözünürlüğü, formatı ve doğruluğu ise, bu yöntem ile hesaplanacak temel tüketim değerinin doğruluğunu doğrudan etkileyecektir. Söz konusu yöntemlerin uygulanmasında gün içerisinde bir düzeltme katsayısı uygulanması da yöntemin performansını artırabilmektedir [129].

f) Dış Değişkenlere Bağlı Referans Değer Hesaplanmasına Dayalı Yöntemler (Örneğin Hava Durumuna Bağlı Tahmin Yöntemleri)

Söz konusu yöntemler, regresyon analizinden farklı olarak, geçmiş verilerden faydalanmaksızın yalnızca dış değişkenleri baz alarak geliştirilen algoritma veya

denklemler üzerinden tahmin yapılmasına dayanmaktadır. Öte yandan, bu yöntemler tüketim tahminlerinden ziyade, rüzgâr, güneş veya dalga enerjisi gibi değişken yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretimi tahminlerinde öne çıkmaktadır [131].

g) Benzer kullanıcı grubunun verileri referans alınarak tahmin yapılmasına dayalı yöntemler

Söz konusu yöntemler kapsamında esneklik hizmeti sağlayan tüketicinin referans tüketim değeri, aynı dönemde esneklik hizmetine katılmayan ancak tüketim profilleri benzer olan bir grup kullanıcının verileri üzerinden tahmin yapılmaktadır. Bu tür yöntemler genellikle, tüketim miktarları ve profilleri çok benzer nitelik taşıyan bir grup tüketicinin, temel tüketim değeri hesaplanan aynı zaman diliminde gerçekleşen tüketim verilerinin ortalamasının alınması ile uygulanmaktadır [131].

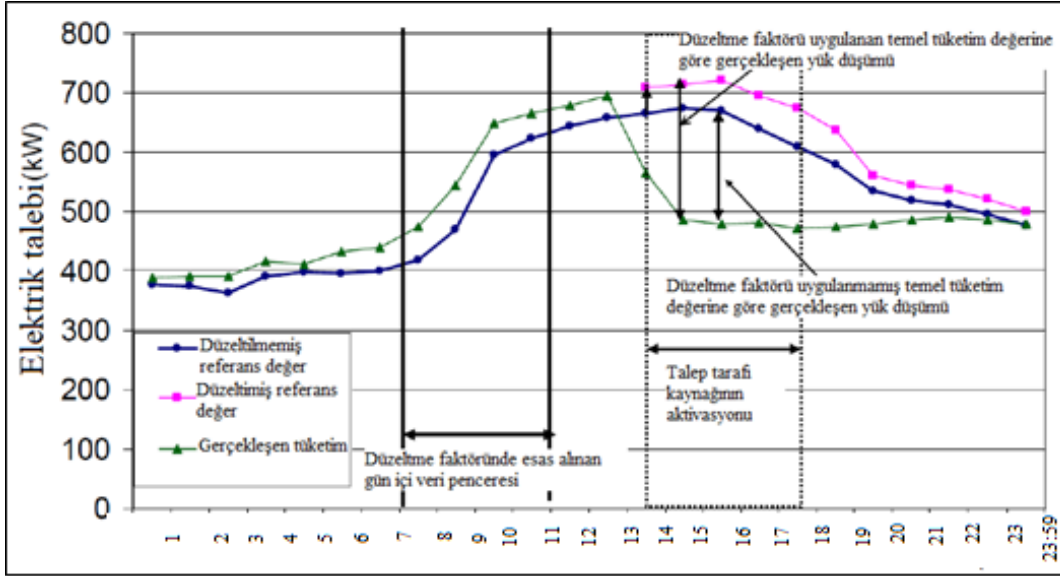
Yukarıda detayları izah edilen temel tüketim değeri belirleme yöntemlerinin haricinde, geçmiş tüketim verilerine dayalı hesaplamalarda ya da regresyon analizinde, gün içi düzeltme faktörleri uygulanmaktadır.

h) Gün İçi Düzeltme Yöntemleri

Söz konusu yöntemler, tercih edilen temel tüketim değeri belirleme metodolojisinin geçmiş tüketim verilerini dikkate alması halinde, yöntemin performansını iyileştirmek üzere, gün içi tüketim verilerinden faydalanarak bir düzeltme faktörü uygulanmasını içermektedir. Böylece aktivasyonun gerçekleşeceği günde, esneklik hizmet sağlanmadığı durumda gerçekleşecek olan tüketim daha yüksek düzeyde bir doğrulukla tahmin edilebilmektedir [133]. Düzeltme faktöründe esas alınacak periyot ise tüketicinin tüketim alışkanlıklarına göre değişebilmektedir.

Şekil 5.1’de gün içerisindeki hava durumu değişimlerine karşı tüketim değişkenliği yüksek olan bir tüketici için belirlenen temel tüketim değerine düzeltme katsayısı uygulandığı ve uygulanmadığı durumu ortaya koyan bir örnek yer almaktadır. Şekil 5.1’de tüketicinin gerçek tüketimini gösteren sayaç verisi yeşil renk ile gösterilmektedir. Aynı dönem için geçmiş tüketim verilerine göre hesaplanan ve gün içi düzeltmesi

uygulanmamış olan temel tüketim değeri eğrisi grafikte mavi renkli çizgi ile gösterilmektedir. Yeşil çizgi ise gerçekleşen tüketimi ve aktivasyon sürecince gerçekleşen yük düşümünü yansıtmaktadır.



Şekil 5.1 : Talep Tarafı Programları Kapsamında Hizmet Sunan Bir Tüketim Tesisine İlişkin Günlük Tüketim Eğrisi [131].

Grafikten anlaşılacağı üzere düzeltme uygulanmamış olan temel tüketim değerleri, gerçekte ölçülen tüketim verilerinin altında kalmaktadır. Öte yandan, Şekil 5.1'deki grafikte pembe renkli olarak görülen düzeltme katsayısı uygulanmış temel tüketim değeri eğrisi değerlendirildiğinde, geçmiş tüketim verilerine göre hesaplanan temel tüketim değerine düzeltme katsayısı uygulanması halinde söz konusu tahminler gerçeğe yakınsadığı görülmektedir.

Bu sayede, ilgili tüketici tarafından gerçekleştirilen yük düşüm miktarı daha doğru bir biçimde hesaplanabilmekte ve tüketicinin hizmete sunduğu esnekliğin değeri gerçeğe en yakın biçimde ortaya koyulmaktadır. Şekil 5.1'de yer alan örnek grafik incelendiğinde, düzeltme uygulamaya esas gün içi tüketim penceresinin aktivasyon saatinden (14:30) iki saat öncesinden başlamak üzere geriye dönük 4 saatlik zaman dilimini (08:00-12:00 arası) kapsadığı anlaşılmaktadır. Söz konusu örnek için tüketici tarafından sağlanan esnekliğin miktarı ise, hesaplanan temel tüketim değeri ile aktivasyon süresince gerçekleşen tüketim

değeri arasındaki fark alınarak hesaplanmaktadır. Örnekte düzeltme katsayısı uygulanmaksızın yapılan hesaplama kapsamında tüketicinin esnekliğinin gerçekteki yük düşümünden daha düşük hesaplandığı görülmektedir. Söz konusu örnekten yola çıkarak, geçmiş günlerin tüketim verilerine dayalı bir temel tüketim değeri belirleme yöntemine, gün içi düzeltme katsayısı uygulanmasının, daha adaletli bir uygulamaya olanak sağladığı söylenebilmektedir [121].

Gün içi düzeltme katsayısı uygulaması, miktar (additive adjustment) veya oran (scalar adjustment) üzerinden yapılabilir. Miktar üzerinden yapılan düzeltme, gün içerisinde düzeltme için esas alınacak periyot (adjustment period) için, hesaplanan ve gerçekleşen değerler arasında fark, aktivasyon döneminde hesaplanan temel tüketim değerine doğrudan miktar olarak eklenmektedir. Oransal olarak yapılan düzeltmede ise; gün içi kalibrasyon dönemi için hesaplanan değerlerin (d), ilgili dönemde gerçekleşen tüketim değerlerine (b) oranı (d/b) yüzde cinsinden hesaplanmakta ve söz konusu oran, aktivasyon döneminde hesaplanan temel tüketim değerine düzeltme faktörü olarak uygulanmaktadır [129].

5.4 Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisinin Temel Bileşenleri

Teşvik bazlı talep tarafı katılımı programları, sistem ihtiyaçları doğrultusunda tüketim alışkanlıklarını değiştirmeye razı gelen tüketicilere, yük düşmelerine veya bazı programlarda yük artırmalarına karşılık ödeme teşviki sağlamaktadır. Söz konusu ödeme tutarı ise, ilgili tüketiciler tarafından sunulan ve temel tüketim değeri referans alınarak hesaplanan esnekliğin miktarına göre belirlenmektedir.

Bu nedenle, temel tüketim değerinin, talep tarafı katılımı programı kapsamında yer alan bir tüketicinin normal işletme koşullarında tüketmekten vazgeçeceği enerjiye karşılık fazladan veya eksik ödeme almamasını sağlamak üzere gerçeğe yakın tahminde bulunabilecek şekilde kurgulanması gerekmektedir.

Öte yandan, tüketicilerin çok sayıda değişkene bağlı olan dalgalı tüketim profilleri, temel tüketim değerinin gerçeğe yakın olarak tespitini zorlaştırmaktadır. Örneğin imalat

sanayisinde faaliyet gösteren bir tüketicinin tüketimi, aldığı sipariş miktarına göre saatlik, günlük mevsimsel ölçekte değişebilmektedir.

Ticari veya konut düzeyindeki tüketicilerin tüketimleri ise hava durumuna ve iklim koşullarına göre gün içerisinde, hafta içerisinde, ay içerisinde ve yıl içerisinde büyük ölçüde değişkenlik göstermektedir.

Bu çerçevede, tüketicinin esnekliğinin değerinin hesaplanması için kullanılan temel tüketim değeri belirleme yöntemlerinde kullanılan temel parametreler Çizelge 5.1’de verilmektedir.

Çizelge 5.1 : Temel Tüketim Değeri Hesaplama Yöntemine İlişkin Temel Parametreler [129].

Parametreler	Detaylı açıklaması
Ölçüm çözünürlüğü	Tüketim ölçümlerinin yapıldığı ve kayıt altına alındığı zaman aralıkları (örneğin 15 dakikada bir)
Tüketim penceresi	Tüketicinin esnekliğinden faydalanılacak yani kısıntının gerçekleştirileceği günün ilgili saati için temel tüketim değerini belirlemek üzere faydalanılacak olan ve genellikle ilgili güne en yakın tarihli olan geçmiş günlerin ilgili saatlerdeki tüketim verilerinden oluşan veri aralığı
Düzeltilme faktörü	Geçmiş tüketim verilerinden faydalanılarak gerçekleştirilen temel tüketim değeri hesaplamasında kullanılan ve gün içinde gerçekleşen tüketim verilerine dayalı olarak uygulanabilen düzeltme katsayısı
Düzeltilme limiti	Temel tüketim değeri hesaplamasında kullanılabilen azami düzeltme katsayısı miktarı veya oranı
İstisna kuralları	Tüketim penceresine dahil edilemeyecek yani temel tüketim değeri hesabında kullanılmayacak olan geçmiş tüketim verileri (örneğin hafta sonları, resmî tatil günleri veya daha önce kısıntı talimatı verilmiş olan günler gibi)

a) Ölçüm Çözünürlüğü

Talep tarafı esnekliği için ihtiyaç duyulan ölçüm çözünürlüğü, esnekliğin konu edileceği talep tarafı katılımı programının niteliğine göre değişebilmektedir. Talep tarafı

esnekliğinden faydalanılan hizmet veya piyasa kapsamında talimat süresi bir saat veya daha uzun ise saatlik ölçüm çözünürlüğü yeterli olabilecek iken, yan hizmetler kapsamında sistem işletmecileri tarafından tedarik edilen frekans kontrolü hizmetleri gibi talimat süresinin dakika mertebesinde veya daha kısa olduğu durumlarda, ilgili talimat süresi boyunca normal şartlarda gerçekleşmesi beklenen temel tüketim değerini hesaplamak için geçmiş tüketim verilerinin de zaman ölçeği bakımından en azından aynı çözünürlükte olması gerekmektedir [132]. Her koşulda, tüketim verilerinin ölçüm çözünürlüğü ne kadar yüksek ise, temel tüketim değeri o denli gerçeğe yakın tespit edilebilmektedir. Günümüzde, sosyal refah seviyesi yüksek olan çoğu ülkede elektrik şebekelerinde yaygınlaşmış veya yaygınlaşmakta olan akıllı sayaçlar sayesinde tüketim ölçümleri dakika ölçeğinde gerçekleştirilebilmektedir [134].

b) Tüketim Değeri Hesaplamasında Kullanılacak Veri Penceresi

Temel tüketim değerinin gerçek değere en yakın şekilde hesaplanabilmesi için tüketim penceresinin genişliğini belirlemek elzemdir. Tüketim penceresinde kullanılan veri gerçek zamana ne kadar yakınsa, gerçeğe o denli yakın sonuç vermektedir. Öte yandan, talep tarafı katılımı programın kapsamında uzun süreli ve sık aktivasyon gerçekleştiği durumlarda tüketim penceresinin dar olması tüketiciler tarafından temel tüketim değerinin suiistimal edilmesine yol açabilmektedir. Örneğin, talimatın hemen öncesindeki bir zaman aralığında yer alan geçmiş tüketim verilerinin ortalamasının alınması yöntemiyle temel tüketim değerinin hesaplanması, yan hizmetler gibi gerçek zamana dakika mertebesinde yakın bir zaman kala talimatın bildirildiği ve talimat süresinin de dakika veya en fazla saat mertebesinde kısa süreli gerçekleştiği durumlarda kullanılabilir. Fakat talep tarafı esnekliğinden yedek kapasite olarak faydalanılan, bildirimin gerçek zamandan en az bir gün önce gerçekleştirildiği ve 2-8 saat aralığında uzun süreli yük düşmeyi gerektiren hizmetler için; çok yakın tarihli geçmiş tüketim verilerinin kullanılması, kısa süreli hatta geçici tüketim değişikliklerinin yanıltıcı olabilmesi nedeniyle gerçekte ne ölçüde yük düşüldüğünün anlaşılmasını zorlaştırabilmektedir [129].

Bu nedenle, bu tür programlarda, daha geniş bir tüketim penceresi seçilmesi, temel tüketim değeri hesabının daha gerçekçi olarak hesaplanmasını sağlayabilmektedir. Bunun

da ötesinde, tüketici tarafından sağlanan esnekliğin miktarının, gerçek zamana çok yakın olan geçmiş tüketim değerleri üzerinden hesaplanması, kullanıcılar tarafından kısıntının başlangıç zamanından önce kasti olarak tüketim artırılarak, temel tüketim değerinin yüksek olarak belirlenmesinin sağlanmasına ve gerçekte talimat süresince normal işletme planlarına göre yük düşmeksizin enerji tüketse dahi, ilgili talep tarafı katılımı programı kapsamında yük düşmüş gibi ödeme teşviki almasına yol açabilecektir. Örneğin, bir talep tarafı katılımı programı kapsamında, temel tüketim değeri gün öncesinde aynı zaman diliminde gerçekleşen tüketim miktarına göre belirlenmekteyse ve söz konusu program kapsamında yer alan bir tüketiciye Salı günü saat 12:00-18:00 saatleri arasında yük düşme talimatı verildiyse; söz konusu tüketici, ilgili talep tarafı katılımı programı kapsamında alacağı ödeme teşviki, tüketimini artırdığında faturasına yansıyacak olan ilave elektrik fiyatından yüksek ise, pazartesi günkü tüketimini artırarak, salı günü 12:00-18:00 saatleri arasında tüketim programını değiştirmeksizin, yük düşmüş gibi görünmeyi sağlayabilir [129].

Arz yeterliliği sağlamayı hedefleyen kapasite bazlı talep tarafı katılımı programlarında, genellikle, talimat verilecek güne en yakın tarihli olan ve daha önce kısıntı talimatı verilmemiş olan 10 iş günü dikkate alınmaktadır. Söz konusu 10 günlük pencerenin, yakın tarihli tüketim eğilimini ortaya koyma açısından yeteri kadar kısa ve manipülasyonu önleyebilecek kadar uzun olması nedeniyle bu iki önemli kriter arasındaki dengeyi iyi sağladığı söylenebilmektedir. Öte yandan, piyasadaki fiyat sinyallerine karşılık tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesini hedefleyen ve yük düşme sıklığı yüksek olan talep tarafı katılımı programları için ise gerçek zamana daha yakın verilerden faydalanılması yerinde olacaktır [133].

Tüketim penceresinde kullanılabilecek maksimum geçmiş tüketim verisi ise tüketim penceresinin limitini oluşturmaktadır [131]. Bilhassa, kısıntı talimatlarının sık verildiği programlar kapsamında, geriye dönük verilerinden faydalanılacak gün sayısının belirlenmesi önem arz etmektedir. Tüketim penceresinde en fazla 30-45 gün geri gidilmesi, temel tüketim değeri hesabının gerçeğe daha yakın bir biçimde yapılabilmesini sağlamaktadır. Aksi bir durumda, mevsimsel tüketim değişkenlikleri nedeniyle sağlıklı bir

hesap yapılması zorlaşabilmektedir [129]. Örneğin Türkiye’de temmuz aylarında tüketim klima yükünden ötürü yüksektir. Temmuz ayından itibaren geriye dönük 30 veya 45 günlük tüketim verilerine bakıldığında, söz konusu veriler aşağı yukarı aynı mevsimsel koşullara denk geldiğinden temel tüketim değeri hesabındaki sapma miktarı düşük olabilecektir.

Öte yandan temel tüketim değeri hesaplanan günden itibaren geriye dönük 3 aylık verinin esas alınması, mevsim veya iklim şartları daha keskin biçimde değişebileceğinden, tüketim verileri gerçekten uzaklaşmaktadır. Örneğin, turizm sektöründe faaliyet gösteren bir işletme için, gerçek zamandan geriye bir aylık verinin kullanılmasıyla, geriye dönük üç aylık verinin baz alınması arasında büyük farklılıklar oluşabilecektir. Örneğin, talep tarafı katılımı programı kapsamında bir şebeke işletmecisi ile anlaşması olan ve yaz mevsiminde iş yapan Bodrum gibi turistik bir bölgede faaliyet gösteren bir otelin, Kasım ayında aldığı talimatın temel tüketim verisinde üç ay önceki yani ağustos ayının verisinin kullanılması oldukça yanıltıcı olabilecektir. Böylesi bir hesaplama ile belirlenecek tüketim temel tüketim değeri yükselecek ve söz konusu tüketici gerçekte şebekeye bir esneklik hizmeti sağlamaksızın gerçek zamanda tüketimini hiç düşürmeden düşürmüş gibi görünerek, bunun karşılığında ödeme teşviki alabilecektir.

c) İstisna Kuralları

Temel tüketim değerinin belirlenmesinde kullanılacak geçmiş tüketim verilerini içeren uygun bir veri penceresi oluşturulduktan sonraki adım ise; temel tüketim değeri hesaplanan gün için söz konusu pencere içerisinde kullanılabilecek en benzer günleri belirlemektir. Örneğin temel tüketim değeri hesaplanan gün bir iş günü ise, penceredeki iş günlerine ilişkin veriler; temel tüketim değeri hesaplanan gün hafta sonunda yer alıyorsa, pencere içerisinde hafta sonlarına denk gelen günlerin tüketim verileri, temel tüketim değeri hesaplanan günkü tüketim eğrisine daha benzer olacaktır. Veri penceresi içerisinde benzer günlerin tespit edilmesinin yanı sıra, resmî tatillere ve daha önce kısıntı talimatı verilmiş olan günlere ilişkin tüketim verileri yanıltıcı olabileceğinden, temel tüketim değeri hesabında dikkate alınmaması daha uygun olacaktır [131]. Örneğin, talep tarafı programı kapsamında pazartesi günü saat 10:00-14:00 arası dört saat süre ile

tüketimini düşürmüş olan bir kullanıcının, ihtiyacı olan tüketimi, günün takip eden saatlerine kaydırması beklenmektedir. Bu durum, söz konusu talep tarafı katılımı programı kapsamında yer alan bir tüketicinin, kısıntı uygulanmış bir gündeki tüketim profilinin, normal işletme koşullarında gerçekleşecek tüketim profilinden farklılaşmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, kısıntı talimatı verilmiş günlere ilişkin geçmiş tüketim verilerine dayanarak hesaplanacak temel tüketim değeri sağlıklı bir sonuç vermeyecektir.

Bunun haricinde, temel tüketim değerleri hesaplanırken, tüketim penceresi limiti¹⁵ içerisinde yer alan belirli sayıdaki benzer gün seçilerek oluşturulan tüketim penceresi içerisinde, genellikle tüketimi en yüksek olan günlere ilişkin veriler baz alınmaktadır. Bunun temel nedeni, kısıntı talimatı verilen günlerin genellikle şebekede puant talebin yüksek olduğu ve hava koşullarının olağan dışı olduğu günlerde gerçekleşmesi ve talep tarafı esnekliğinden faydalanılacak olan tüketicinin de böylesi bir günde tüketiminin diğer günlere nazaran yüksek gerçekleşmesi beklenmesidir. Tüketicinin daha fazla bir esnekliğe karşılık daha az bir ödeme teşviki almasını engellemek adına, temel tüketim değerinin, geçmiş veriler arasında tüketimi en yüksek olanlara göre belirlenmesi ve tüketicilerin hesaplama yönteminden kaynaklı olarak zarara uğramasının önüne geçmenin amaçlanmasıdır [129].

Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri’nde Kaliforniya Eyaletinde uygulanmakta olan ve “highest 3 of 10” olarak da bilinen, on benzer günün en yüksek üçünü esas alan temel tüketim değeri hesaplama yöntemi kapsamında; geçmiş 45 günlük tüketim verisi içerisinde, temel tüketim değeri hesaplanan güne en yakın tarihli olan 10 gün benzer gün seçilip, söz konusu on gün arasında tüketim verisi en yüksek olan 3 tanesinin aritmetik ortalama alınarak temel tüketim değeri hesaplanmaktadır [133].

New York’ta da çok benzer şekilde “highest 5 of 10” yani “on benzer günün en yüksek beşi” yöntemi uygulanmakta olup, daha fazla veri dikkate alındığından bu yöntem

¹⁵ Temel tüketim değeri hesaplamasında temel tüketim değeri hesaplanan günden geçmişe doğru olmak üzere, tüketim verilerinden azami gün sayısını ifade etmektedir.

Kaliforniya’da uygulanan yönteme kıyasla doğruluk ve uygulanabilirlik arasındaki dengeyi sağlama açısından daha avantajlıdır [129].

Öte yandan, puant talep yönetiminin öncelik olmadığı talep tarafı katılımı programlarında daha kısa süreli ve gerçek zamana daha yakın olan tüketim verilerine göre hesap yapılması halinde, istisnaların daha sınırlı olarak uygulanması gerekmektedir.

Çizelge 5.2’de örnek bir tüketicinin, örnek bir günde yer alan belirli zaman aralıklarına ilişkin olarak benzer on güne ait tüketim verileri ve söz konusu on günlük benzer veriler arasından en yüksek beşinin aritmetik ortalaması (highest 5 of 10) hesaplanan temel tüketim değerleri yer almaktadır.

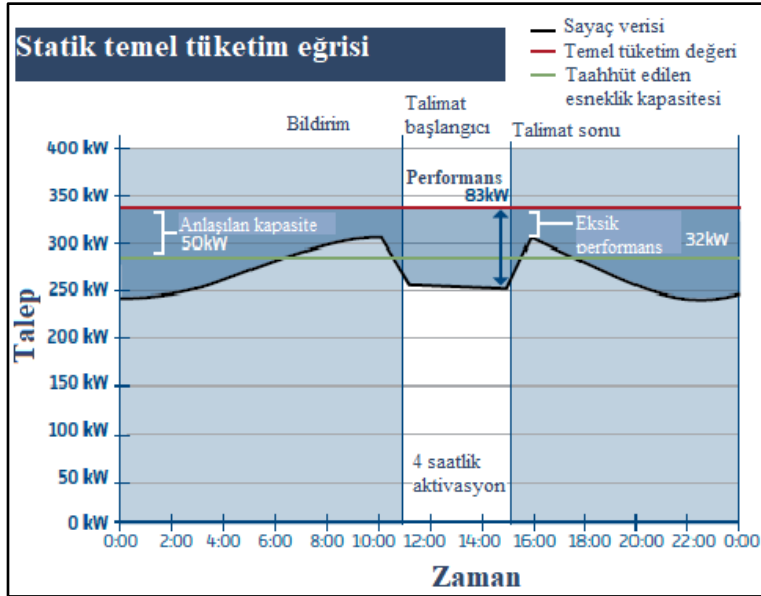
Çizelge 5.2 : Geçmiş On Günlük Benzer Verinin En Yüksek Beşi (Highest 5 Of 10) Yöntemine Göre  rnek Olarak Hesaplanan Temel Tüketim Değerleri [129].

