SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

Enerji Verimliliği Çözümü:
Sistem Verimliliği

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Hakkında

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

Yazarlar

Jan Rosenow, Samuel Thomas (RAP), Elif Düşmez Tek, Mehmet Yusuf Çakmak (Deloitte), Hasan Aksoy, Ayşe Ceren Sarı (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi)

Teşekkürler

Rapor SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi direktörü Dr. Değer Saygın tarafından yapılan genel yönlendirme ve değerlendirme ile hazırlanmıştır. Raporun hazırlanması esnasında görüşme yapılarak çok değerli görüş, inceleme ve yorumlarını sunan kişi ve kuruluşlara teşekkür ederiz. Alper Terciyanlı (ENDOKS), Hülya Akınç (BEDAŞ) raporu inceleyerek geri bildirimde bulunmuştur.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, Almanya Federal Cumhuriyeti Parlamentosu'nun kararı doğrultusunda finansman sağlayan Almanya Federal Ekonomi ve Enerji Bakanlığı'na müteşekkirdir. Ayrıca SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, bu rapor için AGCI-Crux Enerji Programı tarafından sağlanan cömert finansmana müteşekkirdir.

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

Tasarım

Tasarımhane Tanıtım Ltd. Şti.

Telif Hakkı © 2020 Sabancı Üniversitesi

ISBN 978-605-70031-4-0

Sorumluluk Reddi

Bu rapor ve içeriği, çalışma kapsamında göz önünde bulundurulan kabuller, senaryolar ve 2019 yıl sonu itibarıyla mevcut olan piyasa koşulları doğrultusunda hazırlanmıştır. Bu kabullerin, senaryolar ve piyasa koşullarının değişime açık olması nedeniyle, rapor kapsamındaki gelecek dönem öngörülerinin, gerçekleşecek sonuçlarla aynı olacağı garanti edilemez. Bu raporun hazırlanmasına katkı yapan kurum ya da kişiler, raporda sunulan öngörülerin gerçekleşmemesi ya da farklı şekilde gerçekleşmesinden dolayı oluşabilecek ticari kazanç ya da kayıplardan sorumlu tutulamazlar.

Deloitte.

RAP®

Supported by:

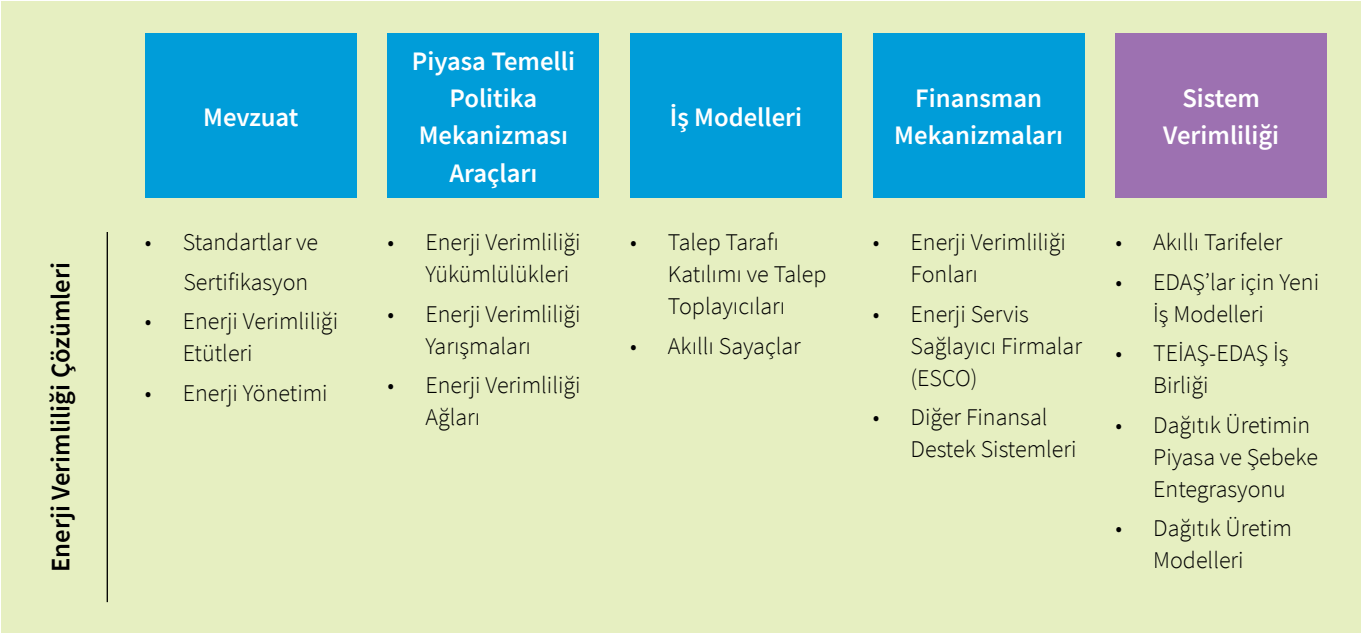
Federal Ministry for Economic Affairs and Energy