Seçilen Benzer Günler	1 nolu tüketim aralığındaki (kWh)	2 nolu tüketim aralığındaki (kWh)	N nolu tüketim aralığındaki (kWh)	Ortalama elektrik tüketimi (kWh)
1	2.100	2.100	2.000	2.033
2	2.100	2.200	2.100	2.133
3	2.000	2.100	2.000	2.033
4	2.200	2.500	2.200	2.300
5	2.000	2.100	2.000	2.033
6	2.100	2.200	2.100	2.133
7	2.400	2.300	2.400	2.367
8	2.000	2.100	2.000	2.033
9	2.600	2.700	2.600	2.633
10	2.000	2.100	2.000	2.033
Temel tüketim	2.280	2.380	2.290	

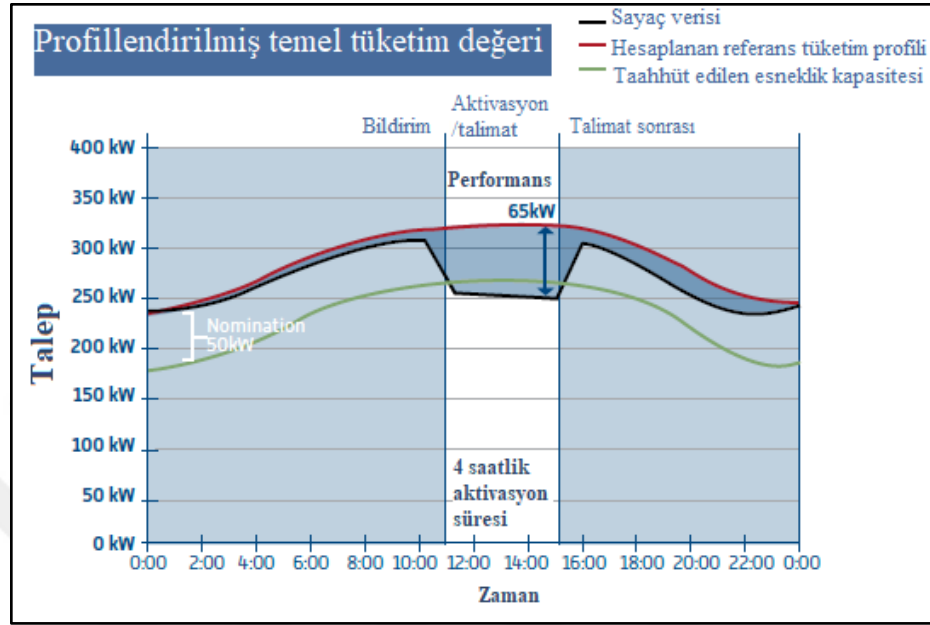
Burada, bir tüketim tesisinin 1,2 ve N olarak belirlenen tüketim periyotları için geçmişe dayalı en yüksek beş tüketim verisinin 2, 4, 6, 7 ve 9 uncu günlerde gerçekleştiği varsayımıyla söz konusu günlerdeki tüketim değerlerinin her bir tüketim periyodu için ayrı ayrı olacak şekilde aritmetik ortalaması alınmak koşuluyla örnek olarak hesaplanan temel tüketim değerlerini göstermektedir. Söz konusu verilere göre 1, 2 ve N dönemleri için temel tüketim değerleri sırasıyla; 2280, 2.380 ve 2.290 kWh olarak hesaplanmaktadır. Söz konusu farklı tüketim periyotlarının temel tüketim değerleri hesaplanarak, temel tüketim eğrisi oluşturulmaktadır.

d) Temel Tüketim Eğrisinin Türü

Temel tüketim değeri, bazı durumlarda gün içerisinde değişken bir profilde belirlenebileceği gibi bazı durumlarda gün içerisinde statik olarak da belirlenebilmektedir. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te sırasıyla statik ve değişken temel tüketim değeri örnekleri görülmektedir [129]. Değişken temel tüketim eğrisinde, piyasaya sunulan esneklik daha gerçeğe yakın olarak hesaplanabilmekteyken statik temel tüketim eğrisi ile hesaplanan esneklik gerçek kapasiteden daha yüksek oranda sapmaktadır. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3 bu durumu detsekleyen ve değişken tüketim eğrisi ile statik tüketim eğrisinin tahmin performansını kıyaslayan örnek bir hesaplamayı içermektedir.



Şekil 5.2 : Statik Temel Tüketim Eğrisi.



Şekil 5.3 : Değişken Temel Tüketim Eğrisi.

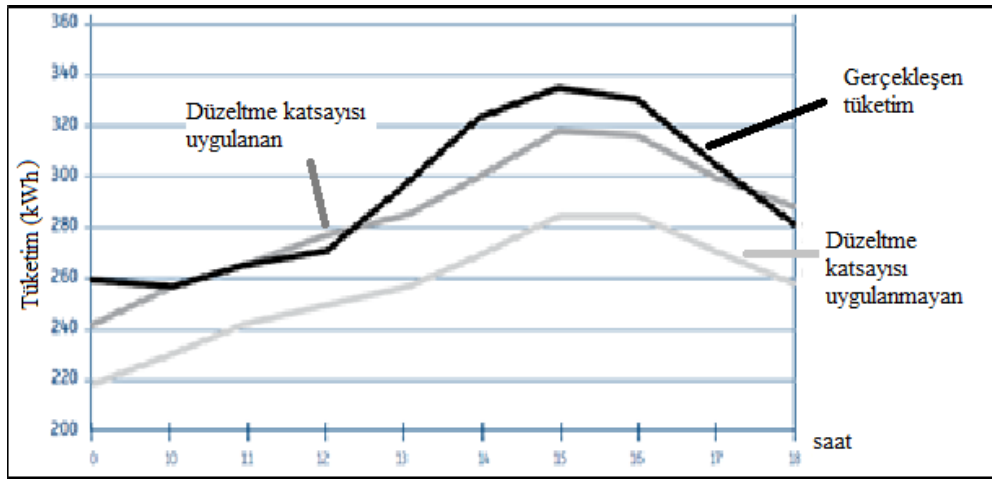
Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te görüldüğü üzere gerçekte 50 MW olarak sağlanması beklenen yük düşümü, puant saatte başlatılan kısıntı talimatı süresince değişken temel tüketim eğrisine göre maksimum 65 kW olarak sağlanırken, statik temel tüketim eğrisine göre 83 kW olarak hesaplanmaktadır.

5.5 Temel Tüketim Değerinin Düzeltilmesi

Talep tarafı katılımı programları kapsamında yer alan tüketicilere kısıntı talimatı verilen günler, genellikle şebekedeki toplam talebin yüksek olduğu ve dolayısıyla ilgili tüketicinin de normal şartlara nazaran daha yoğun enerji tükettiği günlere denk gelmektedir. Bu nedenle tüketicinin yük profilini gerçek zamanın şartlarına göre daha doğru olarak tahmin edebilmek için talimatın başlangıç saatinden önceki saatler baz alınarak, ilgili gün içerisinde tüketimi etkileyebilecek değişkenleri de hesaba katacak şekilde bir düzeltme katsayısı uygulanabilmektedir.

ABD’ de PJM¹⁶ ve Yeni İngiltere bağımsız şebeke işletmecisi (ISO New England) tarafından yürütülmekte olan talep tarafı katılımı programları kapsamında, benzer gün yaklaşımıyla yapılan temel tüketim değeri hesaplamaları için, talimat gününe ilişkin hava durumu verisinden ve talimat başlangıcından önce gerçekleşen gün içi tüketim verilerinden faydalanılarak düzeltme uygulanmaktadır [133]. Hava koşullarındaki değişime göre tüketim profilinin gerçek zamanda tahmin edilmesi ve temel tüketim değerinin buna göre düzeltilmesi zor ve karmaşık bir algoritmayı gerektirmektedir [132].

Bu nedenle genellikle yalnızca, kısıntı talimatının başlangıç saatinden önce yani gerçek zamandan dakikalar veya saatler öncesinde gerçekleşen tüketim miktarları dikkate alınarak düzeltme yapılmaktadır. Gün içi düzeltme faktöründe faydalanılacak gerçek zamana yakın tüketim verilerinin oluşturduğu kümeye “kalibrasyon dönemi” de denilmektedir [129]. Şekil 5.4’te Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı tarafından yapılan örnek analize göre, örnek bir tüketici için örnek bir günde, gündüz düzeltme faktörü uygulanan temel tüketim eğrisi ile düzeltme uygulanmamış olan temel tüketim eğrisi arasındaki fark gösterilmektedir.



Şekil 5.4 : Düzeltme Katsayısının Temel Tüketim Değeri Eğrisine Etkisini Gösteren Bir Örnek [135].

¹⁶ PJM Amerika Birleşik Devleti'nin; Delaware, Illinois, Indiana, Kentucky, Maryland, Michigan, New Jersey, North Carolina, Ohio, Pennsylvania, Tennessee, Virginia, West Virginia ve Columbia eyaletlerinde faaliyet gösteren bölgesel bir iletim operatörüdür.

Grafik incelendiğinde, ABD'nin Kaliforniya eyaletinde talep tarafı katılımı programları kapsamında uygulanan "highest 3 of 10" yöntemi ile örnek bir tesis için örnek bir günde on benzer günün en yüksek üçünün ortalaması alınarak hesaplanan temel tüketim değerleri ile elde edilen tüketim eğrisinin, gün içi düzeltme katsayısının uygulanması halinde, gerçek tüketim eğrisine yakınsadığı anlaşılmaktadır. Düzeltme katsayısı uygulanmayan durumda ise, hesaplanan temel tüketim değeri gerçek değerlerin altında kalmaktadır. Bu durum, düzeltme katsayısı uygulanmaması halinde, talep tarafı katılımı programı kapsamında tüketimini azaltan bir tüketicinin, sağladığı esneklik hizmetine karşılık, gerçek değerinden daha az bir ödemeye teşvik edilmesine yol açacaktır.

Gün içi düzeltmeler, skaler olabileceği gibi, doğrudan bir değer ekleme ile de gerçekleştirilmektedir. Skaler olan düzeltme faktörleri oransal bir kıyaslamaya dayanmaktadır [131].

Örneğin, aktivasyon gününde, talimat bildiriminden veya başlangıcından önceki saatler için hesaplanan temel tüketim değerleri gerçekleşenden %20 oranında sapsa, talimat verilen saatlerin temel tüketim değerleri de aynı oranda düzeltilmektedir.

Diğer yaklaşımda (additive) ise, aktivasyon öncesinde hesaplanan temel tüketim değerlerinin gerçekleşenden sapma miktarı oransal olarak değil, doğrudan miktar üzerinden dikkate alınmaktadır. Örneğin, aktivasyon yapılacak saatin ilgili tüketiciye bildirildiği saatten öncesi için hesaplanan temel tüketim değeri ile gerçekleşen arasında 50 kW'lık fark var ise, aktivasyon periyodu için hesaplanan temel tüketim değerine doğrudan 50 kW eklenerek hesaplama yapılabilmektedir [131].

Bir diğer önemli konu ise, düzeltme katsayısının aşağı ve yukarı yönlü yani simetrik veya yalnızca yukarı yönlü olacak şekilde asimetrik olmak üzere ne şekilde uygulanacağıdır. Temel tüketim değerinin daha gerçekçi olarak hesaplanabilmesi için simetrik olarak uygulanması daha avantajlı olacaktır. Öte yandan, aşağı yönde düzeltmeler programın uygulanabilirliği açısından bazı zorluklar ortaya koyabilecektir. Örneğin gün içerisinde uygulanan düzeltme katsayısı sonrasında, hesaplanan temel tüketim değerinin daha düşük belirlenmesi, programa katılan tüketicilerin talimata uyması durumunda beklediğinden daha az ödeme teşviki alacak olması nedeniyle tüketicilerin motivasyonlarının düşmesine

ve talimatlara uymamasına veya talimatı yerine getirmedeği durumlarda sözleşmeleri kapsamında cezai yaptırımlara maruz kalmasına yol açabilecektir [129, 133].

Son olarak, simetrik uygulanan, yani temel tüketim değerlerini artırmanın yanı sıra düşürme yönünde de yapılan düzeltmeler, program katılımcısı olan tüketicilerin, tüketimlerini düzeltme katsayısında esas alınan bildirim öncesi döneme (kalibrasyon dönemi) kaydırarak temel tüketim değerinin yüksek hesaplanmasını sağlamasına yol açabilmektedir. Böylesi bir durum tüketicinin, puant talep saatlerini ve dolayısıyla bildirim yapılacak saati tahmin edebilmesi halinde manipülasyona açık olabilecektir. Asimetrik düzeltme durumunda ise, tüketiciler belirli düzeydeki ödemeyi garanti edeceğinden, bu tür karmaşık süreçleri planlamak yerine, rutin tüketim planlarını uygulamaya daha meyilli olacaktır [129].

Sonuç itibarıyla, puant yük saatlerinde şebekenin ihtiyacı olan esnekliği sağlamak ve arz güvenliğini korumak üzere yürütülen talep tarafı katılımı programları kapsamında tüketicilerin katılımını teşvik etmek için asimetrik ve yalnızca yukarı yönlü düzeltme katsayısı uygulanması, tüketicilerin esnekliğinden daha büyük ölçüde faydalanılabilmesi açısından daha avantajlı olabilecektir.

6. TÜRKİYE’DE TALEP TARAfi KATILIMI UYGULAMALARI

Özellikle son yirmi yıllık süreçte, iklim değışikliğinin de etkisiyle önem kazanan yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretimi ve dekarbonizasyon hedefleri doğrultusunda, şebekelerdeki arz ve talep dengesini korumak için gereken esneklik ihtiyacı artmaktadır. Artan esneklik ihtiyacını karşılamak ve yenilenebilir enerjinin şebekeye entegrasyonunu sağlamak üzere, çoğu gelişmiş ülkede, geleneksel olarak arzın talebe göre programlanması esasıyla işletilen şebeke yapısından, talebin de arza göre programlanabildiğı şebeke işletim anlayışına geçilmekte olup, organize elektrik piyasaları talep tarafının erişimine açılmaya başlanmıştır.

Dünya genelinde enerji sektöründe yaşanan söz konusu dönüşüm sürecine uyum sağlayabilmek, uluslararası enerji ticaretini sürdürülebilir kılmak, ulusal piyasalarda rekabeti artırmak, yerli ve yabancı yatırımların sürekliliğini sağlamak ve yerel ölçekte teknolojilerin gelişmesini sağlamak için söz konusu yenilikçi eğilimlerin takip edilmesi ve eş zamanlı olarak uygulanması ülkemiz açısından önem arz etmektedir. Zira, ülkemizin enerji sektörüne ilişkin stratejik planı, enerji verimliliğine ilişkin eylem planı ve benzeri stratejik dokümanları incelendiğinde; güneş ve rüzgar enerjine dayalı değışken üretimin enerji karışımındaki payının artırılmasına ve dağıtık üretimin yaygınlaştırılmasına ilişkin hedefleri gerçekleştirebilmek üzere şebekenin esneklik ihtiyacının talep tarafı kaynaklarından karşılanabilmesi maksadıyla talep tarafı katılımına ilişkin mevzuat altyapısının oluşturulması, toplayıcılara ilişkin yasal statünün belirlenmesi gibi yeniliklerin uygulanmasına dair için çok sayıda tedbirin uygulanmasını amaçladığı görülmektedir.

Tez çalışmasının bu bölümünde, talep tarafı esnekliğinin milli enerji politikamızdaki yerinden bahisle organize elektrik piyasalarında talep tarafı katılımına ilişkin mevcut duruma yer verilerek, tüketicilere özgü bir yan hizmet olarak 2021 yılında devreye alınan talep tarafı yedeğı hizmeti detaylı bir biçimde ele alınmaktadır.

6.1 Talep Tarafı Esnekliğinin Ulusal Stratejilerimizdeki Yeri

Talep tarafı katılımı için gerekli piyasa altyapısının oluşturulması stratejik hedeflerimiz arasında yer almakta olup, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca (ETKB) yayımlanan 2019-2023 yıllarına ilişkin ETKB Stratejik Planı [136] ve 2017-2023 yıllarını kapsayan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) [137] çerçevesinde buna ilişkin eylemler tanımlanmaktadır.

UEVEP kapsamında, esnek yükü olan elektrik tüketicilerinin bu esnekliğinden faydalanarak puant talebinin yönetilmesini sağlayan söz konusu mekanizmanın hayata geçmesi için toplayıcılar vasıtasıyla esnek yükü olan tüketicilerin bir araya getirilmesi DGP’de hareket imkânı kazandırılması, toplayıcıların yasal statüsünün ve lisans niteliğinin belirlenmesi, büyük ölçekli esnek tüketim yapısına sahip sanayi tüketicilerinin seçimi yapılarak (örneğin çimento, demir-çelik vb.) esnek tüketim portföyü oluşturulması ve konutlar da dâhil olmak üzere diğer tüketicilerin uygulamaya dâhil edilmesine yönelik değerlendirmelerin yapılması şeklinde detaylı eylemlerin hayata geçirilmesi hedeflenmiştir.

Zikredilen hedefler kapsamında bir başlangıç noktası olarak, ülkemizde talep tarafı esnekliğinden faydalanmak üzere mevzuat altyapısının oluşturulması için ilk adım, 21 Ocak 2021 tarihi itibarıyla Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından atılmıştır. Söz konusu tarihte, 31337 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına ilişkin Yönetmelik ile tanımlanan ve iletim sistemine bağlı tüketicilerden yan hizmetler kapsamında yedek kapasite tedarik edilmesini hedefleyen “Talep Tarafı Yedeği” hizmeti 27/07/2021 tarihi itibarıyla yürürlüğe girmiştir. Söz konusu hizmetin amaç kapsam ve uygulamasına tezin devamında detaylı bir biçimde yer verilecektir [138].

Öte yandan, ülkemizin aday olduğu ve güçlü bir ticari ortaklığımız bulunan AB Komisyonu tarafından 2019 yılı aralık ayında duyurulan Avrupa Yeşil Mutabakatıyla birlikte, dekarbonizasyon ve dijitalleşme önceliğinde çizilen söz konusu stratejiye uyum

sağlamak üzere Ticaret Bakanlığının koordinasyonu ile ilgili kurumlarımızca müşterek hazırlanan Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021 yılında yayımlanmıştır [139, 140].

İlgili plan kapsamında temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı sağlamak üzere milli enerji ve maden politikamıza uygun olarak 2027 yılı sonuna kadar her yıl rüzgar enerjisine ilişkin 1.000 MW ve güneş enerjisine ilişkin 1.000 MW kapasitesinde yeni yatırımları tesis edecek şekilde çalışmaların yürütülmesi hedeflenmektedir [140].

Söz konusu hedefler, ulusal elektrik şebekemizdeki değişken üretimin payının, 2021 yılı sonu itibarıyla 99 GW mertebesinde olan kurulu gücümüze oranla her yıl en az %2 seviyesinde artması anlamına gelmektedir [141]. Ulusal elektrik şebekemizin, söz konusu değişken kaynakların gerçek zamanda yol açabileceği üretim sapmalarıyla başa çıkabilmek üzere karşı daha dirençli hale getirilmesi için şebeke işletmecisinin elinin esneklik seçenekleri bakımından güçlendirilmesi gerekecektir.

Bu kapsamda talep tarafı esnekliğinden faydalanılan piyasa ve program seçeneklerinin çeşitlendirilmesi, büyük güçlü sanayi tesislerinin yanı sıra küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin (KOBİ), alışveriş merkezi, otel, hastane ve benzeri ticarethanelerin ve hatta ısıtma ve soğutma kaynaklı puant yük içerisinde yüksek paya sahip olan hanelerin de söz konusu programlara dahil olabileceği bir düzenleyici çerçevenin söz konusu hedeflere paralel olarak hayata geçirilmesi önem arz etmektedir.

Son olarak, yine Yeşil Mutabakat Eylem Planında temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı başlığı altında yer verilen enerji verimliliğine ilişkin hedefler kapsamında ülkemizin yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği çalışmalarının, Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında getirilen değişiklikler çerçevesinde açıklık analizine tabi tutularak ihtiyaç olması halinde geliştirilmesi ve Organize Sanayi Bölgelerinde faaliyet gösteren işletmeler önceliklendirilerek enerji verimliliği konusunda farkındalığın artırılması planlanmaktadır [140].

UEVEP kapsamında da sürdürülebilir enerji arzının sağlanması maksadıyla enerji dağıtım şirketlerine veya perakende satış şirketlerine yönelik yükümlülük programları, enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin hizmetlerinin standart hale getirilmesi, talep tarafı

katılımından faydalanmak üzere toplayıcıların yasal altyapısının oluşturulması ve tüketicilerin tüketimlerini yönetebileceği ortak veri platformlarının kurulması gibi birbiriyle ve aynı zamanda talep tarafı esnekliğiyle ilişkilendirilebilecek çok sayıda hedef bulunmaktadır [137].

Söz konusu hedefleri gerçekleştirmek üzere piyasada bütüncül bir yaklaşım sergilenmesi önem arz etmektedir. Örneğin, tez çalışması kapsamında incelenmiş olan yurt dışı örnekleri, talep tarafı katılımı uygulamalarının, enerji verimliliği danışmanlığı sağlayan şirketlerin hizmet portföylerinde yer alabildiği ve söz konusu şirketlerin talep tarafı esnekliğini piyasaya sunmak için danışmanlığa ihtiyaç duyan tüketicilere aracılık ederek toplayıcı rolü üstlenebildiğini göstermektedir [78].

Ayrıca, söz konusu şirketlerin, depolama sistemi gibi esneklik kaynaklarını ortak bir merkezde tesis etmek suretiyle, söz konusu kaynakları portföyündeki bir grup tüketicinin ortak kullanımına sunarak söz konusu tüketicilerin şebeke ile enerji alışverişlerinin dengelenmesine hizmet ettiği uygulamaların da mümkün olduğu görülmektedir [9, 73, 76, 84]. Bu çerçevede, söz konusu hedeflere ilişkin çalışmalar yürütülürken, teknik ve ekonomik açıdan sisteme toplamda en fazla fayda sağlayacak modellerin tercih edilebilmesi için eş güdümlü hareket edilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

6.2 Türkiye’de Talep Tarafı Kaynaklarının Organize Elektrik Piyasalarına Erişim Açısından Mevcut Durumu

Türkiye’de organize toptan elektrik piyasaları¹⁷, Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ) tarafından işletilmekte olan gün öncesi, gün içi piyasası, vadeli elektrik piyasası ve Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Belgesine ilişkin YEK-G piyasası ile Türkiye

¹⁷ Elektrik enerjisi, kapasitesi veya perakende alış satışının gerçekleştirildiği ve piyasa işletim lisansına sahip merkezî bir aracı tüzel kişilik tarafından organize edilip işletilen gün öncesi piyasası, gün içi piyasası ve ileri tarihli fiziksel teslimat gerektiren diğer elektrik piyasaları ile sermaye piyasası aracı niteliğindeki standardize edilmiş elektrik sözleşmelerinin ve dayanağı elektrik enerjisi ve/veya kapasitesi olan türev ürünlerin işlem gördüğü ve Borsa İstanbul Anonim Şirketi tarafından işletilen piyasaları ve Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi tarafından organize edilip işletilen dengeleme güç piyasası ve yan hizmetler piyasası gibi elektrik piyasalarını ifade etmektedir.

Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından işletilmekte olan dengeleme güç piyasası ve yan hizmetler piyasasından oluşmaktadır [142].

Bunun yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu kapasitedeki payının artmasıyla birlikte, ülkemizde kurulu olan ancak zamanla kapasite kullanım oranı düşen konvansiyonel kaynaklara dayalı üretim tesislerinin sistemde emre amade bulunmasını sağlayarak arz güvenliğini korumak üzere, sistem işletmecisi tarafından ilgili mevzuatta düzenlenen kriterler çerçevesinde, söz konusu tesislere teşvik ödemeleri yapılmasını içeren bir kapasite mekanizması uygulanmaktadır [143].

Türkiye’de gün öncesi ve gün içi olmak üzere Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ) tarafından işletilmekte olan spot elektrik piyasaları ve iletim şebekesi işletmecisi olan Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından işletilmekte olan dengeleme güç piyasalarına ilişkin usul ve esaslar EPDK tarafından, Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği (DUY) [142] ve ilgili alt mevzuatı kapsamında düzenlenmektedir. Yürürlükteki DUY hükümleri incelendiğinde talep tarafının katılımının gün öncesi piyasasına erişimine elverecek birtakım düzenlemeler mevcut olmasına rağmen; söz konusu düzenlemeler kapsamında tüketicilerin piyasaya erişiminin yalnızca tedarikçiler üzerinden gerçekleştirilebileceği sonucuna varılmaktadır.

Şöyle ki DUY’un tanımlar maddesinde; tüketim tesisleri dengeleme birimleri arasında sayılarak, yük alma ve yük atma talimatlarının tanımlarında sırasıyla tüketimin azaltılması ve tüketimin artırılmasına da yer verilmektedir.

Yine DUY içerisinde dengeleme birimleri ve kayıt kuralları başlıklı 22’inci maddede;

“Bağımsız olarak yük alabilen, yük atabilen ve ilgili mevzuat hükümleri doğrultusunda tesis edilmiş sayaçlar vasıtasıyla uzlaştırma dönemi bazında bağımsız olarak ölçülebilen tüketim tesisleri”

dengeleme birimi olarak tanımlanmakta ve

“Dengeleme birimi olma talebi uygun bulunan bir tüketim tesisinin dengeleme birimi olarak kaydedilebilmesi için Sistem İşletmecisi tarafından talep edilmesi halinde gerekli

izleme ve veri iletişim sistemlerinin Sistem İşletmecisinin koordinasyonunda kurulması ilgili piyasa katılımcısının sorumluluğundadır.” hükümleri düzenlenmektedir.

Bunun yanı sıra; DUY’ un tanımlar kısmında piyasa katılımcıları lisans sahibi tüzel kişilerle sınırlandırılmakta iken dengeleme birimi kayıt kurallarına ilişkin 24’üncü maddede piyasa katılımcılarının serbest tüketici niteliği taşıyan bir tüketim birimini veya tüketim birimleri topluluğunu dengeleme birimi olarak kayıt ettirmesine ilişkin işlemlere yer verilmektedir. DUY kapsamında bağımsız toplayıcılara ilişkin herhangi bir düzenleme ya da atıf ise bulunmamaktadır.

Mevcut DUY hükümleri bir arada değerlendirildiğinde tüketicilerin doğrudan ya da bağımsız toplayıcılar vasıtasıyla gün öncesi piyasasına katılım sağlayamamasına karşılık Sistem İşletmecisi koordinasyonunda gerekli izleme ve veri iletişim altyapısının kurulması kaydıyla, lisans sahibi ve piyasa katılımcısı olan tedarikçileri üzerinden tüketime azaltılması ya da artırılması suretiyle enerji ticaretine katılabileceği anlamına gelmektedir.

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunun çerçevesinde, elektrik piyasasında tedarik faaliyeti; görevli tedarik şirketleri, tedarik lisansı sahipleri ve üretim lisansı sahipleri tarafından yürütülebilmektedir. Üretim ve tedarik lisansı sahibi şirketler ise kendi seçtiği bir tedarikçi ile ikili anlaşma imzalayarak, anlaşmada belirlenen fiyat ve şartlarda elektrik enerjisi satın alma hakkına sahip olan serbest tüketicilere¹⁸ elektrik enerjisi satışı yapabilmektedir [144]. 2022 yılı itibarıyla EPDK tarafından belirlenen serbest tüketici limiti yıllık 1,100 kWh’tir [145]. Ülkemizde dağıtım bölgeleri bazında doğal tekel niteliğinde faaliyet gösteren ve toplam sayısı 21 olan görevli tedarik şirketleri ise EPDK tarafından onaylanan tarifeler üzerinden kendi bölgelerindeki serbest olmayan tüketicilere ya da serbest tüketici olmasına rağmen bu hakkından faydalanmayan tüketicilere son kaynak tedarikçisi sıfatıyla elektrik tedarik eden şirketlerdir. Nihayetinde tedarik faaliyeti gösteren lisans

¹⁸ 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’nda serbest tüketici; “Kurul tarafından belirlenen elektrik enerjisi miktarından daha fazla tüketimi bulunduğu veya iletim sistemine doğrudan bağlı olduğu veya organize sanayi bölgesi tüzel kişiliğini haiz olduğu için tedarikçisini seçme hakkına sahip gerçek veya tüzel kişi” olarak tanımlanmaktadır.

sahibi şirketlerin piyasadaki birincil amacı tüketicilere elektrik enerjisi satışı gerçekleştirmektir [144].

Talep tarafı katılımının temel amacı ise tüketicilerin tüketmekten yani satın almaktan vazgeçtiği enerjinin piyasaya arz edilmesidir. Bu yönüyle, talep tarafı kaynaklarının sağlayacağı esneklik hizmetleri ile tedarikçilerin piyasa faaliyetleri arasında çıkar çatışması bulunmaktadır. Bu nedenle talep tarafı esnekliğinin tedarikçiler aracılığıyla piyasaya sunulması, çıkar bakımından çatışan iki hizmet türünün tek bir piyasa katılımcısı tarafından yürütülmesi nedeniyle söz konusu esnekliğin sistem ihtiyaçlarından ziyade ilgili tedarikçilerin ticari menfaatlerine hizmet edecek şekilde usulsüz kullanılmasına yol açabilecektir.

Bu kapsamda, talep tarafı esnekliğinden en üst seviyede istifade edebilmek için tüketicilerin piyasalara doğrudan katılabilmesine yönelik düzenlemeler yapılması ve piyasalara kendi başına erişme yeterliliği bulunmayan küçük veya orta ölçekli tüketicilerin esnekliğinden de faydalanabilmek için tüketicilerin tedarikçilerinden bağımsız olan aracı şirketler vasıtasıyla piyasalara katılabilmesine imkân sağlanması önem arz etmektedir. Nitekim, tez çalışması kapsamında yapılan yurt dışı örneklerine ilişkin literatür incelemesi çerçevesinde, AB piyasalarındaki uygulamalar da talep tarafı katılımının işler hale gelmesi ve toplayıcılar bakımından pazar hacmi yaratması için elektrik satışından ayrıştırılması gerektiğini göstermektedir. Toplayıcıların varlığı şebekenin tüm seviyelerinden her ölçekte tüketicinin piyasalara tedarikçisinden bağımsız olarak katılabilmesine olanak sunmaktadır.

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun [144] Lisanssız yürütülebilecek piyasa faaliyetleri başlıklı 14'üncü maddesinde talep tarafı katılımı kapsamında yürütülecek faaliyetler lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulabilecek faaliyetler arasında sayılmaktadır. Her ne kadar kanun kapsamında toplayıcıların lisans alma yükümlülüğünden muaf tutulmasının önü açık bırakılmış olsa da tüketiciler açısından bağımsız talep toplayıcıların güvenilirliğinin sağlanması ve piyasa işletmecisi açısından piyasa kayıt, teminat, uzlaştırma, ödeme, yaptırım vb. süreçlerinin daha sağlıklı yürütülmesini teminen toplayıcıların lisanslı piyasa oyuncusu olmasının faydalı olacağı

değerlendirilmektedir. Bu itibarla toplayıcılık hizmetine özel bir tedarik lisansı formatı oluşturulması düşünülebilir.

Bağımsız toplayıcıların varlığı talep tarafı katılımının etkinleştirilmesi için önemli olmakla birlikte; toplayıcılar vasıtasıyla sunulan talep tarafı katılımı hizmeti neticesinde portföyünde yer alan tüketicilerin tüketimleri gerçek zamanda değişen tedarikçiler dengesizlik riskiyle karşı karşıya kalacaktır. Bu nedenle; bağımsız toplayıcılara ilişkin düzenlemeler kapsamında tedarikçilerin ne şekilde uzlaştırılacağına dair yöntemin de belirlenmesi gerekmektedir.

Taraflar arasında bilgi alışverişi, enerji transferi ve finansal uzlaştırma için standart prosedürlerin geliştirilmesi en önemli koşullardan biri olmaktadır [43].

Talep tarafı katılımının piyasalara erişimi için toplayıcıların tanımlanması ve yasal statüsünün belirlenmesi dışında; piyasa kurallarının da tüketicilerin katılımına uygun olup olmadığının değerlendirilmesi gerekmektedir. Gün öncesi ve gün içi piyasalarında saatlik uzlaştırma dönemi uygulanması, söz konusu piyasalara teklif vererek ticarete katılmak isteyen bir tüketicinin en az bir saat boyunca tüketimini azaltma ya da artırmaya razı olmasını gerektirmektedir.

Bunun yerine; on beş dakika veya yarım saat gibi daha kısa uzlaştırma dönemleri için ticaret imkânı sunulması kısa süreli tüketim değişimlerine razı olabilecek tüketiciler tarafından piyasaya katılımı teşvik edici olacaktır. DGP tarafında ise; katılım için en az 10 MW kapasiteye sahip olma şartı tüketicilerin katılımını zorlaştıracı nitelikte olmaktadır. Bu nedenle söz konusu minimum kapasite şartının düşürülmesi talep tarafı katılımının etkin hale gelmesi için önem arz etmektedir [66].

Sonuç olarak, ülkemizde, talep tarafı katılımının spot elektrik piyasalarına erişimine elverecek birtakım düzenlemeler mevcut olmasına rağmen; spot piyasalara katılım ilgili mevzuatta lisans sahibi tüzel kişilerle sınırlandırıldığından, tüketicilerin ancak lisanslı piyasa katılımcısı olan tedarikçiler üzerinden spot piyasalara erişebileceği görülmektedir. Ancak tedarikçilerin piyasadaki birincil amacı müşterilerine enerji satışı gerçekleştirmek olduğundan, tüketim esnekliğinden, sistem ihtiyaçlarını karşılamaktan ziyade, kendi

portföy dengesizliklerini yönetmek ve benzeri menfaatleri doğrultusunda faydalanmak isteyeceği yönünde çekinceler bulunmaktadır.

Talep tarafı esnekliğinin, şebeke işletmecisinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde etkinleştirilmesi için, tüketicilerin doğrudan veya tedarikçilerinden bağımsız bir aracı şirket vasıtasıyla piyasalara erişebilmesi önem arz etmektedir. Özellikle AB ülkelerindeki örnekler, talep tarafı katılımının işler hale gelmesi ve toplayıcılar bakımından pazar hacmi yaratması için elektrik satışından ayrıştırılması gerektiğini göstermektedir. Nitekim ilgili AB direktiflerinde de bağımsız toplayıcı kurgusuna vurgu yapılmaktadır. Çizelge 6.1’de ülkemizde talep tarafı kaynaklarının elektrik piyasalarına erişim durumu görülmektedir.

Çizelge 6.1 : Türkiye Açısından, Talep Tarafı Kaynaklarının Elektrik Piyasalarına Erişiminde Mevcut Durum [66].

Piyasa	Hizmet türü	Talep tarafı katılımı	Doğrudan katılım	Toplayıcı üzerinden katılım
Yan hizmetler	Primer Frekans Kontrolü	Yok	Yok	Yok
Yan hizmetler	Sekonder Frekans Kontrolü	Yok	Yok	Yok
Yan hizmetler	Anlık Talep Kontrolü	Var	Var	Yok
Yan hizmetler	Talep Tarafı Yedeği	Var	Var	Yok
Dengeleme güç piyasası	Tersiyer Frekans Kontrolü	Yok	Yok	Yok
Gün öncesi	Enerji	Dolaylı	Yok	Yok
Gün içi	Enerji	Dolaylı	Yok	Yok
Kapasite mekanizması	Kapasite	Yok	Yok	Yok

Çizelge 6.1’de görüldüğü üzere, mevcut durumda tüketicilerin doğrudan erişebileceği hizmetler, yan hizmetler kapsamında yer alan anlık talep kontrolü hizmeti ile yeni devreye giren talep tarafı yedeği hizmetidir. Anlık talep kontrolü hizmeti, bir acil durum yük kesme programı olarak tasarlanmış olup, tüketim kaynaklarının esneklik hizmeti vermesinden ziyade, frekansın kritik seviyeye düştüğü durumlarda nadiren aktivasyon gerektirecek şekilde, şebekede yaşanabilecek zorunlu kesintilerin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır [146].

Kaldı ki, söz konusu hizmet bugüne dek TEİAŞ tarafından tedarik edilmediğinden, tüketiciler için bir pazar yaratmamaktadır. Talep tarafı yedeği hizmeti ise, tüketim esnekliğinin frekans kontrolü ya da kısıt yönetimi sağlamak üzere sistem işletmecisi tarafından yedek bir kapasite olarak kullanılmasını amaçlamaktadır.

Talep tarafı yedeği hizmeti sayesinde, iletim şebekesi işletmecisi olan Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) tarafından iletim sistemi arz güvenliğini muhafaza etmek üzere ihtiyaç duyulması halinde, iletim şebekesine bağlı ve bu aşamada yıllık elektrik enerjisi 10.000.000 kWh değerinin üzerinde olan tüketim tesislerinden, gönüllülük esasına dayalı ihaleler vasıtasıyla yedek kapasite tedarik edilebilecektir. Bu kapsamda, ulusal iletim şebekesinin güvenle işletilebilmesi için sistem işletmecisinin elindeki esneklik araçlarının çeşitlendirilmesi maksadıyla talep tarafı esnekliğinden faydalanmak üzere bir başlangıç yapılmıştır.

Ancak, ülkemizde spot elektrik piyasalarında yaşanan gelişmeler, şebekemizde esneklik araçlarının çeşitlendirilmesine ve dengeleme mekanizmasındaki yedek kapasitenin artırılmasına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Özellikle 2021 yılı yaz aylarında; iklim değişikliği neticesinde oluşan ani hava değişimlerinin yarattığı talepteki ani yükselişler, kuraklık nedeniyle büyük güçteki barajlı hidrolik santrallarda oluşan üretim kaybı, rüzgar santrallerinin dengesizliği, yaşanan doğal afetler ve benzeri nedenlerle üretimin azalması; gün öncesi piyasasında oluşan piyasa takas fiyatlarının, özellikle puant saatlerde EPDK tarafından belirlenmiş olan tavan fiyata dayanmasına ve şebekede arz sıkıntısı yaşanmasına yol açmıştır [147].

Bu durum, DGP kapsamında verilen acil durum talimatlarını oldukça artırmış ve zaman zaman elektrik kesintileri yaşanmıştır. Yaşanan tecrübeler, iklim değişikliğinin etkisiyle değişen dünyada, şebeke işletme anlayışının da değiştirilmesinin gerektiğini ortaya koymaktadır. Talep tarafı yedeği hizmetiyle birlikte, metalürji, çimento, kağıt, otomotiv ve gübre gibi büyük sanayi tesislerinin tüketim esnekliğinden şebeke ihtiyaçları doğrultusunda faydalanılması, önümüzdeki yıllarda bu tür beklenmedik durumlara karşı şebeke işletmecisinin elinin güçlendireceği değerlendirilmekle birlikte, daha fazla yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisini ve dağıtık enerji kaynağını sisteme entegre edebilmek için, şebekenin günden güne artması beklenen esneklik ihtiyacının bu tür uygulamaların farklı tüketici gruplarına genişletilmesi ve farklı piyasalara yaygınlaştırılması sayesinde karşılanması gerekecektir.

Elektrik enerjisinin frekans ve gerilim değerlerini standartlar dahilinde korumak ve kullanıcılara kaliteli ve kesintisiz enerji arzı sağlamak üzere şebekeye bağlı kullanıcılardan tedarik edilmesi esas olan yan hizmetler, ülkemizde hali hazırda yalnızca iletim şebekesi işletmecisi tarafından tedarik edilmektedir. Ancak, enerji dönüşüm sürecinde şebekeye entegre edilen veya önümüzdeki yıllarda edilmesi planlanan rüzgar veya güneş enerjisine dayalı üretim tesisleri veya tüketicilerin tesislerinde kurdukları kojenerasyon, çatı üstü güneş sistemleri gibi dağıtık enerji kaynakları şebekeye dağıtım seviyesinden bağlanmaktadır.

Mevcut durumda Türkiye’de kurulu lisanssız üretim tesislerinin dağıtım şirketleri kapsamında bölgesel dağılımı incelendiğinde, ülke genelinde kurulu dağıtık üretimin (lisanssız) en fazla yaygınlaştığı bölgenin 2020 yılı sonu itibarıyla %15 oranıyla Konya ve komşu illerini kapsayan ve Meram Enerji Dağıtım Anonim Şirketi (MEDAŞ) tarafından işletilmekte olan dağıtım bölgesi olduğu görülmektedir. İkinci sırada ise; lisanssız üretime dayalı kurulu kapasitede %10’un üzerinde pay sahibi olan, Eskişehir, Bilecik, Kütahya, Afyon ve Uşak illerini kapsayan ve Osmangazi Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi tarafından işletilen dağıtım bölgesi gelmektedir [66, 148].

Dağıtık üretim kaynaklarına sahip tüketiciler, geleneksel sistemlerdekinden farklı olarak bazı zamanlarda üretici gibi davranarak şebekeye üretim fazlası enerjisini vermekte,

yenilenebilir enerji kaynağının türüne göre üretim yapamadığı veya üretimin tüketimini karşılamadığı zamanlarda ise ihtiyacı olan enerjiyi şebekeden çekmektedirler. Ayrıca, söz konusu kullanıcıların şebekeye enerji vermesi halinde dağıtım sistemi tarafından iletim şebekesinden çekilen aktif güç miktarı azalmakta ve dağıtım şebekesi içerisinde ters yönlü yük akışları oluşmaya başlamaktadır. Bu durum şebekelerde gerilim değişimlerine, çift yönlü güç akışlarına ve artan hata seviyelerine yol açmaktadırlar [149, 150].

Günümüzde söz konusu kaynakların dağıtım şebekelerindeki etkileri bazı dağıtım bölgelerinde ihmal edilebilir düzeyde olsa da Konya ve civarındaki gibi, lisanssız üretim santrallerinin yoğun olduğu bölgelerdeki şebeke işletmecileri, şebekelerde artan reaktif güç ihtiyacını karşılamak üzere yüksek maliyetli kompanzasyon yatırımları yapmaktadır [151]. Şebeke yatırımlarına duyulan ihtiyacın artmasının yanı sıra, bu oran yükseldikçe enerji kesintisi riskleri de artmış olacaktır [152]. Bu kapsamda, enerji sektöründeki temiz kaynaklara dayalı üretim politikalarını içeren dönüşüm süreci, dağıtım şebekesinin işletilmesini ve kontrol edilmesini zorlaştırmakta ve dağıtım şirketi işletmecileri tarafından şebeke işletiminde yeni tedbirlerin alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır [66, 152, 153]. Bu itibarla; sera gazı bakımından temiz enerji üretimi, elektrifikasyon ve merkezi olamayan üretimi politikalarının çoğunlukla orta ve alçak gerilim seviyesinde şekillendirdiği modern enerji sistemlerinde esnekliğin dağıtım şebekesine indirgenmesine ve dağıtım şebekesi işletmecileri tarafından da talep tarafı esnekliği de dahil olmak üzere kullanıcılarının esnekliğinden faydalanılmasına yönelik düzenlemelerin de hayata geçirilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

6.3 Talep Tarafı Yedeği Hizmeti

6.3.1 Talep tarafı yedeği hizmetinin kapsamı ve tedarik şekli

Talep tarafı yedeği hizmeti, iletim şebekesi işletmecisi olan TEİAŞ tarafından, iletim şebekesi müşterisi olan ve yıllık elektrik enerjisi tüketimi 10.000.000 kWh limitinin üzerindeki tüketicilerden arz yeterliliğini ve güvenliğini sağlamak amacıyla yedek kapasite tedarik edilmesini içeren bir yan hizmet türü olarak elektrik piyasası mevzuatında yerini almıştır [138]. Talep tarafı yedeği hizmeti, TEİAŞ tarafından, piyasa işletmecisi

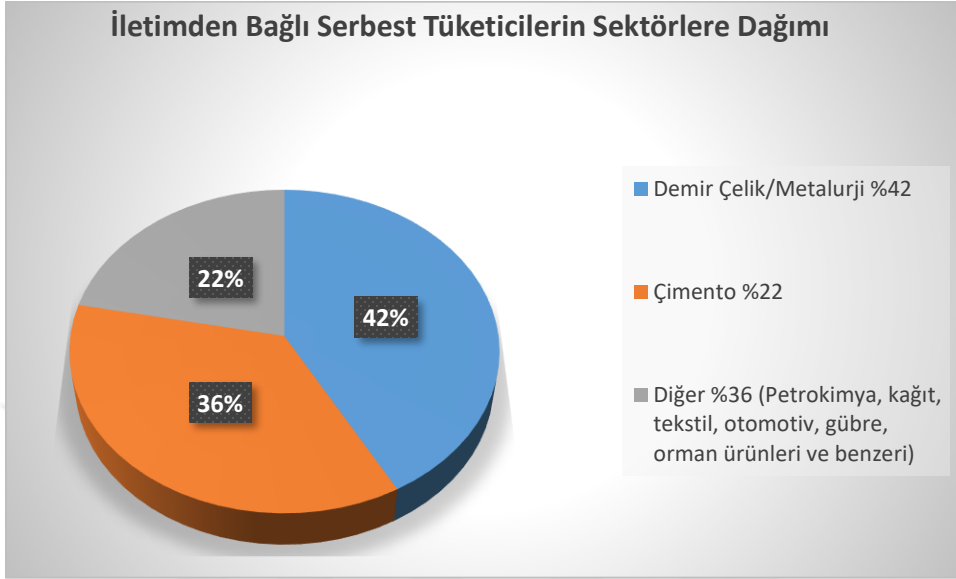
olarak yan hizmetler piyasası kapsamında yarışma usulüyle tedarik edilebilmektedir. Ayrıca, hizmetin bölgesel ve/veya dönemsel olarak tedarik edilebilmesi mümkün olup, TEİAŞ tarafından ihtiyaç duyulması halinde, bölgesel veya mevsimsel kısıtların giderilmesi maksadıyla da kullanılabilir.

Bu çerçevede düzenlenecek ihalelerde, tüketicilerin birim esnek kapasitelerini emre amade tutmaya karşılık sunacakları saatlik fiyat teklifleri (TL/MWh) üzerinden sıralama yapılması ve marjinal fiyatlandırma prensibine göre, tedarik edilecek miktara kadar eşleşen tekliflerin seçilerek, bu teklifler arasında en yüksek fiyatlı olanın birim kapasite bedeli olarak belirlenmesi ve tüm seçilen tüketicilere, hizmete esas anlaşma dönemi süresince eşit ve sabit olarak ödenmesini içermektedir.

Söz konusu tedarik süreci sonucunda seçilerek TEİAŞ ile talep tarafı yedeği hizmeti sağlamak üzere yan hizmet anlaşması imzalayan tüketim tesislerine, ihalede belirlenmiş olan anlaşma dönemi boyunca, yukarıda tarif edilen ve ihalede belirlenen saatlik kapasite bedelinin yanı sıra; talimat verilmesi halinde ilgili tüketici tarafından düşülen yük miktarına karşılık talimat verilen saatin piyasa takas fiyatı veya sistem marjinal fiyatının yüksek olanı üzerinden ilave aktivasyon ödemeleri yapılması esastır.

Tüketicilerin hizmet kapsamında TEİAŞ'tan talimat almaları halinde gerçekleşecek yük değişimlerinden, tedarikçilerin etkilenmemesi piyasa tasarımı açısından önemli bir husustur. Buna ilişkin olarak; ilgili mevzuat çerçevesinde tüketicilerin talep tarafı yedeği hizmeti kapsamındaki talimatlar nedeniyle yol açacağı dengesizliklerin, ilgili tedarikçilerin dengesizliklerinin uzlaştırılmasında dikkate alınması ve bu kapsamda dengesizlik maliyetinin tedarikçilere yansıtılmaması düzenlenmiştir.

Talep Tarafı Yedeği hizmeti kapsamında ilk etapta hedeflenen tüketici grubu iletim şebekesine bağlı kullanıcıları kapsamaktadır. Şekil 6.1'de hali hazırda iletim şebekesine bağlı olan serbest tüketicilerin toplam bağlantı kapasitesi ve söz konusu kapasitenin sektörlere dağılımı görülmektedir. Şekil 6.1'de görüldüğü üzere; iletim sistemine bağlı tüketiciler çok büyük oranda endüstriyel tüketicilerden oluşmakta olup metalürji ve çimento sektörleri söz konusu kapasitenin içerisinde başı çekmektedir.



Şekil 6.1 : İletim Sistemine Bağlı Tüketicilerin Sektörlere Dağılımı [154].

Bugüne kadar; gerek EPDK tarafından desteklenen AR-GE projeleri kapsamında, gerekse diğer kamu kurumlarınca yürütülen danışmanlık projeleri kapsamında yapılan çalışmalar, enerji tüketimi yüksek olan demir çelik ve çimento sektörlerine yoğunlaşmıştır. Yapılan AR-GE çalışmaları demir çelik sektörünün tüketim yoğunluğu daha fazla olmasına karşın demir çelik üretiminde üretim bandının entegre proseslerden oluşması nedeniyle çimento sektörünün üretim zinciri bakımından tüketim esnekliği ve esneklik potansiyelinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Söz konusu çalışmalar kapsamında esneklik potansiyelinin yüksek olduğu gözlemlenen her iki sektörün de yeni tanımlanan hizmet kapsamında yer alabileceği görülmektedir [155].

Yoğun enerji tüketimine sahip çimento, madencilik ve benzeri endüstrilerde enerji yönetimi sağlanması ve tüketicilerin, tüketim alışkanlıklarını sistemin ihtiyaçlarına göre yönetmesi karşılığında gelir elde ederek enerji verimliliğine özendirilmesi Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında yer verilen hedefler ile doğrudan örtüşmektedir.

6.3.2 Talep tarafı yedeği uygunluk belgesi

Talep tarafı yedeği hizmeti sağlamak isteyen tüketicilerin, hizmetin alıcısı olan TEİAŞ tarafından verilecek talimatları izleyebilmesi ve tüketimlerini bu talimatlar çerçevesinde

yönetebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, hizmet kapsamında hali hazırda TEİAŞ tarafından izlenebilirliği olan ve akıllı sayaç ve benzeri ilave dijital altyapı ihtiyacı olmayan ya da altyapı ihtiyacı finanse edilebilir düzeyde olan iletim müşterisi büyük güçlü sanayi tesislerinden hizmet alınması düzenlenmiştir [138].

Bu itibarla, iletim şebekesi müşterisi olan ve tüketim esnekliğine sahip olan ve talep tarafı yedeği hizmetine katılmak isteyen tüketim tesislerinin, söz konusu hizmetin tedarik sürecine başvurmadan önce, TEİAŞ' a gerekli bilgi akışını sağlayabilmek üzere gerekli ölçme, doğrulama ve izleme altyapısına sahip olduğunun doğrulanması maksadıyla TEİAŞ'tan uygunluk belgesi temin etmesi gerekmektedir [156].