on the basis of a decision by the German Bundestag

Enerji Verimliliği Çözümü:
Sistem Verimliliği

Giriş

Şekil 1: *Enerji verimliliği rapor içerik şeması*



Bu çalışma SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi'nin "Türkiye Elektrik Sistemi için En Ekonomik Katkı: Enerji Verimliliği ve Yeni İş Modelleri" adlı çalışmasının destekleyici raporlarından biri olarak, Türkiye'de enerji dönüşümünün getirdiği faydaları en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen ve genel sistem verimliliğini, dolayısıyla maliyet-etkinliği artırmayı amaçlayan mekanizmaları incelemekte, dağıtık üretimin ve tüketicilerin daha aktif rol aldığı sistemlerin enerji verimliliği kapsamında sunduğu faydaları analiz etmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde, dünyada enerji verimliliği iyileştirmeleri için kullanılan sistem verimliliği mekanizmaları tanıtılmıştır. Akıllı tarifeler, dağıtım sistemi operatörleri (EDAŞ'lar) için yeni iş modelleri, iletim sistemi operatörü (TEİAŞ)-EDAŞ iş birliği, dağıtık üretimin piyasa ve şebeke entegrasyonu ve dağıtık üretim modellerinin temel kapsam ve nitelikleri incelenmiştir. Bu süreçte dünya uygulamaları temel alınmıştır.

İkinci bölümde, çalışmada incelenen sistem verimliliği mekanizmalarının enerji verimliliğine olan potansiyel katkısı incelenmiş, bu katkının ortaya çıkmasına etki eden temel unsurlar ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, çalışma dâhilindeki sistem verimliliği mekanizmaları karşısındaki dünya uygulamalarında sıklıkla ortaya çıkan temel engellerin yanı sıra mekanizmaların etkin uygulanması için ihtiyaçlar ile gerekli teknoloji ve yaklaşımlar incelenmiştir. Dördüncü bölümde ise dünyadaki çok zamanlı tarife, EDAŞ'lar için yeni iş modelleri, TEİAŞ-EDAŞ iş birliği, dağıtık üretimin piyasa ve şebeke entegrasyonu ve dağıtık üretim modelleri uygulamalarından örnekler tanıtılmıştır.

Beşinci bölümden itibaren Türkiye'de enerji verimliliğinin iyileştirilmesi için sistem verimliliği mekanizmalarının durumu ve potansiyeli incelenmeye başlanmış, beşinci bölümde Türkiye'deki mevcut durum analizi yapılmıştır.

Altıncı bölümde, Türkiye'deki mevcut durum ve sistem verimliliği mekanizmalarının potansiyel etkin uygulaması arasındaki boşluk mevzuat, metodoloji ve araçlar, ölçme doğrulama sistemleri, kurumsal değişiklikler ve piyasa tasarımı alt başlıklarında tespit edilmiştir.

Yedinci bölümde sistem verimliliği mekanizmalarının Türkiye'de enerji verimliliğine olan potansiyel etkisi belirlenmiştir. İlk adımda son tüketim alanlarında ortaya çıkacak etki potansiyeli sanayi, binalar, konutlar, ticari binalar, kamu binaları ve dağıtık üretim son tüketim alanları açısından tespit edilmiştir. İkinci adımda, çalışmaya dâhil edilmiş her bir sistem verimliliği mekanizması SHURA senaryosunda hayata geçirilirken enerji sektöründe ortaya çıkan etkinin nicel analiz sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlar çalışma kapsamında geliştirilen elektrik tasarruf ve fayda-maliyet analizi modelleri kullanılarak toplam yatırım hacmi, toplam maliyet (politika maliyeti & sistem maliyetini kapsamaktadır), elektrik tasarruf miktarı, elektrifikasyon miktarı, elektrik tüketimindeki azalmanın değeri, birincil enerji tasarrufu ve önlenen karbondioksit (CO_2) emisyonlarını kapsamaktadır.

Sekizinci bölümde sistem verimliliği mekanizmalarının SHURA senaryosunda 2030 yılına kadar öngörülen ticarileşme potansiyeli ortaya konmuştur ve bu potansiyel enerji sektöründeki etkiler hesaplanırken de dikkate alınmıştır. Ticarileşme potansiyelinde sistem verimliliği mekanizmalarının piyasaya entegre olma, uygulanabilme, finansal araçlarla desteklenme ve ekonomiye katkı sunma potansiyeli değerlendirilmiştir. Ticarileşme potansiyeli analizi her bir sistem verimliliği mekanizması için gerçekleştirilmiş, en büyük etki potansiyeline sahip uygulama alanları Türkiye'de 2030 yılına kadar olan yatırım süreci, yatırım miktarı ve verimlilik potansiyeli açısından incelenmiştir.

Son bölümde ise Türkiye'de sistem verimliliği mekanizmalarının uygulanması için özel politika önerileri geliştirilmiştir. Bu süreçte Türkiye'deki mevcut durumun tespiti, boşluk analizi, çözümün etkileri ve ticarileşme potansiyeli göz önüne alınmıştır. Her bir politika önerisi için etkilenecek sektörler ve son tüketim alanları da belirlenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Giriş 3

Şekiller Listesi 7

Tablo Listesi 7

Kısaltma Listesi 8

1. Sistem Verimliliğinin Tanımı 9
   1.1. Akıllı Tarifeler 10
   1.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri 13
   1.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği 14
   1.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu 16
   1.5. Dağıtık Üretim Modelleri 18

2. Sistem Verimliliğinin Enerji Verimliliğine Katkısı 19
   2.1. Akıllı Tarifeler 19
   2.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri 21
   2.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği 21
   2.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu 22
   2.5. Dağıtık Üretim Modelleri 23

3. Sistem Verimliliğinin Etkin Şekilde Uygulanmasının Önündeki Engeller, İhtiyaçlar ve Gerekli Teknoloji/Yaklaşımlar 25
   3.1. Akıllı Tarifeler 25
      3.1.1. Engeller 25
      3.1.2. İhtiyaçlar 25
      3.1.3. Gerekli teknoloji ve yaklaşımlar 26
   3.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri 26
      3.2.1. Engeller 26
      3.2.2. İhtiyaçlar 26
      3.2.3. Gerekli teknoloji ve yaklaşımlar 27
   3.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği 27
      3.3.1. Engeller 27
      3.3.2. İhtiyaçlar 28
      3.3.3. Gerekli teknolojiler ve yaklaşımlar 28
   3.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu 28
      3.4.1. Engeller 28
      3.4.2. İhtiyaçlar 29
      3.4.3. Gerekli teknoloji ve yaklaşımlar 29
   3.5. Dağıtık Üretim Modelleri 30
      3.5.1. Engeller 30
      3.5.2. İhtiyaçlar 30
      3.5.3. Gerekli teknoloji ve yaklaşımlar 31

4. Sistem Verimliliği Çözümlerinin En İyi Uygulama Örnekleri 33
4.1. Akıllı Tarifeler 33
4.1.1. Fransa'da uygulanan kritik puant fiyatlandırması - Tempo tarifesi 33
4.1.2. Hawaii'deki akıllı tarifeler 34
4.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri 36
4.2.1. Kuzey Adaları Yeni Enerji Çözümleri: The Northern Islands New Energy Solutions (NINES) - EDAŞ: Scottish & Southern Energy 36
4.2.2. The Local Energy Oxford /Oxford Yerel Enerji (LEO) projesi - EDAŞ: Scottish & Southern Energy 37
4.2.3. Yerel Şebeke Besleme - yerel enerji kullanımının teşvikini keşfetmek - EDAŞ: Western Power Distribution 37
4.2.4. Next Kraftwerke 38
4.2.5. BIGHIT, Orkney Adaları, İskoçya ve Güney Bölgesi – EDAŞ: Scottish & Southern Energy 38
4.2.6. Pahalı Şebeke İyileştirmelerinin Yerine Dağıtık Enerji Kaynaklarının Kullanılması - Brooklyn-Queens Talep Yönetimi Programı (BQDM) 39
4.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği 40
4.3.1. SmartNet Projesi 40
4.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu 42
4.4.1. Almanya'da DEK'lerin piyasa entegrasyonu 42
4.5. Dağıtık Üretim Modelleri 45
4.5.1. Kooperatif Mahsuplaşması 45
4.5.2. Kooperatif sahipliği 46
4.5.3. P2P enerji ticareti 47

5. Türkiye'de Sistem Verimliliğinin Boşluk Analizi 49

6. Türkiye'de Sistem Verimliliği Çözümlerinin Etkileri 51

7. Sistem Verimliliğinin Türkiye'deki Ticarileşme Potansiyeli 53
7.1. Akıllı Tarifeler 53
7.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri 53
7.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği 54
7.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu 54
7.5. Dağıtık Üretim Modelleri 54

8. Türkiye'de Sistem Verimliliği Çözümlerinin Etkin Uygulanması için Politika önerileri 55
8.1. Akıllı Tarifeler 55
8.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri 56
8.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği 56
8.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu 57
8.5. Dağıtık Üretim Modelleri 57