Söz konusu belgenin temin edilmesi için iki aşamalı bir müracaat süreci düzenlenmiş olup, ilgilenen tüketicilerin öncelikle sayaç uygunluk yazısını alması ve sonrasında gerekli idari şartları sağladığını ispatlayan ilave belgeler ile birlikte uygunluk belgesi başvurusunda bulunması gerekmektedir.

Söz konusu idari belgeler ise, ilgili tüketicinin, sistem kullanım borcu olmadığını ve hizmete katılması halinde bir operasyon merkezi kurmayı ve hizmetin takibi için yeterli sayıda personel görevlendirmeyi taahhüt etmesini içermektedir. Uygunluk belgesi bedelsiz ve sayaç değişimi yapılmadığı takdirde süresiz olarak verilmektedir [156].

6.3.3 Talep tarafı yedeği hizmeti kapsamındaki talimatlar

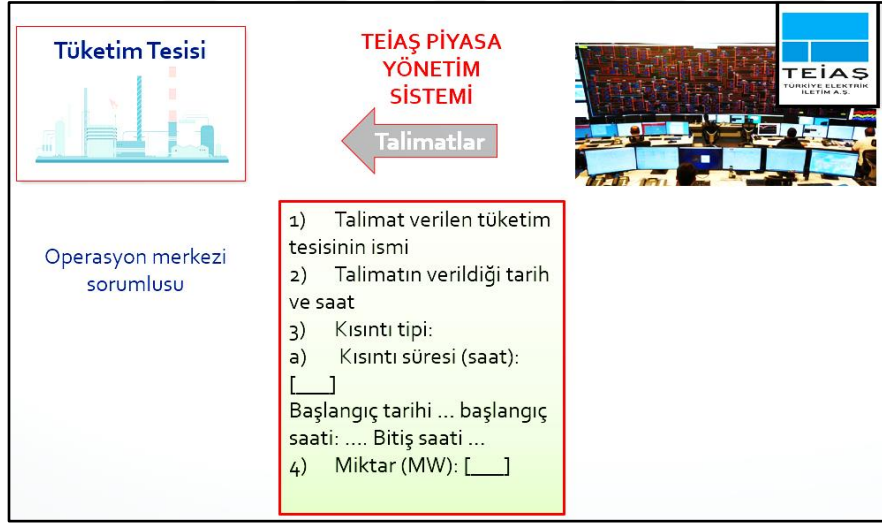
Talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında kısa ve uzun talimat olmak üzere iki tür talimat tanımlanmış olup, Çizelge 6.2'de görüldüğü üzere söz konusu talimatlar süre ve bildirim dönemi bakımından değişmektedir.

Çizelge 6.2 : Talep Tarafı Yedeği Hizmetine İlişkin Yan Hizmet Anlaşmasında Yer alan Talimat Türleri ve Özellikleri [146].

Talimat Türleri	Süresi	Bildirim zamanı
Kısa Kısıntı	1 veya 2 saat	Gün içinde en az 2 saat öncesine kadar
Uzun Kısıntı	4 saat	Gün öncesinde 17:00'a kadar

Kısa kısıntı talimatları 1 veya 2 saat şeklinde verilebilmekte olup, talimat günü içerisinde ve talimat başlangıcından 2 saat öncesine kadar verilebilmektedir. Uzun kısıntı talimatları ise 4 saatlik olup, talimat gününden bir gün önce saat 17:00'a kadar verilmesi gerekmektedir [157].

Talimatlar yalnızca günün puant yük saatleri olarak belirlenen 08:00-21:00 saatleri arasında verilebilmekte olup; bir gün içerisinde verilebilecek uzun ve kısa talimatların süresi toplamda en fazla sekiz saat olabilmektedir. Uzun kısıntı talimatı uygulanacak bir günde verilecek kısa kısıntı talimatları ise tıpkı uzun talimatlar gibi gün öncesi saat 17:00'a kadar verilmektedir. TEİAŞ tarafından, ihale ilanında belirtmek ve anlaşmaya derç etmek kaydıyla; hizmet kapsamı yalnızca uzun veya yalnızca kısa talimatlarla sınırlı tutulabilmektedir [157]. Şekil 6.2. talimatların içermesi gereken bilgileri göstermektedir.



Şekil 6.2 : Talep Tarafı Yedeği Hizmeti Kapsamında Talimatların Veriliş Şekli [157].

Talimatların ilgili tüketim tesisine, Şekil 6.2’de gösterilen şekilde, TEİAŞ’ın Piyasa Yönetim sistemi üzerinden gönderilmesi esas olup, ilgili tüketicinin söz konusu talimatları takip etmek üzere gerekli donanımlara haiz bir operasyon merkezi ve operasyondan sorumlu en az bir görevli personeli bulunması gerekmektedir. Yine Şekil 6.2’de gösterilen şekilde, talimatların başlangıç ve bitiş tarihi ve saati, talimat türü ve saati ile talimat miktarı bilgilerini içermesi gerekmektedir.

Talimatların yerine getirilip getirilmediğinin izlenmesi, TEİAŞ tarafından kısıntı talimatı verilen saatler için belirlenecek temel tüketim değeri üzerinden gerçekleştirilmektedir. Söz konusu izleme sonucunda “sağladı”, “sağlamadı” ve “katılmadı” şeklinde üç tür değerlendirme yapılmaktadır. Bunlar arasında, bir tüketicinin katılım durumu “sağladı” olması halinde, mevzuata ve anlaşmasında tanımlı olan kapasite ödemesi ve talimat süresine karşılık gelen aktivasyon ödemesi eksiksiz olarak yapılmaktadır. Diğer durumlarda ise, kapasite ödemesinin ilgili saatlere karşılık gelen kısmı ödenmemekle birlikte, aktivasyon ödemesi de yapılmamaktadır. Değerlendirme sonucu “katılmadı” olarak belirlenmiş ise ayrıca bir ceza uygulanmaktadır [157].

Değerlendirme, tüketim tesisinin TEİAŞ tarafından talimat verilen her bir saat için belirlenen temel tüketim değeri çerçevesinde hesaplanan yük azaltma miktarının, talimat miktarına oranına göre aşağıdaki gibi gerçekleştirilmektedir [157].

- %85 ve üzeri olması durumunda tüketim tesisi ilgili uzlaştırma dönemi için hizmeti «sağladı» olarak değerlendirilmektedir.
- %85 altı ile %50 ve üzeri olması durumunda tüketim tesisi ilgili uzlaştırma dönemi için hizmeti «sağlamadı» olarak değerlendirilmektedir.
- %50’in altında olması durumunda tüketim tesisi ilgili uzlaştırma dönemi için hizmeti «katılmadı» olarak değerlendirilmektedir.

Söz konusu izleme, kısıntı talimatı verilen saatler için ülkemizde hali hazırda yürürlükte olan mevcut metodolojiye göre hesaplanan temel tüketim değerleri, söz konusu saatlerde tüketicinin uzlaştırmaya esas sayaç verileriyle kıyaslanarak gerçekleştirilmektedir. Kısıntı talimatı verilen bir saatte, ilgili saat için hesaplanan temel tüketim değeri ile aynı saatte ilgili tüketicinin sayacından okunan değer arasındaki fark, söz konusu tüketicinin ilgili saatte gerçekleştirdiği yük düşüm miktarı olarak hesaplanmaktadır [157]. Bu değer, tüketici tarafından talep tarafı yedeği yan hizmet anlaşmasında taahhüt edilen ve talimat alınan esneklik miktarından %15 ve altında sapsmış ise, tüketicinin hizmeti yerine getirdiği değerlendirilmektedir.

Nitekim, tüketicîye sağlanan ödeme teşvîki de ancak ve ancak hizmetin yerine getirildiği saatler için yapılmaktadır. Bu nedenle temel tüketim değeri gerçeğe yakın bir doğrulukla tüketicinin kısıntı verilecek saatlerdeki tüketimini tahmin edebilecek bir yöntemeye dayanması, hizmetin uygulanması için kritik öneme haizdir.



7. TEMEL TÜKETİM DEĞERİ BELİRLEME METODOLOJİSİNİN ANALİZİ

Türkiye’de yan hizmetler piyasasında devreye alınan talep tarafı yedeği hizmeti, kısa talimatlar için talimat saatinden en az iki saat önce, uzun süreli talimatlar için ise talimat saatinden bir gün önce, talimatların hizmet kapsamında yer alan tüketicilere bildirilmesini gerektirmektedir. Bu durum, hizmet sağlayacak olan tüketicilere tesislerini yük düşmeye hazır hale getirmek üzere zaman kazandırarak avantaj sağlarken; sistem işletmecileri tarafından kısıntı yapılacak saatin tüketim değerinin tahmin edilmesini gerektirdiğinden süreci zorlaştırmaktadır. Bu çerçevede gerçekleştirilen tahminler, genellikle tüketicilerin geçmiş tüketimlerini referans alan ve tüm tüketicilere uygulanabilir olan standart bir hesaplama yöntemi geliştirilerek gerçekleştirilmektedir.

Tez çalışmasının bu bölümde, talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında söz konusu referans tüketim değerini hesaplamak üzere tanımlanmış olan temel tüketim değeri belirleme metodolojisi; örnek tüketim tesislerinin geçmiş verileri üzerinden test edilerek, metodolojinin performansı ölçülmekte ve metodolojide kullanılmak üzere bir gün içi düzeltme katsayısı önerilerek, söz konusu katsayısının metodolojinin performansına etkisi analiz edilmektedir.

7.1 Talep Tarafı Yedeği Hizmeti Kapsamında Temel Tüketim Değerinin Belirlenmesi

Talep tarafı katılımına ilişkin uygulanan teşvik bazlı programlarda, temel tüketim değerinin belirlenmesi hem dengesizliklerin hesaplanması hem de talimatların yerine getirilip getirilmediğinin anlaşılması açısından önemlidir. Talep tarafı yedeği hizmeti için de hizmet kapsamında ilgili tüketici tarafından sağlanan esnekliğin değerinin ölçülmesi ve hizmetin izlenmesi maksadıyla kısıntı talimatı verilecek saatler için temel tüketim değerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında temel tüketim değerin belirlenmesine ilişkin metodoloji, ABD, İngiltere gibi yurtdışı örneklerine benzer şekilde geçmiş tüketim verileri arasından seçilen benzer günleri içeren bir tüketim penceresi oluşturulmasına ve penceredeki verilerin aritmetik ortalamasının alınmasına dayanmaktadır [129-133]. Söz edilen ortalama tekniği, basit ve kolay anlaşılır olması ve hizmet sağlayıcısı olacak tüketiciler tarafından da hesaplanmaya elverişli olması sayesinde şeffaflık sağlamak ve talep tarafı katılımı uygulamalarında; genellikle tercih ve tavsiye edilen modeli oluşturmaktadır.

Ulusal düzeyde talep tahminleri yapılırken tercih edilen, regresyon analizi gibi istatistiksel tahmin yöntemleri veya arz/talep modellemeye dayalı ileri düzey paket programlar, talep tahminlerinin gerçeğe daha yakın olarak yapılabilmesine elverse dahi; söz konusu programlar karmaşık bir yapıya sahip olduğundan, sistem işletmecileri tarafından geliştirilmesi ve hizmet sağlayıcıları tarafından anlaşılması güç olmaktadır. Bu nedenle, talep tarafı katılımı uygulamalarını daha cazip hale getirmek ve kolaylaştırmak adına; tüketiciler tarafından kolay anlaşılabilir ve şeffaflık sağlayacak basit yöntemler tercih edilmektedir. Zira, hizmetin, hizmet alıcısı olan sistem işletmecisi tarafından kendi oluşturacağı karmaşık bir modele dayanarak ölçülmesi ve değerlendirilmesi, tüketiciler nezdinde belirsizliklere neden olabilecektir.

Öte yandan; hizmete katılacak tüm tüketim tesisleri için tek bir modelin aynı performans ile sonuç vermesi mümkün olmayacaktır. Şöyle ki; istatistiksel bir analiz yöntemi kullanmak için tüketim alışkanlığını etkileyebilecek bağımlı veya bağımsız değişkenler çerçevesinde bir tahmin modeli geliştirilmesine ve bazı varsayımlar yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, birbirinden farklı değişkenlere bağlı olarak tüketim yapan farklı sektörlerde ve farklı bölgelerde faaliyet gösteren, farklı ticari çıkarları gözetilen bir grup tüketim tesisi için sistem işletmecisi tarafından ortak bir tüketim tahmin modelinin uygulanması adaletsiz bir duruma yol açabilecektir.

Talep tarafı katılımı uygulamaları kapsamında, hizmetin türüne göre tercih edilen bir diğer model ise; talimat verildiği anda ilgili tüketicinin sistemden çektiği enerji miktarının esas alınmasıdır. Şöyle ki; tüketicinin sistem işletmecisinden kısıntı talimatı aldığı ana kadarki

tüketim miktarının, ilgili saatin devamında da aynı şekilde gerçekleşeceği kabul edilebilir. Örneğin saat 13:16'da talimat alan bir tüketicinin içinde bulunduğu saatin ilk 15 dakikasında yani 13:00-13:15 arasında 10 MWh tüketimi varsa tüm saat için tüketimi 40 MWh olarak kabul edilebilir. Ancak bunun için talimatın gerçek zamana çok yakın verilmesi gerekmektedir.

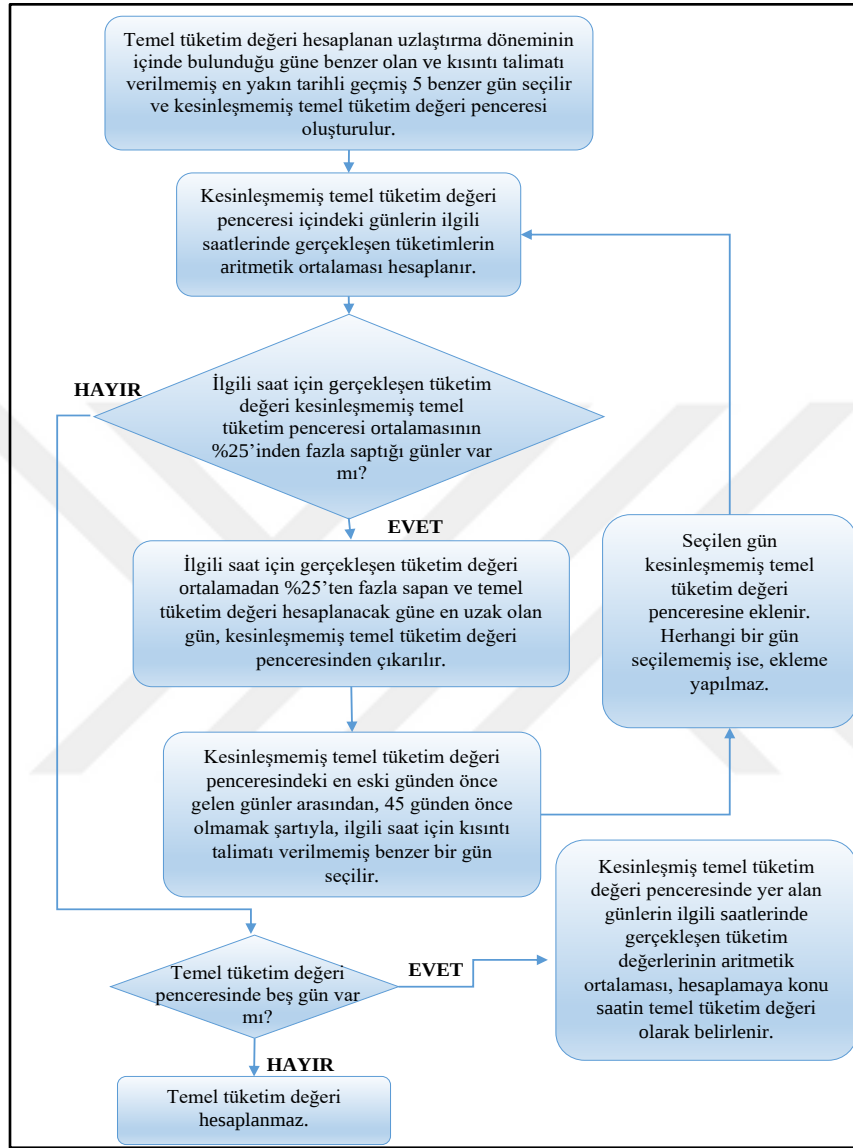
Bu çerçevede Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliğinde de talimatın anlık olarak verilmesi halinde anlık çekiş miktarının devam edeceğinin kabul edilebileceğine ve böyle bir durumda ayrı bir temel tüketim değerinin hesaplanmasına gerek olmadığına yer verilmektedir [138].

Öte yandan; talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında TEİAŞ tarafından öngörülen talimat türleri 1 veya 2 saatlik kısa ve 4 saatlik uzun talimatları içermektedir. Kısa süreli talimatlar için gün içinde ve gerçek zamandan en geç iki saat öncesine kadar, uzun süreli talimatlar için ise gün öncesinde en geç saat 17:00'a kadar talimat verilmesi öngörülmektedir [157].

Yurt dışında da ülkemizdeki talep tarafı yedeği hizmetine benzer talep tarafı katılım programlarında da ortalama tekniğine dayalı ve son zamanlardaki tüketim alışkanlıklarının devam edeceğini esas alan yöntemler geliştirildiği görülmektedir [129, 133].

Bu kapsamda, TEİAŞ tarafından uygulanması esas olan ve yakın tarihli geçmiş tüketim verileri içerisinden benzer günler seçilerek, seçilen günlerin ilgili saatlerinde gerçekleşmiş olan tüketim değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak saatlik tüketim tahmini yapılmasına dayalı temel tüketim değeri belirleme metodolojisi Şekil 7.1'de şematik olarak gösterilmektedir [158].

Şekil 7.1'de gösterilen adımlar takip edilerek temel tüketim değeri hesabı yapılabilmektedir. Metodolojinin ilk adımında, tahmini yapılan saatin içinde bulunduğu güne en yakın tarihli olan 5 gün, benzer gün olarak seçilerek bir kesinleşmemiş tüketim penceresi oluşturulmaktadır.

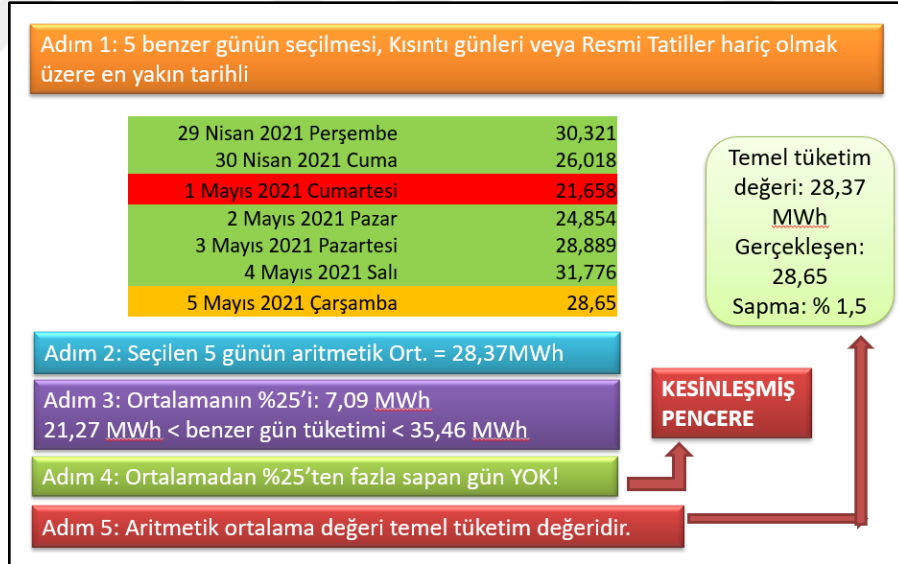


Şekil 7.1 : Talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında uygulanan temel tüketim değeri belirleme metodolojisine ilişkin adımların şematik gösterimi [158].

İkinci adımda, söz konusu tüketim penceresindeki değerlerin aritmetik ortalamasından %25'ten daha fazla sapan ve tüketimi tahmin edilen saatin içinde bulunduğu güne en uzak tarihli benzer gün pencereden çıkartılarak; yerine en yakın tarihteki başka bir benzer gün dahil edilmekte ve bu işlem beş günlük bir pencereyi kesinleştirene kadar devam ettirilmektedir.

Burada; resmî tatil günleri ve kısıntı talimatı verilmiş günlerin benzer gün olarak seçilememesi kurgulanmış olup; son adımda, kesinleşmiş olan pencerede yer alan beş verinin aritmetik ortalamasının alınmasıyla temel tüketim değeri hesaplanmaktadır [158].

Önerilen metodoloji kapsamında kullanılabilir geçmiş verilerin maksimum sayısı yani pencere limiti 45 gün olarak belirlenmiştir. Geçmiş 45 günlük pencere limiti içerisinde, pencereye dahil edilebilecek 5 benzer gün bulunamaması halinde ise, ilgili saat için temel tüketim değeri hesaplanamamaktadır. Ancak böyle bir durumda tüketiciye ilgili saate karşılık ödeme yapılmamasına karşın herhangi bir yerine getirmeme bedeli uygulanmamaktadır. Şekil 7.1’de önerilen hesap yöntemi şema halinde gösterilmektedir. Şekil 7.2’de ise söz konusu yöntemle göre, örnek bir çimento tesisinin 2020 yılına ait gerçek tüketim verileri üzerinden, seçilen 5 Mayıs 2020 tarihi için yapılmış olan hesaplama gösterilmektedir.



Şekil 7.2 : İletim sistemine bağlı örnek bir tüketim tesisi için 5 Mayıs 2021 tarihinin üçüncü saati (02:00-03:00) için Örnek Hesap.

Adım 1’de 5 Mayıs 2021 tarihine en yakın tarihli olan ve kısıntı günleri veya resmî tatil günlerine denk gelmeyen beş gün seçilerek kesinleşmemiş temel tüketim penceresi oluşturulmaktadır. Adım 2’de seçilen beş günün tüketim verilerinin aritmetik ortalaması alınmaktadır. Söz konusu aritmetik ortalamadan aşağı veya yukarı yönlü olmak üzere %25

oranında daha fazla sapan günler var ise söz konusu günler kesinleşmemiş tüketim penceresinden çıkartılarak tekrar Adım1'e dönülmektedir. Söz konusu işlem, geçmişe dönük 45 günlük tüketim verisini içeren pencere limiti içerisinde kalmak üzere, tüketim penceresinde ortalama %25 oranından fazla sapmayan 5 benzer gün bulunup, pencere kesinleşene kadar tekrarlanmaktadır. Son adımda ise kesinleşen 5 günün aritmetik ortalaması alınarak, söz konusu saatin hesap yapılan gün için temel tüketim değeri belirlenmektedir.

Türkiye'de EPDK tarafından hazırlanan ilgili elektrik piyasası mevzuatı [138, 157, 158] çerçevesinde TEİAŞ tarafından uygulanması esas olan Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisi, gün içerisinde uygulanan bir düzeltme katsayısı içermemektedir.

Bu tez çalışması kapsamında, iletim sistemine bağlı olan, diğer bir ifadeyle TEİAŞ'ın müşterisi olan örnek 4 adet sanayi tesisi için 2021 yılında gerçekleşmiş tüketim verileri esas alınarak, örnek olarak seçilen 30 günlük veri aralığında yer alan 720'şer saat için temel tüketim değeri mevcut yöntemle göre hesaplanarak, gerçekleşen tüketim verileri ile hesaplanan veriler kıyaslanmak suretiyle mevcut yöntemin performansı analiz edilecektir. Sonrasında ise, söz konusu metodolojiye eklenecek bir gün içi düzeltme katsayısının, metodolojinin performansına etkisi ölçülerek, elde sonuçlar üzerinden önerilen düzeltme katsayısının uygulanıp uygulanmamasına ilişkin bir değerlendirme yapılacaktır.

7.2 Mevcut Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisinin Tahmin Doğruluğu Bakımından Performansının Ölçülmesi, Talep Tarafı Esnekliğinin Tanımlanması ve Sınıflandırılması

7.2.1 Analiz çalışmasının kapsamı ve yöntemi

Ülkemizde hali hazırda yürürlükte olan temel tüketim değeri belirleme metodolojisi çerçevesinde, daha önce kısıntı talimatı verilmiş olan günler ve resmi tatil günleri hariç olmak üzere temel tüketim değeri hesaplanan saat ve/veya saatlerin yer aldığı güne en yakın tarihli günler arasından, söz konusu günlerin aritmetik ortalamasından %25 oranından fazla sapmayacak şekilde seçilen beş benzer günün aynı saat ve/veya

saatlerinde gerçekleşen geçmiş tüketim verilerinin aritmetik ortalaması ilgili saat ve/veya saatlerin temel tüketim değeri olarak referans alınmaktadır.

Talep tarafı katılımı programı kapsamında, sistem işletmecisi tarafından verilecek kısıntı talimatları çerçevesinde, talimat verilen saatlerde tüketim esnekliğinden faydalanarak sistem işletmecisiyle önceden anlaşıldığı kapasitede enerjisini tüketmeyerek yük düşecek bir tüketim tesisi için, söz konusu yük düşümünün gerçekleştiği “g” gününün “s” saati için hesaplanması esas olan temel tüketim değerinin mevcut metodoloji çerçevesinde tanımlanan hesap yöntemi denklem 7.1’deki gibidir:

$$TTs, g = [GT_{s,bg1} + GT_{s,bg2} + GT_{s,bg3} + GT_{s,bg4} + GT_{s,bg5}] \times 1/5 \quad (7.1)$$

Denklem 7.1’de geçen,

TTs, g: Talep tarafı katılımı programı kapsamında yer alan bir tüketim tesisi için “g” gününde kısıntı uygulanacak olan “s” saati için hesaplanan ve yük düşümünü hesaplamada referans olarak kullanılacak olan temel tüketim değerini,

GT= Gerçekleşen tüketim değerini,

s: Günün temel tüketim değeri hesaplanan saatini

bg: Temel tüketim değeri hesaplanan ve kısıntının bildirileceği günden önceki 45 günlük pencere limiti içerisinde yer alan ve g gününe en yakın tarihli günden başlamak üzere metodolojideki adımlar takip edilerek seçilen benzer günleri, ifade eder.