9. Referanslar 58

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Enerji verimliliği rapor içerik şeması 3
Şekil 2: Akıllı tarifeler pilot uygulamalarında ortalama puant azaltma 12
Şekil 3: EDAŞ'ların değişen rolü 14
Şekil 4: Geleneksel modellerle TEİAŞ-EDAŞ iş birliği modelinin karşılaştırılması 15
Şekil 5: Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu için mevcut AB piyasa tasarımındaki iyileştirmelerin odağı 17
Şekil 6: Sistem verimliliği çözümlerinin enerji verimliliğine katkısı 19
Şekil 7: Akıllı tarifeler ve yük kaydırma 19
Şekil 8: Akıllı tariflerin avantajları 20
Şekil 9: Fransa'daki Tempo tarifesi 34
Şekil 10: Hawaii akıllı tarifeler 36
Şekil 11: SmartNet Projesi – İtalya pilot çalışması 41
Şekil 12: SmartNet Projesi – Danimarka pilot uygulaması 41
Şekil 13: SmartNet Projesi – İspanya pilot uygulaması 41
Şekil 14: FiP uygulamasındaki dalgalanmaların anlık görüntüsü 43
Şekil 15: Postcoderoos Uygulaması İşleyişi 46
Şekil 16: Hackney Projesi P2P enerji ticareti modeli işleyiş şeması 48
Şekil 17: Sistem verimliliği çözümlerinin ticarileşme potansiyelinin süreci 53

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Brooklyn-Queens Talep Yönetimi Programı'nda 2017 yılına kadar uygulanan geleneksel olmayan çözümler 39
Tablo 2: Boşluk analizi 50
Tablo 3: Enerji Verimliliği Çözümünün sektörlere etkisi 51
Tablo 4: Enerji Verimliliği Çözümlerinin enerji sektörüne maliyet etkileri 51
Tablo 5: Akıllı tarifelerin geliştirilmesi için politika önerileri 55
Tablo 6: EDAŞ'lar için yeni iş modellerinin geliştirilmesi için politika önerileri 56
Tablo 7: TEİAŞ-EDAŞ iş birliğinin geliştirilmesi için politika önerileri 56
Tablo 8: Dağıtık üretimin piyasa ve şebeke entegrasyonunun geliştirilmesi için politika önerileri 57
Tablo 9: Dağıtık üretim modellerinin geliştirilmesi için politika önerileri 57

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABD$	ABD doları
ANM	Aktif Şebeke Yönetimi
BQDM	Brooklyn-Queens Talep Yönetimi Programı
CAISO	Kaliforniya Bağımsız Sistem Operatörü' dür
CO_2	karbondioksit
CPP	kritik puant fiyatlandırma (critical peak pricing)
Ct	sent
DEK	dağıtık enerji kaynağı
DUoS	yerel dağıtım şebekesi kullanımı
EDAŞ	dağıtım sistemi operatörü
EdF	Électricité de France
EEG	Almanya Yenilenebilir Enerji Yasası
EJP	Peak Days Step Back Projesi
ENTSO-E	Avrupa İletim Sistemi Operatörleri Ağı
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
EUR	avro
FiP	prim sistemi
FiT	garantili satın alım anlaşması
FV	fotovoltaik
GW	gigavat
Hz	Hertz
ICT	bilgi ve iletişim teknolojileri
kV	kilo-volt
kW	kilovat
kWh	kilovat-saat
LEO	The Local Energy Oxford
MPAN	Ölçüm Noktası Yönetim Numarası
MW	megavat
NINES	The Northern Islands New Energy Solutions
NYPSC	New York Kamu Hizmeti Komisyonu
P	peni
P2P	eşler arası
PBR	performansa dayalı düzenleme
PTR	puant süresi geri ödemesi (peak time return)
RTP	gerçek zamanlı fiyatlandırma (real time pricing)
T	teknoloji
TEİAŞ	iletim sistemi operatörü
ToU	çok zamanlı tarife (time of use tariff)
TWh	teravat-saat
V2G	araçtan şebekeye
VEC	sanal enerji şirketi
VNM	sanal mahsuplaşma
VPN	sanal özel şebeke
VPP	sanal enerji santrali
WPD	Western Power Distribution
YEK	yenilenebilir enerji kaynağı

1. Sistem Verimliliğinin Tanımı

Son yıllarda hızla artan dağıtık enerji üretim sistemleri ve yenilenebilir enerji kapasitesinin elektrik sistemine entegrasyonu ile birlikte hızlı bir dönüşüm yaşanmaktadır. Bu dönüşümde hem iletim hem dağıtım şebekelerinin esnek olması olası problemlerin önüne geçilmesinde kilit role sahipken, genel sistem verimliliğini artıran mekanizmalar sistem kayıplarının azalması, voltaj ve enerji kalitesinin artması, iletim ve dağıtım sistemi yatırımlarının azalması gibi şebekenin sağlıklı çalışmasını destekleyen birçok fayda sağlamaktadır.