Tez çalışmasında yer verilen analiz çalışmalarının ilk bölümü yukarıda verilen Denklem 7.1’e dayanarak 4 farklı tüketim tesisinin geçmiş tüketim verileri üzerinden gerçekleştirilmiş olup, bu çerçevede hesaplanan temel tüketim değerleri (baseline) ile gerçekleşen tüketimler (actual consumption) arasındaki farka göre metodolojinin performansı ölçülmüştür. Bu kapsamda gerçekleştirilen performans ölçümleri saatlik, günlük ortalama ve talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında yer alan tüketicilere kısıntı talimatı verilmek üzere puant yük saatleri olarak belirlenmiş olan 08:00-21:00 saatleri arasında kalan 13 saatlik zaman dilimindeki ortalama performans olarak sırasıyla

Denklem 7.2, denklem 7.3, denklem 7.4 ve denklem 7.5'teki hesap yöntemleri doğrultusunda üç farklı şekilde ölçülmüştür.

$$Ps, g (\%) = \frac{TT_s}{GT_s} \times 100 \quad (7.2)$$

$$Ss, g (\%) = \frac{|GT_s - TT_s|}{GT_s} \times 100 \quad (7.3)$$

$$Portg (\%) = \frac{\sum_{g=1}^{30} \sum_{s=1}^{24} \frac{TT}{GT}}{30 \times 24} \times 100 \quad (7.4)$$

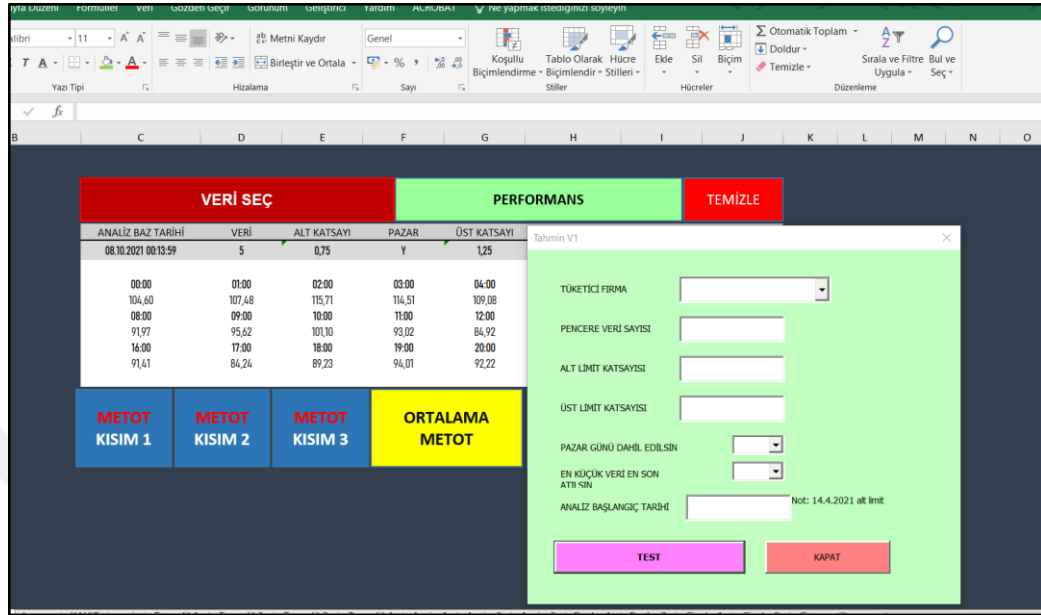
$$Sortg (\%) = \frac{\sum_{g=1}^{30} \sum_{s=1}^{24} \frac{|GT - TT|}{GT}}{30 \times 24} \times 100 \quad (7.5)$$

Talep Tarafı Yedeği hizmeti kapsamında emre amade olunması gereken yani kısıntı talimatları verilmesi esas olan 08:00-21:00 saatleri arasındaki 13 saatlik periyot için sırasıyla ortalama performans ve ortalama sapma ise sırasıyla denklem 7.6 ve denklem 7.7'ye göre hesaplanmıştır.

$$Portpy (\%) = \frac{\sum_{g=1}^{30} \sum_{s=8}^{20} \frac{TT}{GT}}{13 \times 30} \times 100 \quad (7.6)$$

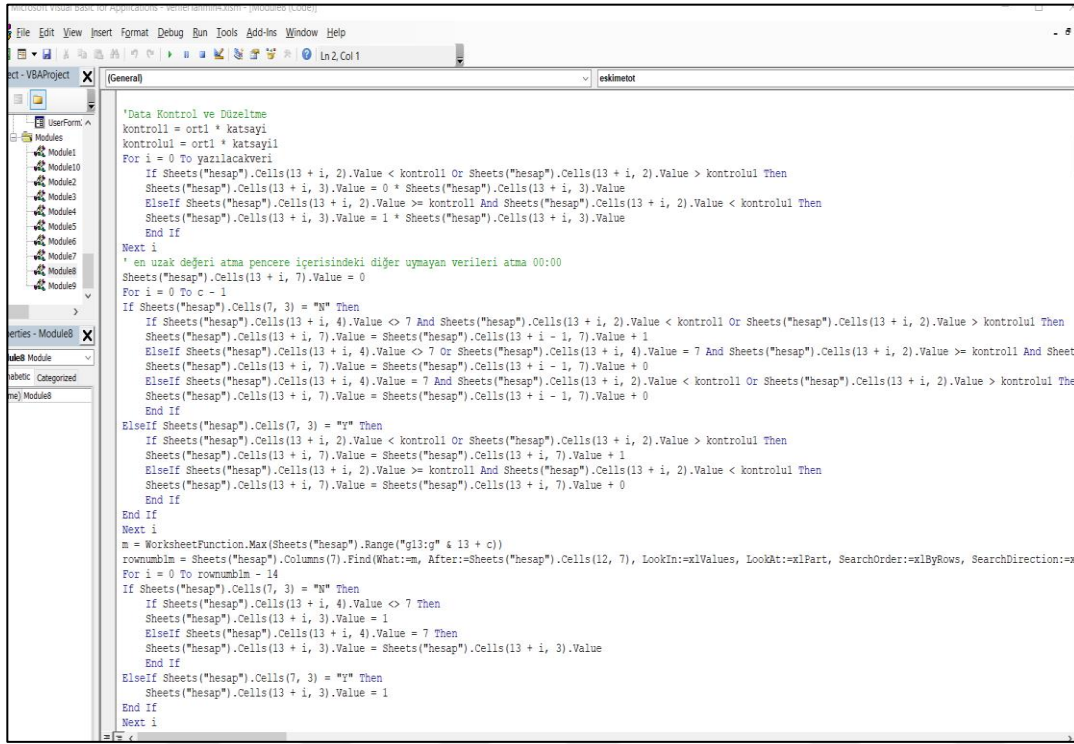
$$Sortpy (\%) = \frac{\sum_{g=1}^{30} \sum_{s=8}^{20} \frac{|GT - TT|}{GT}}{13 \times 30} \times 100 \quad (7.7)$$

Mevcut metodolojinin doğruluk bakımından performansını ölçmek üzere çok sayıda veri üzerinden analiz yapabilmek üzere, Excel programında makrolar vasıtasıyla tüm adımların ilgili parametreler seçilerek uygulanabildiği ve söz konusu parametrelerin metodolojinin gerçeğe yakın tahmin edebilme performansına olan etkilerinin gözlemlenebildiği bir hesap programı geliştirilmiştir. Bu kapsamda geliştirilen hesap programının parametrelerin seçilmesine ve analiz adımlarının gerçekleştirilmesine ilişkin ana pencerelerinin ekran görüntüleri Şekil 7.3'te örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 7.3 : Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisini Test Etmek Üzere Oluşturulan Veri/Metodoloji Analiz Programının ve Değişken Seçiminin Ekran Görüntüsü.

Programın yer aldığı excel dosyasına tüketicilerin saatlik tüketim değerleri belirli bir veri formatında, ayrı bir çalışma sayfasına eklenerek temel tüketim değeri hesaplanacak tüketici firma, analiz tarihi, pencerede yer alacak benzer gün sayısı, istisna uygulanacak günler ve benzeri değişkenler tanımlanarak farklı parametrelerin aynı gün ve aynı saatin temel tüketim değeri hesabının doğruluğuna etkisi gözlemlenebilmektedir. Yine, yapılan tüm analizlere ilişkin yüzdelik performans sonuçları program tarafından kaydedilmektedir. Bu sayede, kayıt sayfasında seçilmiş parametrelere göre elde edilen tahmin performansı sonuçları kıyaslanarak, metodolojiye etkisi değerlendirilebilmekte ve metodolojinin tahmin performansını iyileştirmeye yönelik öneriler geliştirilebilmesine yardımcı olmaktadır. Şekil 7.4 ve Şekil 7.5'te söz konusu analizleri gerçekleştirebilmek üzere program kapsamında yazılan kodların ve analiz kayıt sayfasının örnek bir ekran görüntüsü verilmektedir.



Şekil 7.4 : Program İçin Yazılan Makrolardan Birinin Örnek Ekran Görüntüsü.

	VERİ	ALT KATSAYI	PAZAR	ÜST KATSAYI	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00
13	5	0.75	Y	1.25	105.58	96.59	99.90	93.69	93.78	151.30	225.54	255.89	240.78	259.25	231.37	221.44
14	5	0.75	Y	1.25	128.82	145.67	104.54	98.58	124.61	138.64	128.65	132.29	131.09	104.49	150.17	164.56
15	5	0.75	Y	1.25	140.77	150.02	116.86	144.44	177.01	190.85	190.90	192.69	192.36	236.16	185.95	178.65
16	5	0.75	Y	1.25	212.15	215.20	207.82	244.61	253.32	249.98	224.17	217.14	216.49	214.12	209.49	189.71
17	5	0.75	Y	1.25	86.41	91.93	171.13	194.42	121.60	97.63	99.16	105.84	106.60	102.56	110.04	80.49
18	5	0.75	Y	1.25	73.61	95.92	89.19	93.05	90.87	89.98	90.30	94.79	93.75	85.93	80.26	75.16
19	5	0.75	Y	1.25	73.61	95.92	89.19	93.05	90.87	89.98	90.30	94.79	93.75	85.93	80.26	75.16
20	5	0.75	Y	1.25	220.74	218.71	155.13	96.39	86.62	93.18	87.75	95.76	99.81	100.11	180.62	90.68
21	5	0.75	Y	1.25	95.10	96.26	96.13	100.78	102.84	104.83	112.19	107.31	109.57	111.78	118.12	107.01
22	5	0.75	Y	1.25	76.74	91.37	90.66	91.60	89.08	94.25	99.13	106.29	95.25	90.89	77.13	107.18
23	5	0.75	Y	1.25	123.28	106.80	122.01	123.63	123.58	116.45	120.57	111.92	109.44	106.99	81.18	110.24
24	5	0.75	Y	1.25	151.83	93.75	104.58	98.80	94.55	97.87	96.11	94.29	98.44	91.29	69.29	66.82
25	5	0.75	Y	1.25	111.65	110.63	98.53	98.69	116.73	240.79	224.75	209.34	203.25	194.62	196.43	220.40
26	5	0.75	Y	1.25	100.50	111.74	111.01	106.73	102.29	105.89	101.13	101.05	100.74	99.41	154.89	106.73
27	5	0.75	Y	1.25	110.54	109.77	98.45	101.95	104.41	110.88	109.69	104.60	103.79	181.39	239.63	231.21
28	5	0.75	Y	1.25	99.92	100.97	100.38	99.65	103.51	101.47	102.68	100.92	98.50	100.37	106.80	117.01
29	5	0.75	Y	1.25	102.35	97.90	91.20	99.52	96.48	99.93	98.16	106.20	109.50	110.49	104.49	101.40
30	5	0.75	Y	1.25	94.73	92.99	111.50	102.89	98.21	95.11	95.83	95.93	100.79	97.89	97.17	102.76
31	5	0.75	Y	1.25	99.70	92.45	90.80	92.95	94.72	93.72	94.64	93.14	85.29	99.44	104.88	106.63
32	5	0.75	Y	1.25	96.81	96.51	93.20	92.97	94.98	94.79	94.98	91.86	70.30	82.22	96.25	98.82
33	5	0.75	Y	1.25	98.07	100.43	106.63	99.34	99.92	94.39	100.27	73.99	76.22	75.44	72.28	72.97
34	5	0.75	Y	1.25	90.46	92.51	94.88	88.48	95.24	100.44	98.41	91.24	133.94	148.36	185.11	170.40
35	5	0.75	Y	1.25	74.66	93.53	96.78	77.26	75.47	97.72	97.95	190.48	210.72	182.38	145.79	158.87
36	5	0.75	Y	1.25	74.14	74.10	71.76	71.72	70.81	86.97	80.59	82.32	82.88	80.27	78.04	67.98
37	5	0.75	Y	1.25	82.05	74.55	74.04	144.04	154.13	189.07	195.66	198.97	199.00	195.89	195.39	233.45
38	5	0.75	Y	1.25	152.95	156.05	153.46	157.04	141.24	82.02	71.53	69.64	74.46	72.11	78.95	74.77
39	5	0.75	Y	1.25	70.43	70.20	69.79	72.93	75.79	74.55	58.43	62.35	62.31	64.20	63.27	64.54
40	5	0.75	Y	1.25	107.77	107.85	105.40	100.73	80.88	78.68	61.88	59.20	64.67	66.20	65.91	47.99

Şekil 7.5 : Programda Yapılan Analizlerin Kayıt Sayfasının Ekran Görüntüsü.

7.2.2 Mevcut metodolojinin performansına ilişkin analiz çalışmasının sonuçları

Mevcut metodolojinin performansını analiz etmek üzere, talep esnekliği olan sektörler arasında öne çıkan demir çelik ve çimento sektörlerinde faaliyet gösteren ve iletim şebekesi kullanıcısı olan 4 farklı tüketim tesisinin 2021 yılında gerçekleşen saatlik tüketim verileri ile söz konusu tarihler arasından seçilen örnek 30 gün için mevcut metodoloji uygulanarak saatlik temel tüketim değerleri hesaplanmıştır.

Her bir tüketim tesisi için 720 saat olmak üzere toplam 2.880 saat için hesaplama yapılmış ve analiz sonuçları söz konusu 2.880 örnek işlem için değerlendirilmiştir. Bu kapsamda hesaplanan saatlik temel tüketim verileri ile ilgili saatlerde gerçekleşen tüketim verileri arasında kıyaslama yapılarak saatlik olarak hesaplanan temel tüketim değerinin gerçekleşen tüketimden sapma miktarı metodolojinin yüzdelik performansı olarak kaydedilmiştir.

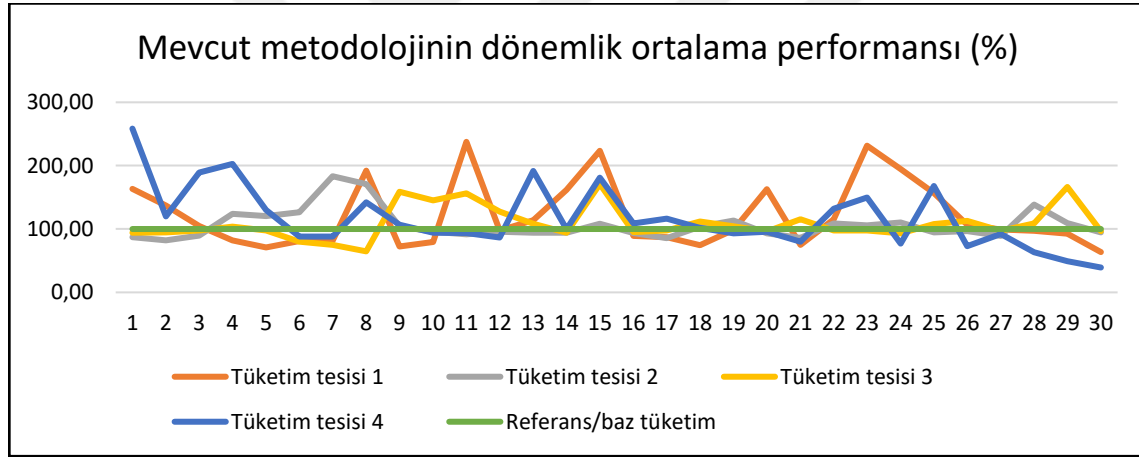
Metodolojinin seçilen 30 günlük örnek zaman dilimi içerisindeki günlük ortalama performansı ile talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında yer alacak tüketim tesisleri için kısıntı talimatı verilebilecek olan puant yük saatleri olarak belirlenen 08:00-21:00 saatleri arasındaki performansı ise Çizelge 7.1’de verilmektedir.

Çizelge 7.1 : Mevcut Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisinin Performansının Ölçülmesine İlişkin Analiz Sonuçları.

Tüketim Tesisleri	Analiz dönemindeki saat sayısı	Dönemsel ortalama performans (%)	Dönemlik sapma (%)	Saatlik sapma miktarlarının ortalaması (%)	Dönemsel en düşük sapma (%)
1	720	111,50	11,50	35,378	0,008
2	720	106,28	6,28	16,897	0,012
3	720	108,04	8,04	21,817	0,049
4	720	115,58	15,58	34,61	1,421

Çizelge 7.1’de performans olarak ifade edilen değerler, hesaplanan temel tüketim miktarlarını değil, metodoloji kapsamında temel tüketim miktarlarının gerçek değere yakınlık bakımından yüzde kaç doğrulukla tahmin edilebildiğini göstermektedir.

Şekil 7.6’da ise yapılan analiz sonuçları çerçevesinde otuz günlük örnek analiz dönemi boyunca yapılan hesaplamaların yüzde olarak doğruluk performansları yer almaktadır. Analizler kapsamında hesaplanan temel tüketim değerleri ile elde edilen temel tüketim eğrilerinin, analize konu edilen 4 tüketim tesisi için gerçek tüketim değerlerine yakınlığı, Şekil 7.6’daki grafikte gösterilen yüzlük referans tüketim çizgisi ile kıyaslayarak açıkça gözlemlenebilmektedir.



Şekil 7.6 : Mevcut Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisi İle Tüketim Tesisi Bazında Elde Edilen Otuz Günlük Analiz Dönemindeki Ortalama Performans Eğrileri.

Söz konusu analizlerin sonucunda, ülkemizde düzenlenen metodolojinin, tez çalışmasının önceki bölümlerinde yer verilen yurt dışındaki uygulamalarına benzer olarak, referans tüketimi büyük ölçüde gerçekleşen değer üzerinde yani tüketicilerin lehine tahmin etmeye eğilimli olduğu gözlemlenmektedir. Yurt dışı örneklerinde de geçmiş tüketim verileri arasından genellikle en yüksek tüketimli olanlar seçilerek, talep tarafı katılımı programına katılan tüketicilerin, sisteme sunmuş olduğu tüketim esnekliklerinin karşılığını adil bir biçimde alması temin edilmeye çalışıldığı gözlemlenmektedir.

Nitekim Türkiye’de kurgulanmış olan metodolojinin performans analizi sonuçları da analiz edilen 4 tüketim tesisi için sırasıyla %111,50, %106,28, %108,04 ve %115,58

olarak hesaplanmış olup, söz konusu yüzdeler, hesaplanan temel tüketim değerlerinin ortalamasının, grafikte 100 olarak gösterilen baz tüketimin üzerinde gerçekleştiğini ve tüketici lehine bir uygulama sağladığını ortaya koymaktadır. Örneğin %111,50 olan performans sonucu, tüketim tesisi tarafından 100 MWh olarak gerçekleşen tüketim miktarının, metodoloji kapsamında 111,50 MWh olarak tahmin edileceğini göstermektedir.

Bu durum, tüketicinin piyasaya sunduğu esnekliğin değerinin altında değil, üzerinde hesaplanması sağlamakta ve tüketicilerin piyasaya sundukları esnekliğe karşılık yeterli teşviki almasını garanti altına almaktadır.

Türkiye’de 2021 yılı aralık ayı itibarıyla iletim şebekesi işletmecisi olan TEİAŞ tarafından işletilen yan hizmetler piyasası kapsamında iletim şebekesine bağlı büyük güçlü sanayi tesislerinin esnekliğinden faydalanılmak üzere devreye alınan “Talep Tarafı Yedeği” hizmeti için günlük puant yük saatleri olarak belirlenen 08:00-21:00 saatleri arasında yer alan 13 saatlik periyot, hizmet kapsamında yer alacak tüketim tesislerinin emre amade olması beklenen zaman dilimini ifade etmektedir.

Diğer bir ifadeyle, talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında yer alacak tüketim tesislerine TEİAŞ tarafından verilecek kısıntı yani yük düşme talimatlarının söz konusu saat aralığında verileceğini ifade etmektedir. Bu nedenle yapılan analiz çalışması kapsamında, kısıntı talimatı verilebilecek olan söz konusu saatler için mevcut temel tüketim değeri belirleme metodolojisi kapsamında hesaplanan temel tüketim değerlerinin, performansı ayrıca ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

Analiz kapsamında geçmiş tüketim verilerinden faydalanılan her bir tüketim tesisi için, analiz edilmek üzere seçilen 30 günlük zaman diliminde yer alan ve ilgili günlerin puant yüke karşılık gelen 08:00-21:00 saatlerinin temel tüketim değerleri, tüketim tesisi başına 390 saat olmak üzere toplamda 1.560 saat için mevcut temel tüketim belirleme metodolojisine dayanarak hesaplanmıştır.

Söz konusu değerler ile ilgili saatlerde gerçekleşmiş olan gerçek tüketim verileri kullanılarak, tez çalışmasının bu bölümünde yer verilen denklemlere göre hesaplanan performans ve sapma yüzdeleri saatlik olarak ve dönemlik olarak ölçülmüştür.

Bu kapsamda elde edilen sonuçlar Çizelge 7.2’de yer almaktadır. Analiz çalışmalarından elde edilen ve Çizelge 7.2’de özetlenen sonuçlar; puant yük saatleri için mevcut temel tüketim değeri belirleme metodolojisi kapsamında hesaplanan referans tüketim değerlerinin, söz konusu saatlerde gerçekleşen tüketim değerlerinden daha yükske oranda saptığını ve metodolojinin tahmin doğruluğu bakımından analiz edilen performansının, puant yük saatlerinde, genel ortalamaya nazaran daha düşük olduğunu göstermekle birlikte, söz konusu farklılığın analiz edilen dönem için ihmal edilebilir düzeyde olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelge 7.2 : Mevcut Metodolojinin Otuz Günlük Analiz Döneminde Yer Alan Puant Saat Aralığındaki (08:00-21:00) Performans Sonuçları.

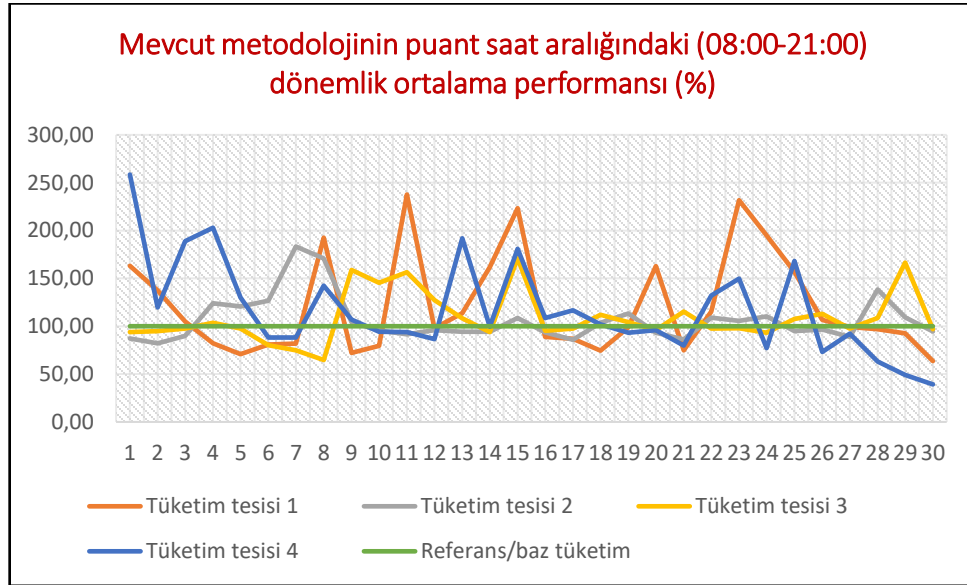
Tüketim Tesisi	Analiz edilen saat sayısı	Dönemsel ortalama performans (%)	Dönemlik toplam tüketim üzerinden sapma (%)	Saatlik sapma miktarlarının ortalaması (%)	Dönemsel en düşük sapma (%)
Tüketim tesisi 1	390	119,45	19,45	44,349	0,008
Tüketim tesisi 2	390	106,38	6,38	17,349	0,077
Tüketim tesisi 3	390	108,93	8,93	21,817	0,049
Tüketim tesisi 4	390	117,09	17,09	34,61	0,068

Örneğin Tüketim tesisi 4 için, 30 günlük analiz döneminde yer alan tüm saatler için yapılan analizlerin ortalama performansı %115,58 olarak ölçülmüş olup, bu durum söz

konusu periyotta mevcut temel tüketim değeri belirleme metodolojisi ile yapılan hesaplamaların, gerçek tüketim değerlerinden ortalama %15,58 yukarı yönlü saptığını göstermektedir.

Aynı tüketim tesisi için aynı analiz döneminde yer alan puant saatler için gerçekleştirilen 390 adet işlemin ortalama performansı ise %117,09 olarak ölçülmüş olup, bu değer tüketim verilerinin ortalama %17,09 yukarı yönlü sapma ile tahmin edilebildiğini göstermektedir. Metodoloji ile belirlenen tahmini tüketim verilerinin gerçek değerden ortalama sapması, puant saatlerde, genel ortalamanın yalnızca %1,51 üzerinde gerçekleşmiştir.

Şekil 7.7’de, seçilen otuz günlük analiz dönemi boyunca, puant saat aralığı için hesaplanan temel tüketim değerleri ile oluşturulan tüketim eğrileri tüketim tesisi bazında yer almakta olup; söz konusu dönemde yer alan puant saatlerde gerçekleşen, gerçek tüketim verilerine karşılık gelen 100’lük referans tüketim çizgisi ile kıyaslayarak, metodolojinin tahmin doğruluğu bakımından performansı gözlemlenebilmektedir.



Şekil 7.7 : Mevcut Metodolojinin Tahmin Doğruluğunun, Analiz Döneminde Yer Alan Puant Yük Saatleri İçin Yüzdesel Olarak Performansı.

7.3 Mevcut Temel Tüketim Değeri Belirleme Metodolojisine Düzeltme Katsayısı Eklenmesi ve Tahmin Doğruluk Performansı Sonuçlarının Yeniden Analiz Edilmesi

7.3.1 Mevcut metodolojiye düzeltme katsayısı eklenmesi

Analiz çalışmasının bu bölümünde, mevcut temel tüketim değeri belirleme metodolojisine, çoğu yurt dışı örneğinde de kullanılmakta olan gün içi düzeltme katsayısı eklenerek, veriler yeniden analiz edilmiş ve düzeltme katsayısı uygulanması sonrası metodolojinin performansının nasıl değiştiği gözlemlenmiştir.

Bu kapsamda uygulanacak olan düzeltme katsayısında “g” günü içerisinde kısıntının uygulanacağı “s” saatine ilişkin olarak kısıntı bildiriminin yapılacağı s-1 saatinden bir saat önce başlamak üzere en yakın iki saatlik periyot (s-2 & s-3) kalibrasyon dönemi olarak seçilecek ve söz konusu kalibrasyon döneminde yer alan iki saat için hesaplanan temel tüketim değeri ile gerçekleşen temel tüketim değeri arasındaki sapmanın (%) aritmetik ortalaması alınarak düzeltme katsayısı oransal olarak belirlenmiştir. Söz konusu düzeltme katsayısı denklem 7.8’de gösterilmektedir.

$$DK_{s,g}(\%) = \left[\frac{|GT_{s-2,g} - TT_{s-2,g}|}{GT_{s-2,g}} \times 100 + \frac{|GT_{s-3,g} - TT_{s-3,g}|}{GT_{s-2,g}} \times 100 \right] \times 1/2 \quad (7.8)$$

Denklem 7.8’de geçen,

$DK_{s,g}$: Talep tarafı katılımı programı kapsamında yer alan bir tüketim tesisi için “g” gününde kısıntı uygulanacak olan “s” saati için hesaplanacak ve yük düşümünü hesaplamada referans olarak kullanılacak olan temel tüketim değerine uygulanacak gün içi düzeltme katsayısını,

ifade etmektedir.

Burada, kalibrasyon dönemi olarak, kısıntının başlangıç saatinden iki ve üç saat önceki iki saatlik dönemin seçilme nedeni, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından ilgili elektrik piyasası mevzuatında ve EPDK Kurul’u tarafından onaylanan standart talep tarafı yedeği yan hizmet anlaşmasında talep tarafı yedeği hizmeti için

belirlenen kısıntı bildirim süresinin, gün içi kısıntı talimatlar için kısıntı başlangıç saatinden iki saat öncesi olarak belirlenmiş olmasıdır.

Kısıntı bildirim yapıldıktan sonra tüketim tesisi kısıntı başlangıcına kadar olan tüketimini kendi çıkarları doğrultusunda değiştirebileceğinden, bildirim yapıldıktan sonra kısıntı başlayana kadar geçen süredeki verilerin gerçekçi olmayacağı değerlendirilmiştir. Öte yandan, düzeltme katsayısının belirleneceği kalibrasyon dönemi, kısıntı başlangıcına ne kadar yakın olursa, kısıntı verilecek saatin tüketimine o denli benzer bir profile sahip olacağı için, bildirimden hemen önceki iki saatlik dönem seçilmiştir.

Buna göre, “g” gününün, “s” saatinin temel tüketim değeri denklem 7.9’a göre hesaplanacaktır.

$$TT_{s,g} = [GT_{s,bg1} + GT_{s,bg2} + GT_{s,bg3} + GT_{s,bg4} + GT_{s,bg5}] \times 1/5 \times (1 + DK_{s,g}) \quad (7.9)$$

Düzeltilme katsayısı eklenmiş olan metodoloji ile hesaplanan referans değerlerin gerçeğe yakınlığının (accuracy) ölçülmesiyle belirlenen tahmin doğruluk performansı ise aşağıda verilen Denklemler çerçevesinde, saatlik, günlük ortalama ve puant yük saatleri için ortalama olmak üzere sırasıyla denklem 7.10, denklem 7.11, denklem 7.12, denklem 7.13, denklem 7.14 ve denklem 7.15’te yer alan hesap yöntemleriyle ölçülmüştür

$$Ps, g (\%) = \frac{TT_s * (1 + DK_s)}{GT_s} \times 100 \quad (7.10)$$

$$Ss, g (\%) = \frac{|GT_s - (TT_s * (1 + DK_s))|}{GT_s} \times 100 \quad (7.11)$$

$$Portg (\%) = \frac{\sum_{g=1}^{30} \sum_{s=1}^{24} \frac{TT_s * (1 + DK_s)}{GT_s} \times 100}{n} \quad (7.12)$$

$$Sortg (\%) = \frac{\sum_{g=1}^{30} \sum_{s=1}^{24} \frac{|GT - (TT * (1 + DK))|}{GT} \times 100}{30} \quad (7.13)$$

$$Portpy (\%) = \frac{\sum_{g=1}^{30} \sum_{s=8}^{20} \frac{TT_s * (1 + DK_s)}{GT_s} \times 100}{13} \quad (7.14)$$

$$\text{Sortpy (\%)} = \frac{\sum_{g=1}^{30} \sum_{s=8}^{20} \frac{|GT - (TT * (1 + DK))|}{GT}}{13} \times 100 \quad (7.15)$$

Düzeltilme katsayısı uygulanan metodoloji için elde edilen analiz sonuçları

Belirlenen gün içi düzeltme katsayısının mevcut metodolojiye ilave edilmesiyle, talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında kısıntı talimatlarının uygulanmasına ihtiyaç duyulabilecek puant yük saatleri olarak belirlenen 08:00-21:00 saatleri arasındaki analiz sonuçları tekrar edilmiştir.

Söz konusu analizler çerçevesinde metodolojiye düzeltme katsayısı eklenmesi neticesinde temel tüketim değerleri hesaplanan 390 saatin; Tüketim Tesisi 1 için 261’inde, Tüketim Tesisi 2 için 254’ünde, Tüketim Tesisi 3 için 220’sinde ve Tüketim Tesisi 4 için 231’inde gerçekleşen tüketim değerlerine daha yakın sonuç alındığı ve metodolojinin tüketim tahminleri bakımından doğruluk performansının iyileştiği gözlemlenmiştir. Bu durum, düzeltme katsayısı içeren metodolojinin, analiz edilen 1.560 örneğin 966 tanesine karşılık gelen %62 oranında daha doğru sonuç verdiğini ortaya koymaktadır.

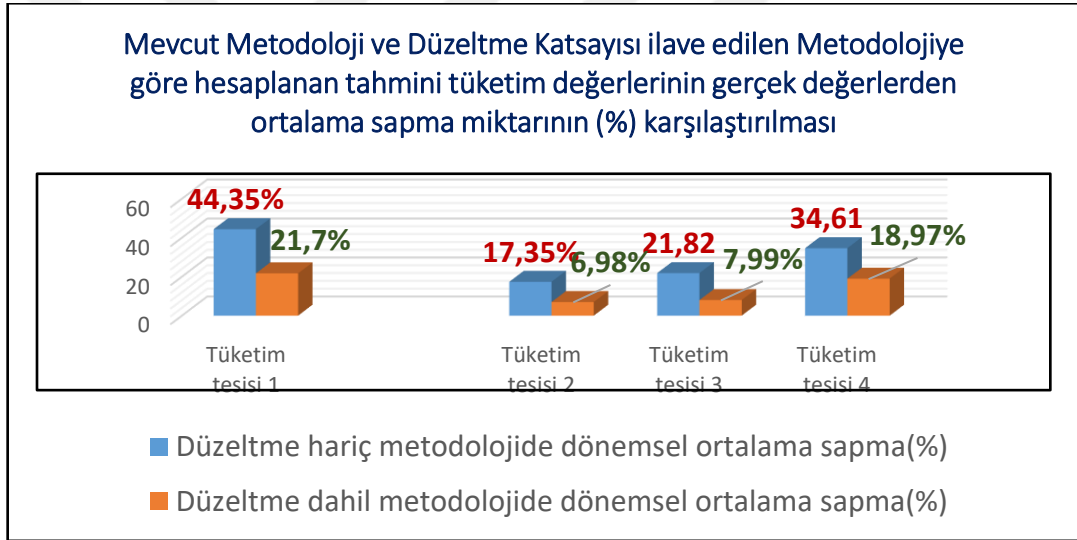
Düzeltilme katsayısı uygulanan metodoloji ile elde edilen analiz sonuçlarının, otuz günlük analiz dönemi için yüzdelik ortalaması, Çizelge 7.3’te mevcut metodolojiye göre elde edilmiş olan sonuçlar ile kıyaslanmaktadır.

Çizelge 7.3 : Mevcut ve Önerilen Düzeltme Katsayısı Eklenmiş olan Metodolojinin Performans Sonuçlarının Karşılaştırılması.

Tüketim verileri analizde kullanılan Tüketim Tesisi	Analiz edilen saat sayısı	Düzeltilme katsayısı öncesi metodolojinin ortalama sapması (%)	Düzeltilme katsayısı sonrası metodolojinin ortalama sapması (%)
Tüketim tesisi 1	390	44,35	21,70
Tüketim tesisi 2	390	17,35	6,98
Tüketim tesisi 3	390	21,82	7,99
Tüketim tesisi 4	390	34,61	18,97

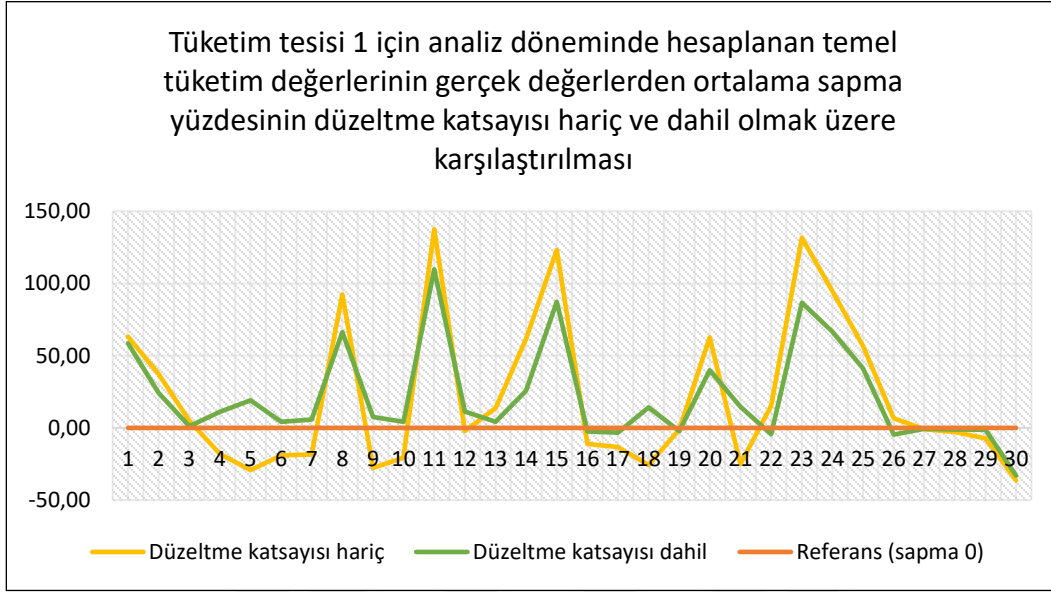
Çizelge 7.3’te, temel tüketim değeri belirleme metodolojisine eklenen düzeltme katsayısı ile birlikte; analiz dönemindeki ortalama sapma miktarlarının, Tüketim Tesisi 1 için %44,35 seviyesinde %21,7 seviyesine, Tüketim Tesisi 2 için %17,35 seviyesinden %6,98 seviyesine, Tüketim Tesisi 3 için %21,82 seviyesinden %7,99 seviyesine ve Tüketim Tesisi 4 için %34,61 seviyesinde %18,97 seviyesine kadar düştüğü görülmektedir.

Şekil 7.8’de düzeltme katsayısının mevcut metodolojinin performans sonuçlarına olumlu yöndeki etkisi net bir biçimde görülmektedir.

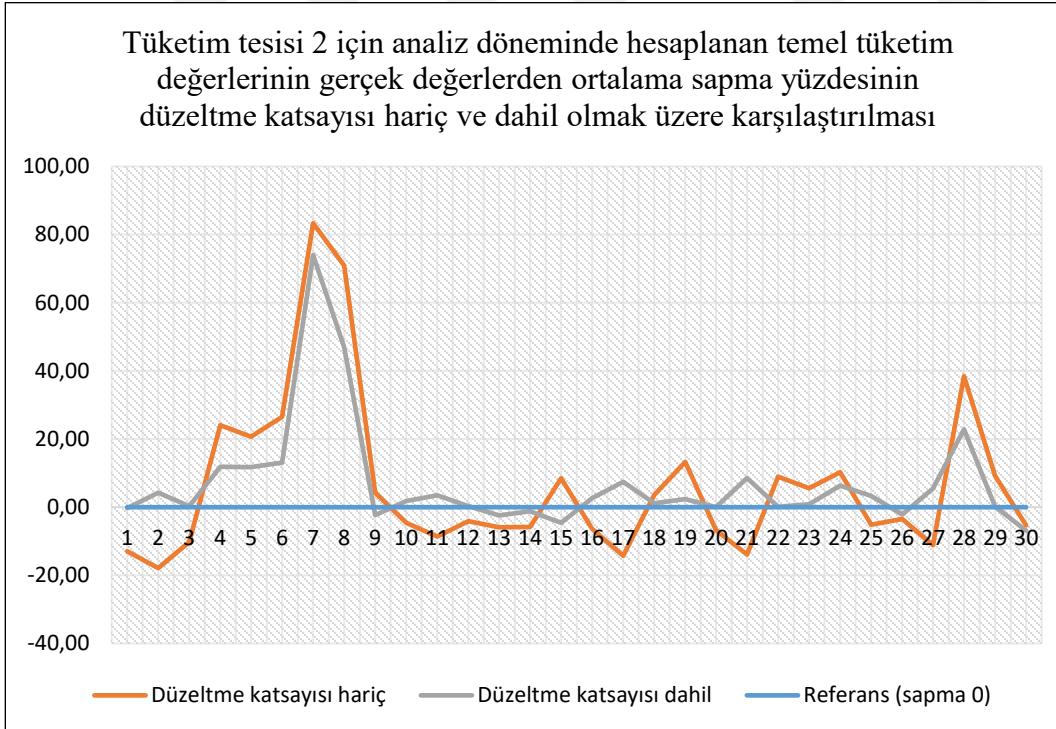


Şekil 7.8 : Mevcut Metodolojiye Düzeltme Katsayısı İlave Edilmesi Sayesinde Tahmin Edilen Tüketim Verilerinin, Gerçekleşen Verilerden Sapma Miktarındaki Yüzdesel Azalma.

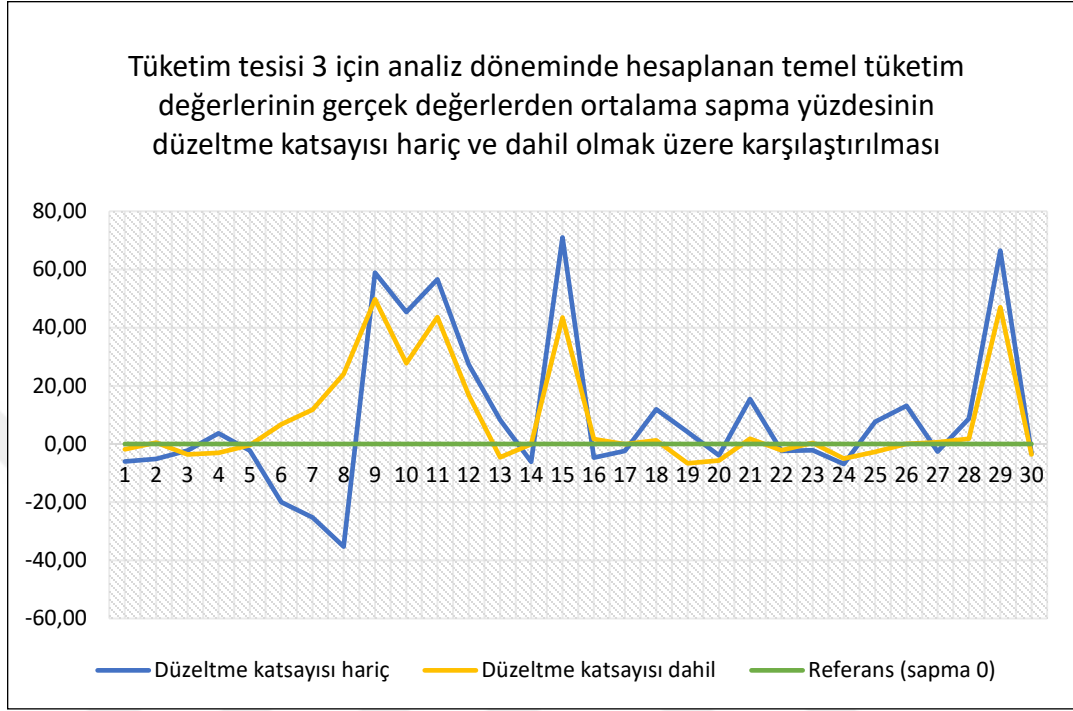
Şekil 7.9, Şekil 7.10, Şekil 7.11 ve Şekil 7.12’de ise sırasıyla Tüketim Tesisi 1, Tüketim Tesisi 2, Tüketim Tesisi 3 ve Tüketim Tesisi 4’e ilişkin olmak üzere 30 günlük analiz dönemi içerisinde yer alan saatler için düzeltme katsayısı hariç ve dahil olmak üzere uygulanan metodolojiye göre hesaplanan temel tüketim değerleri ile oluşturulan temel tüketim eğrisinin, gerçekleşen tüketim değerlerine göre yüzdelik sapmaları verilmektedir.



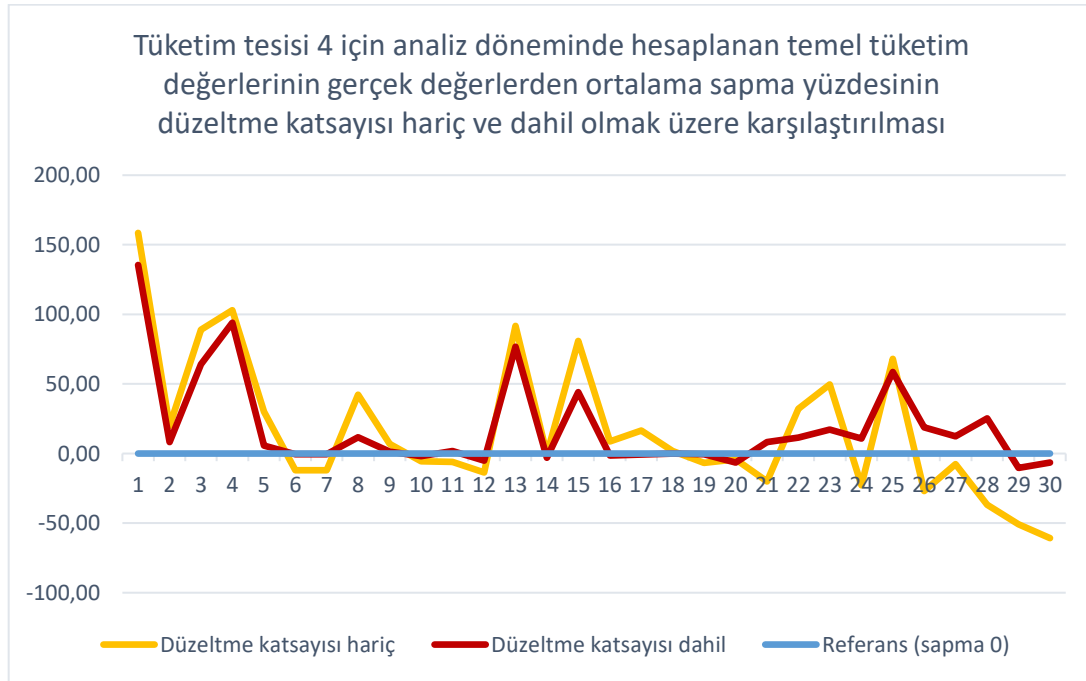
Şekil 7.9 : Tüketim Tesisi 1 için Metodolojiye İlave Edilen Düzeltme Katsayısının Sapma Oranına Etkisi.



Şekil 7.10 : Tüketim Tesisi 2 İçin Metodolojiye İlave Edilen Düzeltme Katsayısının Sapma Oranına Etkisi.



Şekil 7.11 : Tüketim Tesisi 3 için Metodolojiye İlave Edilen Düzeltme Katsayısının Sapma Oranına Etkisi.



Şekil 7.12 : Tüketim Tesisi 4 için Metodolojiye İlave Edilen Düzeltme Katsayısının Sapma Oranına Etkisi.

Grafiklerde analiz döneminde yer alan puant saatler için (toplamda 390 saat) hesaplanan referans tüketim değerlerinin, gerçek değerlerden yüzdesel sapmasının bulunması ile elde edilen eğriler yer almaktadır. Söz konusu eğriler, düzeltme katsayısı uygulanmadığı durum için elde edilen eğriler ile kıyaslandığında; düzeltme katsayısının dönemlik ortalama sapma yüzdesini düşürdüğü açıkça anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, toplamda 1.560 örnek saatin temel tüketim değeri hesabını içerecek şekilde, iletim şebekesine bağlı olan ve sanayi grubunda yer alan 4 farklı tüketim tesisinin gerçek verileri üzerinden gerçekleştirilen analizler; gün içi düzeltme katsayısının uygulanmasının, talep tarafı esnekliğinin miktarını ölçmek üzere, kısıntı talimatlarının verileceği saatlere ilişkin referans tüketim değerlerinin gerçeğe daha yakın bir oranda tahmin edilebilmesini sağladığı ve mevcut temel tüketim değeri belirleme metodolojisinin performansını iyileştirdiğini göstermektedir.

Bu itibarla, gerek tüketicilerin hizmete sunduğu esnekliğin gerçek değerinin tespit edilmesini gerekse sistem işletmeciliğinde daha doğru tahminlerle tedbirlerin daha yerinde uygulanabilmesini sağlamak üzere, mevcut temel tüketim değeri belirleme metodolojisine gün içi düzeltme katsayısının ilave edilmesinin hizmet alıcısı ve sağlayıcısı olan her iki taraf için karşılıklı menfaat (kazan-kazan) durumunu ortaya çıkaracağı değerlendirilmektedir.

8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Elektrik sistemlerinde şebeke işletmeciliğinin en temel unsuru, şüphesiz ki kullanıcılara kaliteli ve kesintisiz enerji arzının sağlanmasıdır. Elektrik enerjisinin kalitesini belirleyen temel parametreler ise, elektriğin gerilim ve frekans değerleridir. Bu itibarla, şebeke işletmecilerinin, elektriğin gerilim ve frekansını, faaliyet gösterdikleri ülkenin ilgili düzenlemelerinde tanımlanmış olan ve kararlı hal olarak adlandırılan standart bir değer aralığında koruması gerekmektedir.

Bir elektrik şebekesinde, şebekeye bağlı kullanıcılar tarafından şebekeye verilen toplam enerji ile şebekeden çekilen toplam enerjinin zamanın her anında ve sürekli olarak birbirine eşit olması gerekmektedir. Aksi takdirde, arz ve talep arasındaki dengenin bozulması, şebeke frekansının nominal değerinden sapmasına ve enerji kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Şebeke frekansındaki söz konusu sapmanın kritik düzeye ulaşması halinde ise, şebekeye bağlı olarak işletilen üretim, depolama veya tüketim tesislerinin elektriksel teçhizatları zarar göreceğinden, söz konusu tesisler otomatik olarak şebekeden ayrılabilir. Bu şekilde frekans düştükçe devreden çıkan kullanıcı sayısının artması ise adeta bir domino etkisi yaratarak şebekedeki arz ve talep dengesinin daha çok bozulmasına ve iletim sisteminin bölgesel veya ulusal olarak çökmesine yol açabilmektedir. Nitekim ülkemizde de geçmiş yıllarda iletim sisteminde yaşanan benzer olaylar nedeniyle bölgesel ve ulusal düzeyde sistem oturmaları yaşanmıştır.