Dağıtık enerji üretiminin artması ile dağıtım şebekelerinin şebekelerin geliştirilmesi, yönetilmesi ve işletilmesinde tarafsız piyasa sağlayıcısı ve kolaylaştırıcısı olarak hareket ederek mevcut durumlarından daha aktif bir rol üstlenmeleri gerekmektedir. Diğer taraftan dağıtım şebekesinde esnekliğin artması tüketim tarafını da daha aktif kılacaktır. Türkiye'de hâlihazırda uygulanmakta olan mevcut mekanizmalar yukarıda bahsedilen tüm konulara öncülük etse de, dağıtık üretim kapasitesinde beklenen gelişmelerle beraber tüketicilerin aktif birer piyasa oyuncusu olmalarını destekleyen mekanizmaların da enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi gerekir. Çalışmaya dahil edilmiş olan sistem verimliliği mekanizmaları aşağıda tanıtılmıştır:

Dağıtık enerji üretiminin artması ile dağıtım şebekelerinin şebekelerin geliştirilmesi, yönetilmesi ve işletilmesinde tarafsız piyasa sağlayıcısı ve kolaylaştırıcısı olarak hareket ederek mevcut durumlarından daha aktif bir rol üstlenmeleri gerekmektedir.

- **Akıllı tarifeler:** Akıllı tarifeler, günün belirli zaman dilimlerinde elektrik tüketim seviyelerine bağlı olarak seviyesi değişen perakende elektrik tarifeleridir. Bu tarife uygulaması, tüketicilerin elektrik tüketimlerini dengelemek ve sistemin verimli işlemesini desteklemek amacıyla, tüketimin sistemde daha düşük talebin oluştuğu zaman dilimlerine kaydırılmasını teşvik etmek üzere tasarlanmıştır. Akıllı tarifelerde, elektrik talebinin en düşük olduğu belirli gece veya gündüz saatlerinde daha düşük, talebin yüksek olduğu saatlerde ise daha yüksek seviyelerde elektrik fiyatlandırması yapılmaktadır.

- **EDAŞ'lar için yeni iş modelleri:** Artan dağıtık üretim kapasitesi, elektrifikasyonla beraber ortaya çıkan elektrikli araçlar gibi potansiyel esnek yükler, kendi elektriğini üreten tüketiciler (örneğin, çatı üstü fotovoltaik uygulamaları ile) ve akıllı teknolojiler (örneğin, blokzincir) vasıtasıyla EDAŞ'ların daha aktif bir rol üstlenmeleri gerekmektedir. Bu rol şebekelerin geliştirilmesi, yönetilmesi ve işletilmesinde tarafsız piyasa sağlayıcısı ve kolaylaştırıcısı olarak hareket etmelerini gerektirmektedir.

- **TEİAŞ-EDAŞ iş birliği:** Uzun ve kısa dönemli şebeke planlamaları (örneğin, gün öncesi operasyonel planlama), sistem işletimi ve acil durum sistemi işletimi de dâhil olmak üzere birçok alanda daha güçlü bir TEİAŞ-EDAŞ iş birliği gerekli olacaktır. Bu süreçte önceliğin TEİAŞ'ın ve EDAŞ'ların kendi şebeke performanslarını bağımsız olarak yönetmelerinin aksine genel olarak tüm sistemin optimizasyonu olması gerekmektedir.

- **Dağıtık üretimin piyasa ve şebeke entegrasyonu:** Küçük ölçekli yenilenebilir elektrik üretimi ve talep tarafı katılımı gibi dağıtık üretimin piyasa entegrasyonunu kolaylaştırıcı uygulamalar, mevcut kaynakların yönetimini ve dolayısıyla şebekenin daha iyi çalışmasını destekleyebilir. Aynı zamanda, dağıtık üretimin şebeke entegrasyonu kolaylaştırılarak, dağıtık üretimin şebekeye sunduğu esnekliği ortaya çıkması teşvik edilebilir.

- **Dağıtık üretim modelleri:** Dağıtık enerji sistemlerinin maliyetlerinin hızla düşmesi, tüketicilerin enerji dönüşümüne katılarak hem dağıtık yenilenebilir üreticisi hem de tüketici (türetici) olabilmelerini sağlamıştır. Bu durum, tüketicilere yatırımlarının geri dönüşünü sağlayan yeni ve yenilikçi iş modelleri gerektirir.

Mevcut durumda çalışmada ele alınan sistem verimliliği mekanizmalarının dünya uygulamaları sınırlıdır. Bu mekanizmaların yaygınlaşması ve iyileştirilmesi, sistem maliyetlerini düşürerek enerji verimliliğine katkı sağlayacaktır. Çalışmada her bir mekanizma ayrı ayrı ele alınmaktadır. Ancak bu mekanizmalar birbirlerine alternatif olmadığı, bir bütün olarak etkin ve etkili bir şekilde uygulanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

1.1. Akıllı Tarifeler

Akıllı tarife tasarımı talep tarafı katılımı yoluyla müşterilerin mevcut altyapı kullanımını optimize etmelerini sağlarken, gelecekteki sistem maliyetlerinin de sınırlandırılmasına yardımcı olur. Mevcut altyapı ile ilave elektrik talebi karşılanabildiği ölçüde, sistem maliyetleri daha büyük bir tüketim hacmine yayılabilir ve böylece yeni şebeke yatırımları ve ilgili maliyetler sınırlandırılarak tüm müşterilerin faturalarına yansıyan enerji maliyetleri düşürülmüş olur.