Böylesi bir durumu önlemek üzere, şebeke işletmecileri tarafından şebekedeki üretim ve tüketim dengesi gün öncesinde planlanmakla birlikte, sistemde gerçek zamanda, üretim ve tüketim tahminlerindeki sapma, arıza ve benzeri öngörülemeyen nedenlerden ötürü meydana gelebilecek dengesizlikleri yönetebilmek için, şebeke işletmecileri tarafından şebekeye bağlı kullanıcılardan yan hizmetler satın alınmaktadır. Söz konusu yan hizmetler geleneksel olarak, sistem işletmecilerinden gelecek talimatlara karşılık hızlı bir biçimde yük alıp atabilecek olan termik veya rezervuarlı hidroelektrik santraller gibi konvansiyonel enerji kaynaklarından tedarik edilmektedir. Kısacası, enerji sistemlerinin esnekliği, yenilenebilir enerji kaynaklarına

dayalı üretim politikalarıyla birlikte dikkat çekmesine karşın; elektrik şebekelerinin işletilmesi için eskiden beri var olan ve hızlı devreye girip çıkma yeteneğine sahip olan üretim tesislerinden karşılanan bir ihtiyacı ifade etmektedir.

Esnekliği küresel düzeyde sıcak bir gündem maddesi ve öncelik haline getiren ise günümüz elektrik sistemlerinde rüzgar ve güneş gibi değişken yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin çoğalmasıyla birlikte şebekenin eylemsizliğinin azalması, söz konusu kaynakların üretim tahminlerindeki sapmalar nedeniyle gerçek zamanda şebekede oluşan arz ve talep arasındaki dengesizliği yönetebilmek için şebekelerin esneklik ihtiyacının artması ve dijital teknolojilerin enerji sektöründe yaygınlaşması ile birlikte esneklik seçeneklerinin çeşitlenmesi olmaktadır.

Enerji sektöründeki söz konusu dönüşüm sürecinde, elektrifikasyonun bir sonucu olarak bataryalar, kojenerasyon tesisleri, elektrikli araçlar, çatı üstü güneş sistemleri gibi dağıtık enerji kaynaklarının tüketicilerin tesislerinde yaygınlaşması ve yine enerji sektörünün dijitalleşmesi kapsamında yaygınlaşan nesnelerin interneti, akıllı ev aletleri, akıllı şebeke altyapıları ve benzeri teknolojiler sayesinde tüketicilerin enerjilerini izleyebilir ve yönetebilir hale gelmesi; talep tarafı katılımı uygulamalarını yeni esneklik çözümleri arasında dikkat çekici hale getirmektedir. Talep tarafı kaynaklarının piyasaya erişiminde önde gelen ABD ve AB ülkelerinde, talep tarafı katılımının spot piyasalardaki payının halen daha düşük olduğu görülmekle beraber; yan hizmetler, acil durumlarda yük kesmeye dayalı programlar ve kapasite mekanizmaları gibi, hizmet sağlayıcılarına düzenli gelir vadeden programların talep tarafı esnekliğinden faydalanma konusunda daha etkili olduğu gözlenmektedir.

Bu çerçevede, tez çalışmasının ikinci bölümünde, günümüzde elektrik şebekelerinin taşıyıcı iskeleti olarak da nitelendirilebilecek olan esneklik kavramının, tarihsel gelişimi üzerinde durularak, esneklik ihtiyacının belirlenmesi, söz konusu ihtiyacın yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretiminin şebekeye entegrasyonu ile ilişkisine ve ihtiyaca uygun esneklik seçeneklerinin belirlenmesi için izlenmesi gereken yöntemler incelenmiştir.

Bunun yanı sıra, sıfıra yakın yatırım maliyeti, uygulama kolaylığı, enerji verimliliği ve düşük karbon ekonomisine katkısıyla söz konusu esneklik seçenekleri arasında öne çıkan talep tarafı esnekliği; tez çalışmasının sırasıyla üçüncü, dördüncü ve altıncı

bölümlerinde uygulama türleri, piyasa seçenekleri ve yurt dışı örnekleri çerçevesinde ele alınmış ve 2021 yılı itibarıyla, yan hizmetler piyasasında devreye alınmış olan talep tarafı yedeği hizmeti başta olmak üzere ülkemiz açısından talep tarafı uygulamalarına ilişkin mevcut durum değerlendirmesi yapılmıştır. Ayrıca, yurt dışında geçmişte uygulanmış ya da günümüzde uygulanmakta olan talep tarafı katılım programlarında kullanılan temel tüketim değeri belirleme yöntemleri tez çalışmasının beşinci bölümünde kapsamlı bir biçimde incelenerek ülkemiz için düzenlenmiş olan yöntem ile karşılaştırılması sağlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen söz konusu literatür taraması çerçevesinde, sosyal refah düzeyi bakımından gelişmiş olan Fransa, Birleşik Krallık, Almanya gibi Avrupa ülkeleri ve Amerika birleşik devletleri başta olmak üzere, sera gazı bakımından temiz kaynaklardan enerji üretimi politikalarını benimseyen ülkelerin, rüzgar ve güneş gibi değişken yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretimin şebekeye entegrasyonunu sağlamak üzere depolama sistemlerinin ve talep tarafı kaynaklarının esnekliğinden faydalanmakta olduğu görülmektedir.

Bununla birlikte, talep tarafı esnekliğinden elektrik sistemlerinde şebeke işletmeciliğinde faydalanmakta olan ülkelerde, akıllı sayaç sistemlerinin de gelişmişlik ve yaygınlık seviyesi bakımından ileri olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca, söz konusu ülkelerin çoğunda, tüketicilerin talep tarafı katılımı programlarına katılımı için aracılık eden ve toplayıcı olarak ifade edilen danışmanlık şirketlerinin bulunduğu ve bu sayede konut düzeyindeki küçük ölçekli tüketicilerin de talep tarafı katılımı programlarında aktif olarak yer aldığı anlaşılmaktadır. Bu çerçevede, dijitalleşmeye ilişkin şebeke yatırımlarının yanı sıra, piyasalara katılmak için yeterli teknik bilgiye, altyapıya veya gerekli altyapı ihtiyacını karşılayacak finansal kaynaklara sahip olmayan, piyasalardaki ön yeterlilik kriterlerini tek başına sağlayamayan veya piyasada gerçekleştirilecek ticari işlemlere ilişkin riskleri tek başına üstlenmek istemeyen tüketicilerin esnekliğinden de faydalanılmasına elveren toplayıcı yapısının talep tarafı katılımını desteklediği söylenebilmektedir.

Uzun süredir ülkemiz gündeminde yer alan talep tarafı katılımı uygulamaları ülkemiz özelinde incelendiğinde ise; söz konusu uygulamalara elektrik enerjisinde arz güvenliği, yeşil mutabakat ve enerji verimliliği başta olmak üzere ulusal stratejilerimiz arasında yer verildiği görülmektedir. Bu kapsamda, elektrik piyasalarında talep tarafı katılımı için düzenleyici çerçevesinin oluşturulması ve uygulamaya geçilmesine

ilişkin hedefler doğrultusunda, iletim seviyesindeki büyük güçlü sanayi tesislerinin esnekliğinden iletim şebekesi işletiminde faydalanmaya imkân sağlayan “Talep Tarafı Yedeği” hizmeti 2021 yılında, bir başlangıç noktası olarak hayata geçirilmiştir. Talep tarafı yedeği hizmeti ile ilk etapta sistem işletmecisi tarafından ilave altyapı ihtiyacına gerek kalmaksızın izlenebilir olan, ya da izlemeye ilişkin altyapı ihtiyacı finanse edilebilir düzeyde olan büyük güçlü sanayi tesislerinden hizmet alınması öngörülmektedir. Bu tür bir uygulamanın, başlangıçta tüketicilerin piyasa kurallarına, mevzuata ve en önemlisi tüketim alışkanlıklarını değiştirmeye alışık hale getirilmesini sağlayarak tüketiciler nezdinde farkındalığı artıracak ve talep tarafı katılımını teşvik edeceği öngörülmektedir.

Ancak, küresel düzeyde iklim değişikliği ile mücadele kapsamında benimsenen sıfır karbonlu ekonomiye geçiş politikaları çerçevesinde enerji sektöründeki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim ve dijitalleşmeye ilişkin dönüşüm sürecine ayak uydurabilmek ve Avrupa Elektrik Sistem İşletmecileri Birliği (ENTSO-E) ile senkron işletilmekte olan elektrik şebekemizi rüzgâr ve güneş enerjisine dayalı üretimin değişkenliğine karşı dirençli hale getirmek için talep tarafı esnekliği gibi yeni esneklik seçeneklerinden faydalanarak, sistem işletmecilerinin elindeki araç ve imkanların genişletilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede, büyük güçlü sanayi tesislerinin esnekliğinin yanı sıra, özellikle Yeşil Mutabakat Eylem Planı ve UEVEP gibi ulusal stratejik dokümanlarımızda yer verilen enerji verimliliği hedeflerimizle de uyumlu olarak, talep tarafı esnekliğinden ısıtma ve soğutma kaynaklı puant yükün yönetilmesi maksadıyla da faydalanabilecek şekilde, talep tarafı kaynaklarının katılımına açık hizmet, program veya piyasa seçeneklerinin genişletilmesi, dağıtım şebekesine bağlı olan KOBİlerin, alışveriş merkezi, hastane, otel gibi ticarethanelerin hatta konut seviyesindeki tüketicilerin de piyasaya erişiminin sağlanması önem arz etmektedir.

Talep tarafı esnekliğinden faydalanmak üzere piyasa bazlı mekanizmaları hayata geçirirken dikkate alınması gereken bir diğer unsur ise, tüketicilerin sunduğu esneklik miktarının doğru ve adil bir biçimde belirlenmesinin sağlanmasıdır. Bu amaçla, talep tarafı katılımı programına katılan ve kısıntı uygulanan bir tüketicinin, kısıntının uygulandığı zaman diliminde normal şartlar altında tüketileceği enerji tahmin edilerek, ilgili tüketici tarafından sisteme sağlanan esnekliğin miktarının belirlenmesi için örnekleri tez çalışma kapsamında detaylı bir biçimde ele alınan çeşitli temel tüketim değeri belirleme yöntemlerinden faydalanılmaktadır.

Ülkemizde talep tarafı yedeği hizmeti kapsamında düzenlenen ve bu tez çalışması kapsamında analizi yapılan temel tüketim değeri belirleme metodolojisi, geçmiş tüketim verilerinin aritmetik ortalamasının alınması yöntemine dayanmaktadır. Söz edilen ortalama tekniği, kolay anlaşılır olması sayesinde hizmet sağlayıcısı olacak tüketiciler tarafından da hesaplanabilecek şekilde şeffaflık sağlamak ve gelişmiş ülkeler tarafından da ülkemizdeki talep tarafı yedeği hizmetine benzer talep tarafı katılımı programlarında tercih edilebilmektedir.

Ulusal düzeyde talep tahminleri yapılırken tercih edilen, regresyon analizi gibi istatistiksel tahmin yöntemleri veya arz/talep modellemeye dayalı ileri düzey programlar, talep tahminlerinin gerçeğe daha yakın olarak yapılabilmesine elverse dahi; söz konusu programlar karmaşık bir yapıya sahip olduğundan, sistem işletmecileri tarafından geliştirilmesi ve hizmet sağlayıcıları tarafından anlaşılması güç olmaktadır. Bu nedenle, talep tarafı katılımı uygulamalarını daha cazip hale getirmek ve kolaylaştırmak adına; tüketiciler tarafından kolay anlaşılabilir ve şeffaflık sağlayacak basit yöntemlerin tercih edilmesinin uygun olduğu değerlendirilmektedir.

Öte yandan; hizmete katılacak tüm tüketim tesisleri için tek bir modelin aynı performans ile sonuç vermesi mümkün olmayacaktır. Şöyle ki; istatistiksel bir analiz yöntemi kullanmak için tüketim alışkanlığını etkileyebilecek bağımlı veya bağımsız değişkenler çerçevesinde bir tahmin modeli geliştirilmesine ve bazı varsayımlar yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, birbirinden farklı değişkenlere bağlı olarak tüketim yapan, farklı sektörlerde ve farklı bölgelerde faaliyet gösteren, farklı ticari çıkarları gözetilen bir grup tüketim tesisi için sistem işletmecisi tarafından ortak bir tüketim tahmin modelinin uygulanması adaletsiz bir duruma yol açabilecektir.

Bu çerçevede, tez çalışmasının ilk altı bölümünde yer verilen ve yukarıda özetlenen literatür araştırması sonucunda, yurt dışında ülkemizdeki talep tarafı yedeği hizmetine benzer talep tarafı katılımı programlarında ve geçmiş tüketim verilerine dayalı temel tüketim değeri hesaplama yöntemlerinde kullanılmakta olan gün içi düzeltme katsayısı, ülkemizdeki metodolojiye uygulanmış ve metodolojinin tahmin performansı doğruluk (accuracy) açısından düzeltme katsayısı içeren ve içermeyen her iki durum için analiz edilmiştir

Söz konusu analizler kapsamında, talep tarafı yedeği hizmetinde yer alması mümkün olan ve iletim şebekesine bağlı olarak işletilen dört farklı tüketim tesisinin 2021 yılının mart ve mayıs ayları arasındaki üç aylık geçmiş tüketim verilerinden faydalanarak, mevcut metodolojinin tahmin performansı gerçeğe yakınlık bakımından test edilmiştir. Sonrasında ise, bazı yurt dışı programlarında tavsiye edilen ancak ülkemizdeki yöntemde yer almayan gün içi düzeltme katsayısı mevcut metodolojiye uygulanarak, analizler aynı dönem için tekrar edilmiştir. Son olarak, mevcut metodolojinin performansına ve düzeltme katsayısı uygulanan metodolojinin performansına ilişkin olarak elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bu çerçevede, temel tüketim değeri belirleme metodolojisine düzeltme katsayısı uygulanmasıyla birlikte; analizi gerçekleştirilen dört tüketim tesisi için, seçilen 30 günlük analiz döneminde yer alan her bir saat için ayrı ayrı olmak üzere hesaplanan temel tüketim değerlerinin, ilgili dönem içerisindeki gerçekleşen tüketim değerlerinden ortalama yüzdelik sapma miktarlarının, Tüketim Tesisi 1 için %44,35 seviyesinden %21,7 seviyesine, Tüketim Tesisi 2 için %17,35 seviyesinden %6,98 seviyesine, Tüketim Tesisi 3 için %21,82 seviyesinden %7,99 seviyesine ve Tüketim Tesisi 4 için %34,61 seviyesinde %18,97 seviyesine kadar düştüğü görülmektedir. Söz konusu iyileştirmeler mevcut metodolojiyle elde edilen tahmini değerlerin gerçek değerlerden sapmasını Tüketim Tesisleri 1, 2, 3 ve 4 için sırasıyla %51, %60, %63 ve %46 oranında küçültülmesini sağlamıştır.

Söz konusu bulgular, gün içi düzeltme katsayısının uygulanmasının, kısıntı talimatlarının verileceği saatlere ilişkin referans tüketim değerlerinin gerçeğe daha yakın bir oranda tahmin edilebilmesini sağladığı ve mevcut temel tüketim değeri belirleme metodolojisinin performansını gerçek değerden sapma bakımından ortalama %55 oranında iyileştirdiğini göstermektedir. Bu itibarla, talep tarafı yedeği kapsamında, talimat verilecek gün içerisinde yer alan ve talimatın bildirim saatinden bir saat önce başlamak üzere geriye dönük iki saatlik periyodu kapsayan kalibrasyon dönemi için hesaplanan temel tüketim değerlerinin, söz konusu dönemde gerçekleşen tüketim miktarlarından sapma oranının, kısıntı saatindeki temel tüketim değerinin hesaplanmasına oransal bir düzeltme katsayısı olarak ilave edilmesi önerilmektedir.

Bu itibarla, mevcut temel tüketim değeri belirleme metodolojisine uygulanacak gün içi düzeltme katsayısının metodolojinin performansını iyileştireceği, gerek

tüketicilerin hizmet kapsamında sağladığı esnekliğin gerçek değerinin tespit edilmesine gerekse sistem işletmeciliğine ilişkin tedbirlerin daha yerinde uygulanabilmesine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Öte yandan, talep tarafı yedeği hizmetine ilişkin uygulanması düzenlenen mevcut yöntemin, ilgili hizmet kapsamında yer alan büyük güçlü sanayi tesisleri için uygulanabilir olmasına karşın; tüketimleri büyük ölçüde ısıtma soğutma kaynaklı yüklerden oluşan ve hava durumu ve benzeri dış değişkenlere bağlı değişkenliği daha yüksek olan alışveriş merkezi, otel gibi ticarethaneler veya konutlar için yeterli olmayabileceği değerlendirilmektedir. Talep tarafı esnekliğinden faydalanılabilecek piyasa ve program seçeneklerinin çeşitlendirilmesi ve söz konusu tüketici gruplarından da hizmet alınması halinde, temel tüketim değeri belirlenme yöntemlerinin de ilgili piyasa ve programlara uygulanabilirliği açısından yeniden ele alınması gerekecektir. Örneğin, hali hazırda uygulanan metodolojide geçmiş 45 günlük veriden faydalanarak tahmin yapılırken; hanelerin tüketim esnekliklerinden faydalanılan programlarda veya piyasa bazlı uygulamalarda, geçmiş birkaç yılın aynı döneminde gerçekleşmiş olan tüketim miktarları üzerinden hesaplamaya dayalı yöntemler daha iyi sonuç verebilecektir.

Bu nedenle, tüketim esnekliğinin ölçülmesinde esas alınan temel tüketim değerinin, uygulanan talep tarafı katılımı programının gerekliliklerine ve programa dahil olan tüketicilerin niteliğine uygun bir yöntem ile belirlenmesi, tüketicilerin adil bir uygulamayla teşvik edilmesini sağlamak için önem arz etmektedir. Talep tarafı esnekliğinden daha fazla istifade etmek ağıtım şebekesi müşterisi olan tüketicilerin veya depolama tesislerinin de iletim şebekesi işletmecisi tarafından tedarik edilen yan hizmetlere katılımının sağlanması, ulusal şebekedeki tüm kullanıcıların esnekliğinden faydalanılmasının önünü açarak enerji kaynaklarının verimli kullanılması, karbon ayak izinin küçültülmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekeye entegrasyonu gibi ulusal hedeflerimize ulaşmak için önemli bir adım olacaktır. Bunun yanı sıra, dağıtık üretimin yaygınlaştığı dağıtım şebekelerinde söz konusu kaynakların yol açabileceği zorluklarla başa çıkabilmek için ilave şebeke yatırımı tesis etmek yerine şebekesine bağlı kullanıcılarının esnekliklerinden faydalanması maksadıyla, dağıtım şebekesi işletmecilerinin de kısıt yönetimi hizmetlerini ve yan hizmetleri tedarik edebildiği bir piyasa yapısına geçilmesi gerekeceği değerlendirilmektedir.

Bu çerçevede, fayda ve maliyetleri değerlendirilmek suretiyle, sistemin ihtiyacı olan esnekliğin optimum çözümleri içerecek ve uzun vadeli hedeflerimize de hizmet edecek bütüncül bir anlayışla planlanması önem arz etmektedir. Bu kapsamda, tüketicilerin esneklik potansiyelinin farkına varmasını ve tüketim alışkanlıklarını sistem ihtiyaçları doğrultusunda yöneterek enerji kaynaklarını verimli kullanılmasını sağlamak ve yukarıda zikredilen piyasa yapısını uygulayabilmek için yurt dışındaki uygulamalara benzer şekilde toplayıcı yapısının hayata geçirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu sayede, tüketim miktarları ve elektrik enerjisi kullanım profilleri gün, hafta, ay, mevsim hatta yıl ölçeğinde birbirinden farklılaşan çok sayıda kullanıcının tek bir havuzda birleştirilmesi sayesinde şebeke işletmecilerine tıpkı büyük güçlü konvansiyonel bir enerji kaynağı gibi gün içerisinde dengeli bir esneklik hizmeti olarak sunulması sağlanabilecektir.

Toplayıcı modeli sayesinde büyük ve orta ölçekli tüketicilerin farkındalığının artırılması ve özendirilmesi, küçük ölçekli tüketicilerin piyasalara dâhil edilmesi, enerji tüketiminin yenilenebilir enerjiye dayalı üretimden en üst seviyede istifade edilebilecek şekilde kaydırılması, tüketim esnekliklerinin tıpkı ilave bir arz kaynağı gibi piyasalarda işlem görmesi sayesinde piyasadaki fiyatların düşmesi ve şebeke yatırımlarının ertelenmesi sayesinde sistem işletmeciliğine ilişkin maliyetlerin gibi çok sayıda menfaat elde edilebilir. Bu itibarla toplayıcı şirketlere ve toplayıcılık faaliyetine ilişkin yasal statünün ilgili elektrik piyasası mevzuatı kapsamında, ulusal stratejik hedeflerimiz kapsamında çizilen çerçeveye uyumlu olarak belirlenmesi gerektiği değerlendirmekle birlikte; toplayıcıların lisanslı bir piyasa oyuncusu statüsünde olmasının veya Birleşik Krallıktaki gibi bir etik sözleşmesine taraf olmasının müşterileriyle olan güven ilişkisini destekleyeceği düşünülmektedir.

Bunun yanı sıra, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu çerçevesinde ülkemizde hali hazırda faaliyet göstermekte olan enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin, enerji verimliliği hizmetleri kapsamında, tüketicilerin yük kaydırma potansiyellerinin belirlenmesinde, talep tarafı uygulamalarına ilişkin piyasa bazlı fırsatlar konusunda tüketicilerin bilgilendirilmesinde, bu konularda farkındalık ve eğitim faaliyetlerinin yürütülmesinde aktif olmaları ve toplayıcılık hizmeti sağlanmasına yönelik çalışmaların yapılması faydalı olacaktır. Bu amaçla, enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin ilgili mevzuat kapsamındaki yetkilerinin gözden geçirilmesi ve faaliyet kapsamına dahil edilebilecek hizmetler belirlenerek düzenleyici çerçevesinin buna

göre revize edilmesi önerilmektedir. Bu kapsamda, ülkemiz açısından güçlü bir ticaret ve yatırım ortağı olan AB tarafından yayımlanan yeşil mutabakat çerçevesinde 2050 yılı itibarıyla hedeflenen sıfır karbonlu ekonomiye geçiş hedeflerine uyum sağlamak ve sınırda karbon düzenlemeleriyle birlikte ülkemizin karşı karşıya kalabileceği ticari riskleri azaltmak maksadıyla; tüketicilerin enerji kaynaklarını verimli kullanmasına ve enerji tüketimlerini sistem ihtiyaçları doğrultusunda yönetebilmesine katkı sağlamak üzere, AB başta olmak üzere uluslararası kuruluşlar tarafından yürütülen çalışmaların yakından takip edilmesi, uluslararası ortaklıklar, eğitim faaliyetleri, atölye çalışmaları ve benzeri faaliyetler aracılığıyla enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin kapasitelerinin güçlendirilmesinin fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Özetle, sistem işletiminde sürdürülebilirliğin sağlanması ve değişen sistem dinamiklerine karşı şebeke dayanıklılığının korunması için sistemin esneklik ihtiyacının artacağı öngörülmektedir. Bu çerçevede, sistemde hangi aşamada ne kadar esneklik ihtiyacı oluşacağının bütüncül bir yaklaşımla ele alınıp planlanması, söz konusu plan çerçevesinde esneklik seçeneklerinin çeşitlendirilmesi ve farklı ölçeklerdeki kullanıcıları kapsayacak şekilde yaygınlaştırılması önerilmektedir. Bunun yanı sıra, yapılacak olan planlamanın finansman ve teşvik mekanizmaları bakımından enerji sektörüyle etkileşim halindeki çevre, sanayi, ulaştırma gibi sektörlerdeki enerji verimliliği ve çevre politikalarıyla bir arada değerlendirilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Böylelikle; şebekemizdeki mevcut esneklik potansiyelinden en iyi şekilde istifade edilmesini sağlayacak güçlü bir piyasa altyapısı ve düzenleyici çerçevenin oluşturulması sağlanabilecektir.



KAYNAKLAR

- [1] **CIGRE**. (1995). Methods for planning under uncertainty –towards flexibility in power system development, *Electra*. vol. 161. ss. 143-163.
- [2] **International Energy Agency (IEA)**. (2011). Harnessing variable renewables - a guide to the balancing challenge. Paris: IEA.
- [3] **EURELECTRIC**. (2014). Flexibility and Aggregation: Requirements for their interaction in the market.
- [4] **Electric Power Research Institute (EPRI)**. (2016). Electric power system flexibility: challenges and opportunities white paper. <https://www.naseo.org/Data/Sites/1/flexibility-white-paper.pdf>adresinden alındı. Erişim tarihi: Ekim 2021.
- [5] **European Union Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E)**. (2017). ENTSO-E Response to the CEER public consultation guidelines of good practice for flexibility use at distribution level. Brussels: ENTSO-E.
- [6] **European Federation of Local and Regional Energy Companies (CEDEC), European Distribution System Operators (EDSO), EURELECTRIC, GEODE**. (2018). Flexibility in the energy transition – A toolbox for electricity DSOs.
- [7] **Council of European Energy Regulators (CEER)**. (2018). Distribution Systems Working Group Flexibility Use at Distribution Level Conclusions Paper. Brussels: CEER.
- [8] **IEA**. (2018). Status of Power System Transformation 2018: Advanced Power Plant Flexibility. Paris: IEA.
- [9] **International Renewable Energy Agency (IRENA)**. (2018). Power system flexibility for the energy transition, part 1: overview for policy makers.
- [10] **Arefi, A., Shahnian, F., Ledwich, G.** (2018). Electric distribution network management and control, Springer, Singapore.
- [11] **Renewables Grid Initiatives (RGI)**. (2020). Flexibility Discussion Paper: The need for flexibility in a climate-neutral energy system.
- [12] **IEA**. (2018). World Energy Outlook. Paris: IEA.
- [13] **REN21**. (2018). Renewables 2018 global status report.
- [14] **Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry Agency for Natural Resources and Energy**. (2019). Japan's energy 2018 report.
- [15] **Yabe A.** (2018). Japan's energy system for large-scale VRE integration and New Energy and Industrial Technology Development Organization's (NEDO) activities [Power Point sunumu].

- [16] **Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi).** (2018). Renewable Energy Sources in Figures Report. Berlin: BMWi.
- [17] **Url-1** < <https://www.eia.gov/state/analysis.php?sid=HI>>, erişim tarihi 10.10.2021.
- [18] **IRENA.** (2014). Renewable energy prospects: China, a renewable energy roadmap report executive summary. Abu Dhabi: IRENA.
- [19] **Url-2** <<https://www.eirgridgroup.com/how-the-grid-works/ds3-programme/>>, erişim tarihi 20.09.2021.
- [20] **Url-3** <<https://btuanalytics.com/power-and-renewables/ercot-wind-curtailments-how-much-and-where/>>, erişim tarihi 04.10.2021.
- [21] **IEA.** (2019). International Smart Grid Action Network (ISGAN), power transmission & distribution systems flexibility needs in the future power system discussion paper. Paris: IEA.
- [22] **Babatunde, O., Munda J., Hamam Y.** (2019). Power system flexibility-a review, department of electrical engineering, tshwane university of technology.
- [23] **BloombergNEF, EATON, Statkraft.** (2018). Flexibility Solutions for High-Renewable Energy Systems United Kingdom.
- [24] **Perez Linkenheil C., Kuchle I, Kurth T., Huneke F.** (2017). Flexibility needs and options for Europe's future electricity system, energy brain pool, Berlin.
- [25] **IEA.** (2019). Status of Power System Transformation 2019 Technology Report. Paris: IEA.
- [26] **SHURA.** (2018). Türkiye'nin enerji sisteminde yenilenebilir kaynakların artan payı: iletimde genişleme ve esneklik seçenekleri, İstanbul: SHURA.
- [27] **Szörényi, G.** (2019). Different regulatory measures supporting technologies ensuring flexibility, the system flexibility challenge [Powerpoint sunumu], Budapeşte.
- [28] **IEA & IRENA.** (2017). Perspectives for the Energy Transition: Investment Needs for a Low-Carbon Energy System. Abu Dhabi: IRENA.
- [29] **Url-4** <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en>, erişim tarihi 7.10.2021.
- [30] **McGrew, J. B.** (1970). Future shock Alvin Toffler, New York: random house.
- [31] **Wolfgang O., Askeland M., Back S., vd.** (2018). Prosumers' role in the future energy system, position paper. Centre for Sustainable Energy Studies.
- [32] **Capgemini.** (2009). The Impact of Renewables on the Electric Grid.
- [33] **CEER.** (2013). Regulatory and Market Aspects of Demand Side Flexibility, Sustainable Development Taskforce Report. Brussels: CEER.
- [34] **Regional Centre for Energy Policy Research (REKK).** (2008). Potential Implementation of demand side approach methods in ERRA countries, Energy Regulators Regional Association (ERRA) Licencing and Competition Committee case study paper. Budapest: ERRA.

- [35] **Florance School of Regulation (FSR)**. (2013). Shift, not drift: towards active demand response and beyond technical report. Florance: FSR.
- [36] **Lawrence Berkeley National Laboratory**. (2017). 025 California demand response potential study – charting california’s demand response future: final report on phase 2 results. <<https://eta.lbl.gov/publications/2025-california-demand-response>> adresinden alındı, erişim tarihi 04.10.2021.
- [37] **CEPS**. (2017). Improving The market for flexibility in the electricity sector, taskforce report. Brussels: CEPS.
- [38] **Url-5** <www.iea.org>, erişim tarihi 10.10.2021.
- [39] **Smart Energy Demand Coalition (SEDC)**. (2017). Explicit demand response in Europe, mapping the markets 2017. Brussels: SEDC.
- [40] **Institute for Electric Innovation (IEI)**. (2017). Electric company smart meter deployments: foundation for a smart grid. Washington: IEI.
- [41] **Rocky Mountain Institute (RMI)**. (2006). Demand response: an introduction, overview programs, technologies, and lessons learned for southwest energy efficiency project. Colorado: RMI.
- [42] **Federal Energy Regulatory Comission (FERC)**. (2019). Assessment of demand response and advanced metering, staff report. United States: FERC.
- [43] **European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E)**. (2015). Market design for demand side response policy paper. Brussels: ENTSO-E.
- [44] **Faruqui A. & George S.** (2002). The value of dynamic pricing in mass markets, the Electricity Journal. Temmuz 2002, ss. 45-54.
- [45] **Torriti, J.** (2015). Peak energy demand and demand side response (1st ed.). Routledge. Erişim adresi: <<https://doi.org/10.4324/9781315781099>>
- [46] **RMI**. (2006). Automated demand response system pilot, load impact results, prepared for the California Energy Commission. Erişim Adresi: <http://large.stanford.edu/courses/2014/ph240/lin2/docs/2440_doc_1.pdf>
- [47] **Faruqui, A., & Mauldin, M.** (2002). The barriers to real-time pricing: separating fact from fiction. Public Utilities Fortnightly, 140(14), 30-41.
- [48] **RMI**. (2006). Comprehensive home energy management systems: are they worth the cost, proceedings of the 2005 international energy program evaluation conference. New York: RMI.
- [49] **Wright, Roger L. & Martinez M.** (2003). Results from California’s small commercial demand-responsiveness pilot program [c]//2003 international energy program evaluation conference, Washington: Ağustos 22-23.
- [50] **Demand Side Analytics & LLC**. (2020). Southern California EDISON demand side response report. California: Sothern California EDISON.
- [51] **Url-6** <<https://www.ree.es/en/press-office/news/press-release/2019/12/allocation-of-the-interruptibility-service-begins>>, erişim tarihi 10.10.2021.

- [52] **Heffner G. C. & Goldman C. A.** (2001). Demand responsive programs -an emerging resource for competitive electricity markets, 12-13. <https://escholarship.org/uc/item/15z5w6qm> adresinden alındı. Erişim tarihi:10.09.2021.
- [53] **Smart Electric Power Alliance (SEPA), NAVIGANT & PLMA,** (2018). Utility demand response market snapshot report.
- [54] **IEA,** (2020). Demand Response Tracking Report. Paris: IEA.
- [55] **Universal Smart Energy Framework (USEF).** (2017). Workstream on Aggregator Implementation Models. Erişim adresi: <<https://www.usef.energy/app/uploads/2016/12/Recommended-practices-for-DR-market-design.pdf>>.
- [56] **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB).** (2019). Enerji Sektör Programı Faz-2 Enerji Piyasalarının Geliştirilmesi Projesi, Dengeleme ve Güç Piyasası (DGP) Tavsiye Raporu, Ankara.
- [57] **Poplavskaya, K., & de Vries, L.** (2020). Aggregators today and tomorrow: from intermediaries to local orchestrators? in behind and beyond the meter: digitalization, aggregation, optimization, monetization, Elsevier, ss 105-135.
- [58] **European Smart Grids Task Force Expert Group 3 (EG3).** (2019). Final Report-demand side flexibility perceived barriers and proposed recommendations. Erişim adresi: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eg3_final_report_demand_side_flexibility_2019.04.15.pdf> .
- [59] **Bray, R., & Woodman, B.** (2019). Barriers to independent aggregators in Europe.
- [60] **Office of Gas and Electricity Markets (Ofgem).** (2016). Aggregators - Barriers and External Impacts Report.
- [61] **PÖYRY.** (2018). Independent Aggregator Models (Project number: 102001516) Final Report.
- [62] **BestRES.** (2016). Existing business models for renewable energy aggregators project (ref. Ares (2016) 2689723) report.
- [63] **SEDC.** (2015). Demand response: clarification of the standard processes required between BRPs and independent aggregators.
- [64] **Penta SGIII Expert Group.** (2017). Demand side response final report.
- [65] **European Commission (EC).** (2019). Clean Energy for All Europeans. Brussel: EC.
- [66] **ALPER SAĞLAM, M.** (2020). Elektrik sistemlerinde esneklik seçeneklerinin incelenmesi ve Türkiye açısından değerlendirilmesi (uzmanlık tezi), EPDK, Ankara.
- [67] **EIT InnoENERGY.** (2019). Humanising the energy transition: welcome to the age of the prosumer report.
- [68] **Wilson, R.** (2002). Architecture of power markets, *Econometrica*. vol. 70. Sayı 4. ss. 1299–1340.

- [69] **Morstyn, T., Farrell, N., Darby S. J., McCulloch M. D.** (2018). Using peer to peer energy trading platforms to incentivize prosumers to form federated power plants. *Nature Energy*. vol. 3. sayı 2, ss. 94–101.
- [70] **Setiawan, E. A.** (2007). Concept and controllability of virtual power plant. kassel university press GmbH.
- [71] **Vessey, A., Awerbuch, S. ve Preston, A.,** (1997). The Virtual Utility: Accounting, Technology & Competitive Aspects of the Emerging Industry. ss. 43–55.
- [72] **Nikonowicz, L. B.; Milewski, J.** (2012). Virtual power plants-general review: Structure, application, and optimization. *J. Power Technol.* ss. 135–149.
- [73] **IRENA.** (2019). Aggregators Innovation Landscape Brief, Abu Dhabi.
- [74] **Wang, X., Liu, Z., Zhang, H., Zhao, Y., Shi, J., & Ding, H.** (2019). A review on virtual power plant concept, application and challenges, *IEEE Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT Asia)*, ss. 4328-4333.
- [75] **DOE (Department of Energy).** (2018). What Is Efficiency-as-a-Service. <betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/financing-navigator/option/efficiency-a-service> adresinden alındı, erişim tarihi, 13.10.2021.
- [76] **Deloitte.** (2019). Energy as a service: the lights are on. is anyone home.
- [77] **American Council for Energy Efficient Economy (ACEEE).** (2019). Energy as a service factsheet, emerging opportunities series.
- [78] **Url-7** <<https://novice-project.eu/>>, erişim tarihi 10.10.2021
- [79] **Url-8** <<https://cordis.europa.eu/article/id/124755> >, erişim tarihi 01.10.2021
- [80] **Colthorpe, A.** (2017, January 31th). Stem connects 1 MW aggregated virtual power plant in Hawaii. *Energy Storage News*. < <https://www.energy-storage.news/stem-connects-1mw-aggregated-virtual-power-plant-in-hawaii/>>
- [81] **Pickerel, K.** (2018, September 19th). Urban energy solutions and sungreen systems will use stem's ai solutions in solar+storage projects. *Solar World Power*. Erişim adresi: <<https://www.solarpowerworldonline.com/2018/09/urban-energy-solutions-and-sungreen-systems-will-use-stems-ai-solutions-in-solarstorage-projects/>>
- [82] **E.ON Brings Innovation to the energy market: storing solar power without batteries.** (2018, January 30th). EON. Erişim adresi: <<https://www.eon.com/en/about-us/media/pressrelease/2018/eon-brings-innovation-to-the-energy-market-storing-solar-power-without-batteries.html>>.
- [83] **IRENA.** (2019). Innovation landscape for a renewable-powered future: solutions to integrate variable renewables. Abu Dhabi: IRENA.
- [84] **IRENA.** (2018). Power System Flexibility for the Energy Transition, Part II, IRENA FlexTool Methodology, Abu Dhabi.
- [85] **IEA.** (2021). Demand Response Tracking Report. France: IEA.

- [86] **International Electrotechnical Commission (IEC).** (2019). What is a smart grid. <www.iec.ch/smartgrid/background/explained.html> adresinden alındı, erişim tarihi 05.11.2021.
- [87] **Office of Gas and Electricity Markets (Ofgem).** (2017). Upgrading our energy system: smart systems and flexibility plan.
- [88] **Directive (EU) 2019/944** of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. L158/125 numbered Official Journal of the European Union, 14.6.2019.
- [89] **ELIA.** (2018). The Strategic Reserve. <<https://www.elia.be/en/electricity-market-and-system/adequacy/strategic-reserves>> adresinden alındı. erişim tarihi 30.09.2021.
- [90] **ENTSO-E.** (2018). Electricity balancing in Europe, an overview of the European balancing market and electricity balancing guideline. Brussels: ENTSO-E.
- [91] **MRC, ECCO, Exergia.** (2020). Demand side response assessment and recommendation report, 2013 Energy Sector Programme Phase-2 Project, Task 1F. Ankara: ETKB.
- [92] **Réseau de Transport d'Électricité (RTE).** (2020). Electricity balance report. France: RTE.
- [93] **RTE.** (2019). Electricity Report. France: RTE.
- [94] **ENTSO-E.** (2020). Balancing Report. Brussels: ENTSO-E.
- [95] **Url-4** <<https://www.services-rte.com/en/learn-more-about-our-services/the-interruptible-load-call-for-tenders.html>>, erişim tarihi 27.10.2021.
- [96] **Valdes, J., González, A. B. P., Camargo, L. R., Fenández, M. V., Macia, Y. M., & Dorner, W.** (2019). Industry, flexibility, and demand response: Applying German energy transition lessons in Chile. *Energy Research & Social Science*, 54, 12-25.
- [97] **IEA.** (2020). Germany 2020, Energy Policy Review. France: IEA.
- [98] **Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi).** 2012. An electricity market for Germany's energy transition, white paper. Berlin: BMWi.
- [99] **Zancanella, P., Bertoldi, P. and Kiss, B.** (2016). Demand response status in EU Member States, EUR 27998 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- [100] **BMWi & Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU).** (2010). Energy concept for an environmentally sound, reliable and affordable energy supply. Berlin: BMWi.
- [101] **Url-9** <<https://www.cleanenergywire.org/germanys-energiawende-brief>>, erişim tarihi 12.11.2021
- [102] **Url-10** <<https://www.regelleistung.net/ext/>>, erişim tarihi 11.11.2021.
- [103] **UK Public General Acts.** (2008). Climate Change Act 2008. London: UK Government.

- [104] **National Grid.** (2020). Future Energy Scenarios 2020. London: National Grid.
- [105] **Li, P. H., Keppo, I., Xenitidou, M., & Kamargianni, M.** (2020). Investigating UK consumers' heterogeneous engagement in demand-side response. *Energy Efficiency*, 13(4), ss. 621-648.
- [106] **National Grid.** (2021). Future Energy Scenarios 2021. London: National Grid.
- [107] **Url-11** <https://www.avrupa.info.tr/tr/brexit-sureci-1062>, erişim tarihi 17.10.2021.
- [108] **Url-12** <nationalgrideso.com> erişim tarihi 16.10.2021.
- [109] **Url-13** <<https://www.flexassure.org/>>, erişim tarihi 16.10.2021.
- [110] **National Grid.** (2019). Demand Side Flexibility, Power Responsive Annual Report 2018. London: National Grid.
- [111] **Url-14** <<https://www.nationalgrideso.com/news/euro-2020-and-tv-pick-effect>>, erişim tarihi 15.10.2021.
- [112] **Url-15** <<https://gridbeyond.com/managing-the-grid-and-the-tv-pick-up-effect/>>, erişim tarihi 15.10.2021.
- [113] **Url-16** <<https://www.drax.com/power-generation/7-of-the-biggest-tv-moments-in-uk-electricity-history/>>, erişim tarihi 16.10.2021.
- [114] **Engie.** (2016). Frequency control by demand management report.
- [115] **Url-17** <<https://www.nationalgrideso.com/industry-information/balancing-services/reserve-services/demand-turn>> erişim tarihi 16.10.2021.
- [116] **National Grid.** (2020). Power Responsive Annual Report 2020. London: National Grid.
- [117] **National Grid.** (2018). A short guide to how your business can profit from Demand Side Response. London: National Grid.
- [118] **IRENA.** (2019). Demand side Flexibility for Power Sector Transformation. Abu Dhabi: IRENA.
- [119] **Matevosyan, J.** (2018). Balancing electricity, Focus on operational management frequency control [Powerpoint sunumu], dena-symposium a global perspective on electricity ancillary service, Berlin.
- [120] **Liu, Y.** (2016). Frequency Response Assessment and Improvement of Three Major North American Interconnections due to High Penetrations of Photovoltaic Generation (No. DOE-ORNL-30844). Oak Ridge National Lab. (ORNL), Oak Ridge, United States.
- [121] **Abreu, J. M.** (2019). Consumer and Market Optimized Design of Residential DR Programs using Connected Devices Insights from consumer research. United States: Massachusetts Department of Energy Resources (DOER).
- [122] **Foster, B. vd.** (2018). 2018 assessment of demand response and advanced metering staff report. Washington: FERC.
- [123] **Josh Bode, M.P.P., Steve Morris, M. S. vd.** (2021). 2020 Summer Discount Plan Impact Evaluation Report. Southern California: Edison.

- [124] **DTE Energy.** (2014). Final Evaluation Report (08152014). United states: Department of Energy.
- [125] **Roselund, C.** (2021, 28 June). The California Blackout that wasn't. RMI. Erişim adresi <<https://rmi.org/the-california-blackout-that-wasnt/>>
- [126] **Dyson, M., Serrurier, B., Teplin, C.** (2020, 18 august). Blackouts and California's Clean Energy Transition. RMI. Erişim adresi <<https://rmi.org/blackouts-and-californias-clean-energy-transition/>>
- [127] **Australian Energy Market Operator (AEMO).** (2019). Demand side participation forecast and methodology. Melbourne: AEMO.
- [128] **FSR.** (2018). Measuring the Intangible: An Overview of the Methodologies for Calculating Customer Baseline Load in PJM. Florance: European University Institute.
- [129] **Enernoc.** (2009). Demand response baseline white paper.
- [130] **Braithwait, S. D. (t.y.).** Accuracy of alternative baseline methods for measuring demand response program impacts. <https://energy-evaluation.org/wp-content/uploads/2019/06/2010-paris-020-steve-braithwait.pdf> adresinden alındı. erişim tarihi 10.10.2021.
- [131] **DNV-GL.** (2020). Baseline methodology assessment, (doc No: 1025166001). London: Energy Networks Association.
- [132] **Madrigal, R.** (2018). Energy storage and distributed energy resources (esder) phase 2, pre-market simulation training session [Power point sunumu]. California: CAISO.
- [133] **Rana, G., D'Oriano L., Mastandrea, G., Cardellicchio, A. vd.** (2019). Recommendations for baseline load calculations in DR programs, enabling new Demand Response Advanced, Market oriented and Secure technologies, solutions and business models (EU H2020 funded Innovation project grant agreement No 774478).
- [134] **Lueth, K. N.** (2019, 13 November). Smart meter market 2019: global penetration reached 14%-North America, Europe ahead. IOT Analytics. Erişim adresi: <https://iot-analytics.com/smart-meter-market-2019-global-penetration-reached-14-percent/> adresinden alındı. Erişim tarihi: Kasım 2021.
- [135] **Lawrence Berkeley National Laboratory.** (2008) Estimating demand response load impacts: evaluation of baseline load models for non-residential buildings in California.
- [136] **T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB).** (2019). 2019-2023 Stratejik Planı. Ankara: ETKB.
- [137] **ETKB & Yüksek Planlama Kurulu.** (2018). 2017-2023 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı. T.C. Resmi Gazete: 30289 (mükerrer), 2/1/2018.
- [138] **T.C. Enerji Piyasası Düzeneleme Kurumu (EPDK).** Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete: 30252, 26/11/2017.

- [139] **European Commission.** (2019). The European Green Deal. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en adresinden alındı. Erişim tarihi: Kasım 2021.
- [140] **T.C. Ticaret Bakanlığı.** (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı. <https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKA-T%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf> adresinden alındı. Erişim tarihi: Ekim 2021.
- [141] **EPDK.** (2021). Elektrik Piyasası Sektör Raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-23/elektrikaylik-sektor-raporlar> adresinden alındı. Erişim tarihi: Kasım 2021.
- [142] **EPDK,** Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete: 27200, 14.04.2019.
- [143] **EPDK,** Elektrik Piyasası Kapasite Mekanizması Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete: 30307, 20.01.2018.
- [144] **EPDK,** Elektrik Piyasası Kanunu. T.C. Resmi Gazete: 28603, 30/3/2013.
- [145] **EPDK,** Kurul Kararı: 10623, 16.12.2021. T.C. Resmi Gazete: 31697, 22.12.2021.
- [146] **EPDK,** Elektrik Şebeke Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete: 29013, 28/5/2014.
- [147] **Url-9** <EPIAŞ, Şeffaflık Platformu, <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/>>, erişim tarihi 20.12.2021.
- [148] **EPDK.** (2020). 2020 yılı Elektrik Piyasası Gelişim Raporu. Ankara: EPDK.
- [149] **Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet.** (2018). Prosumers' Role In The Future Energy System. <https://www.ntnu.no/documents/7414984/1265644753/Prosumers+role+in+the+future+energy+system-short.pdf/94553312-c1df-4ac5-9631-4d5be8cd354c> adresinden alındı. Erişim tarihi: Kasım 2021.
- [150] **Houseman, D.** (2009). The Impact of Renewables on the Electric Grid. Capgemini: <https://www.capgemini.com/it-it/resources/the-impact-of-renewables-on-the-electric-grid/> adresinden alındı. Erişim tarihi: Kasım 2021.
- [151] **Meram Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi MEDAŞ.** (2019). Dağıtım Şebekelerinin Yan Hizmetlere Katılımının Teknik, Fayda-Maliyet ve Mevzuat Bakış Açılımları ile Değerlendirilmesi ARGE Projesi, Farklı Piyasa ve İş Modellerinin Değerlendirilmesi Raporu. Ankara: EPDK.
- [152] **Cochran, J..** (2015). Greening the Grid Project: The Role of Storage and Demand Response (NREL/FS-6A20-63041). Washington: National Renewable Energy Laboratory (NREL) & U.S. Agency for International Development (USAID)
- [153] **Bird, L., Cochran, J., & Wang, X.** (2014). Wind and Solar Energy Curtailment: Experience and Practices in the United States, US National Renewable Energy Laboratory. Denver: National Renewable Energy Laboratory.
- [154] **ALPER SAĞLAM, M.** (2020). Status of Demand Side Management in Turkish Power Market, Türk-Alman Enerji Forumu [Powerpoint sunumu]. Ankara: EPDK.

- [155] **Başkent Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi, Toroslar Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi, İstanbul Anadolu Yakası Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi.** (2017). Talep Tarafı Katılımının Dağıtım Şirketlerine Etkilerinin Araştırılması ve Dağıtım Şirketlerinin Yeni Piyasa Kurgusundaki Konumlanmasının Belirlenmesi” ARGE Projesi Final Raporu. Ankara: EPDK.
- [156] **EPDK,** Talep Tarafı Yedeği Hizmeti Kapsamında Tüketim Tesislerinin Belgelendirilmesine ilişkin Usul ve Esaslar. T.C. Resmi Gazete: 31568, 14/08/2021.
- [157] **EPDK,** Talep Tarafı Yedeği Hizmetine İlişkin Yan Hizmet Anlaşması. Kurul Kararı: 10544, 11.11.2021.
- [158] **EPDK,** Talep Tarafı Yedeği Hizmeti Kapsamında Temel Tüketim Değerinin Belirlemesine ilişkin Usul ve Esaslar. T.C. Resmi Gazete: 31568, 14/08/2021.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad

: Mehtap ALPER SAĞLAM

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- İş hayatına 2009 yılında GERSAN Elektrik Ticaret ve Sanayi A.Ş.'de başladı.
- 2010-2016 yılları arasında T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, AB ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü, AB Mali Programlar Dairesi Başkanlığınca Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı (IPA) kapsamında yürütülmüş olan Bölgesel Rekabet Edebilirlik Operasyonel Programında IPA uzmanı olarak görev yaptı ve çeşitli sektörlerde, çoğu teknoloji geliştirme, AR-GE ve inovasyon önceliğinde olmak üzere inşaat, tedarik, teknik yardım ve müşavirlik gibi farklı bileşenleri içeren çok sayıda projenin şartname hazırlığı, ihale ve sözleşme yönetimi süreçlerinde yer aldı.
- 2016 yılı temmuz ayından bu yana, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasası Dairesi Başkanlığında enerji uzmanı ve AR-GE Komisyonu üyesi olarak görev yapıyor ve şebeke kodları, yan hizmetler, şebeke esnekliği ve dijitalleşme konularındaki mevzuat çalışmalarını takip ediyor.