Akıllı tarife tasarımı talep tarafı katılımı yoluyla müşterilerin mevcut altyapı kullanımını optimize etmelerini sağlarken, gelecekteki sistem maliyetlerinin de sınırlandırılmasına yardımcı olur.

Akıllı tarife uygulamaları tüketicinin geçmiş kullanım şekillerine (gündüz ve gece tarifesi veya hafta içi ve hafta sonu tarifesi gibi) göre belirlenen zaman dilimleri için önceden belirlenmiş farklı bir ücret ödediği çok zamanlı tarifelerden (ToU), fiyatın sistemdeki gerçek koşullarla ve farklı zaman aralıklarında belirlendiği en ayrıntılı gerçek zamanlı fiyatlandırmaya (RTP) kadar farklılık göstermektedir. Bu iki tarife uygulamasının arasında kalan kritik puant fiyatlandırma (CPP) uygulamasında ise önceden bildirilen sınırlı sayıda "kritik puant dönemleri" için çok daha yüksek fiyatlar belirlenir:

- **Çok zamanlı tarife (ToU):** Bu tarifenin yapısı zaman aralıklarına göre değişen elektrik fiyatları sunarken, elektrik tüketiminin çok olduğu dönemlerde daha yüksek, daha az olduğu dönemlerde ise daha düşük fiyat seviyeleri içermektedir. Çok zamanlı tarifeler içerisinde en basit tarife yapısı sadece iki fiyatlandırma dönemini içerir ve elektriğin çok kullanıldığı zaman aralıklarında fiyatlar daha yüksektir. Gün içi tarife yapısı biraz daha karmaşıktır ve bir puant ve bir de puant dışı dönem olmak üzere bir gün içinde iki ayrı fiyatlandırma aralığı içerir. Daha karmaşık tarife yapıları, bir veya daha fazla puant ve puant dışı periyotlara ve mevsimsel değişimlere bağlı olarak değişiklik gösterir.
- **Puant Süresi Geri Ödemesi (PTR):** Beklenmeyen olayların gerçekleştiği zamanlarda puant dönemlerinde daha yüksek ücretlendirme yapmak yerine, katılımcılara yük azaltma ücreti ödenir (müşterinin aksi durumda ne kadar elektrik tüketeceği tahmin edilir).
- **Kritik Puant Fiyatlandırması (CPP):** Bu tarife yapısına göre yılın birkaç kritik saati için çok yüksek fiyatlar belirlenir. Bu tarife aynı zamanda TOU tarife yapısıyla da birleştirilebilir. CPP tarifesi genelde yalnızca yılda 12 ila 15 gün kullanılır. Bu günler, kritik puant günü öncesi veya kritik puant günü olarak tanımlanır.
- **Gerçek zamanlı fiyatlama (RTP):** Bu tarife yapısına göre bir müşterinin yükünün bir kısmı veya tamamı için yıl boyunca saat bazında veya kısmi saatler olarak değişen fiyat seviyeleri belirlenir. Müşterilere fiyatlar bir gün veya bir saat öncesinden bildirilir.

Türkiye'de çok zamanlı tarifeler (ToU) uzun yıllardır kullanılmaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) tarifeleri üçer aylık dönemler bazında düzenlemektedir.

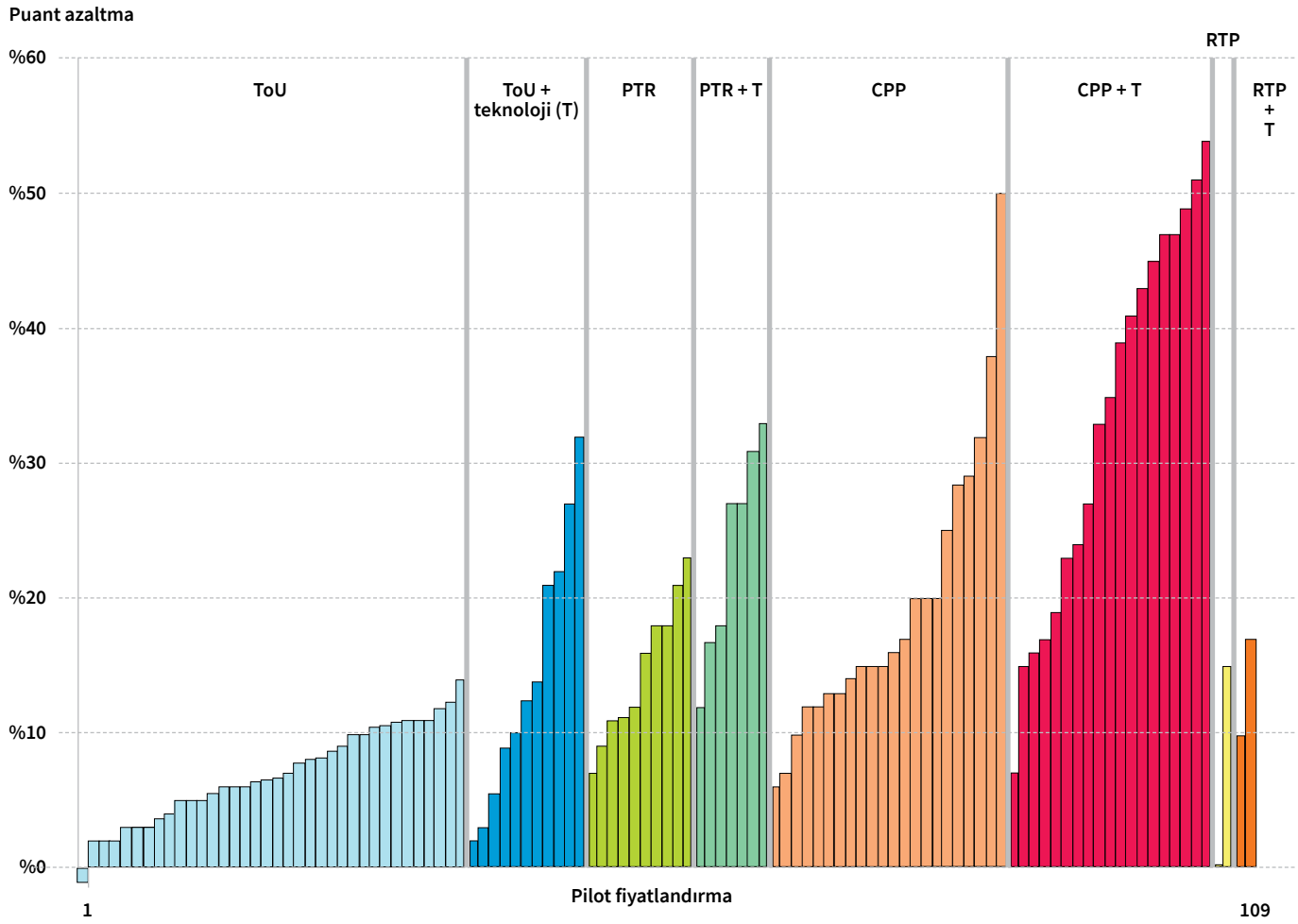
Türkiye'de çok zamanlı tarifeler (ToU) uzun yıllardır kullanılmaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) tarifeleri üçer aylık dönemler bazında düzenlemektedir. Tarifeler şebeke bağlantılarının türüne ve tüketici gruplarına göre sınıflandırılmıştır. Diğer bir deyişle, sanayi, ticarethane ve konut gibi son tüketim alanları tarifede farklı fiyat segmentleri kullanacak şekilde kategorize edilmektedir. Ayrıca, tarife tüketiciye tek terimli (gün boyunca tek tip fiyatlandırma) veya çok terimli (üç dönemlik ToU) tarife olarak iki farklı ürün şeklinde sunulmaktadır. Tek terimli tarifelerde fiyat gün boyunca aynıdır. Öte yandan, çok terimli fiyat tarifeleri gündüz (06.00 - 17.00), puant (17.00 - 22.00) ve gece (22:00 - 06:00) olarak üçe bölünmüştür (SHURA, 2019).

Şekil 2, farklı pilot programlarda akıllı tarife yöntemleriyle puant yükün nasıl yönetildiğini göstermektedir. Akıllı tarifeler talepte düşüşe yol açmakla birlikte, tarife yapılarındaki farklılıklar nedeniyle talep yönetiminde önemli ölçüde değişiklikler ortaya çıkabilmektedir. Akıllı tarifelerin talep yönetimindeki etkinliği, akıllı teknolojilerin kullanımı ile artmaktadır (örneğin, akıllı telefon uygulamaları ve akıllı termostatlar aracılığıyla çalışan otomatik sistemler). Uyumlu çalışan akıllı tarifeler olmadan akıllı teknolojilerin yaygınlaşmasının etkinliği nasıl sınırlıysa, akıllı tarifelerin tamamıyla etkili olabilmesi için yaygınlaşmış akıllı teknolojilerin tarifelere eşlik etmesi gerekmektedir.

Pilot programlardan çıkan sonuçlar, son tüketim alanlarının elektrik fiyatlarındaki değişimlere karşılık verdiğini açıkça göstermektedir. Sistem değerini yansıtan fiyatlar, tüketicileri zamanla sistem işletiminin toplam maliyetini azaltacak ve böylece tüm tüketicilere fayda sağlayacak davranışları benimsemeye teşvik etmektedir. Ayrıca akıllı tarifeler, tüketiciler arasında maliyetlerin daha adil bir şekilde tahsis edilmesine yardımcı olur. Sistemin en yoğun zamanlarında daha fazla talep yaratan son tüketiciler kilovat-saat (kWh) başına daha yüksek fiyat seviyelerinde ödeme yaparken, sistemin yoğun zamanlarında şebekeyi kullanmaktan kaçınmalarını sağlayacak önlemler alan son tüketiciler daha düşük seviyelerde ödeme yapar.

Akıllı tarifelerin talep yönetimindeki etkinliği, akıllı teknolojilerin kullanımı ile artmaktadır.

Şekil 2: *Akıllı tarifeler pilot uygulamalarında ortalama puant azaltma*



Not: *"Teknoloji" tarifeyle beraber akıllı teknolojinin kullanımını ifade eder*

Kullanımı planlanan akıllı tarifenin dinamizmi ve etkinliği teoride doğru orantılı olsa da uygulamada farklı sonuçlar ortaya çıkabilir. En doğru yaklaşımın belirlenmesinde yeni kullanım şekillerinin ne ölçüde benimsendiği, akıllı teknolojinin yaygınlaşma oranı ya da akıllı teknoloji konusunda son tüketicilerin eğitimi gibi koşulların tanımlanması yardımcı olacaktır. Bir akıllı tarife tasarlanırken beklenen faydası ve giderek hız kazanan enerji dönüşümüne olan etkisi eşleşmelidir.

ToU'lar, akıllı tarife modelleri arasında en yaygın kullanılan seçenektir. Avrupa Birliği'nde (AB) bu tarifelerin birçoğu 1970'lerde ve 1980'lerde oluşturulmuştur ve etkin uygulanması için gelişmiş bir ölçüm teknolojisi gerekmemektedir. ToU'lar özellikle ulaşım ve ısıtmada elektrifikasyonun yaygınlaşmasıyla beraber, elektrik tüketiminin yoğun tüketimin olmadığı, düşük maliyet ve emisyonlara sahip dönemlere kaymasını teşvik etmede önemli bir rol oynayabilmektedirler.

Çok zamanlı tarifeler artan elektrifikasyon eğilimiyle birlikte daha fazla önem kazanmaktadırlar. Bu da yük kaydırma yoluyla daha fazla talep tarafı esnekliği ve talep tarafı katılımını gerektirir.

ToU tipi akıllı tarifeler artan elektrifikasyon eğilimiyle birlikte daha fazla önem kazanmaktadırlar. Bu da yük kaydırma yoluyla daha fazla talep tarafı esnekliği ve talep tarafı katılımını gerektirir. Kısa ve orta vadede, elektrikli araçların sayısı ve ısıtma sektörünün elektrifikasyonu sınırlı seviyelerde kaldığı ve elektrik sektörünün dönüşümü devam ettiği sürece, çok zamanlı tarifeler gibi görece daha basit yapıya sahip akıllı tarifeler, bu teknolojilerin maliyet etkin şebeke entegrasyonunda etkin rol oynayabilir. Uzun vadede ise son tüketim alanlarında hız kazanan elektrifikasyonun

Elektrikli araçların ve ısıtma sistemlerinin elektrifikasyonunun yanı sıra araçtan şebekeye sağlanan esneklik seçenekleri, talep tarafının enerji sisteminin dengelenmesinde çok daha aktif bir rol oynamasını sağlayacaktır.

yanı sıra ulaşımda ve şebekede yenilenebilir enerjinin payı arttıkça daha sofistike akıllı tarife tasarımlarının oluşturulması, enerji dönüşümüyle elde edilebilecek faydaların en üst düzeye çıkarılmasında yardımcı olacaktır. Ayrıca verinin toplanmasını ve tüketiciye iletilmesini sağlayan akıllı teknolojiler faydaların maksimize edilmesinde önemli bir rol oynayabilir. Fiyat sinyallerine karşılık tüketicinin enerji tüketim seviyesini otomatik olarak ayarlayan daha ileri teknolojiler, uzun vadede yük kaydırmayı sağlamak için en yüksek potansiyeli sunar.

1.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri

Elektrik enerjisinin kullanılmaya başlandığı ilk günlerden bu yana küçük yerel şebekelerle başlayarak şebeke entegrasyonunu artırmaya doğru olan eğilim, bugünkü büyük, merkezi olarak yönetilen iletim şebekelerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Mülkiyet (özel – kamu) ve entegrasyon yapıları (dikey - yatay) yıllar içerisinde ve ülkeden ülkeye değişiklik gösterse de, dünyada ortaya çıkan şebeke ağı yapıları büyük ölçüde benzerlik göstermektedir: şebekede gerçek zamanlı olarak üretimi ve tüketimi dengeleyen merkezi bir sistem operatörü bulunur, elektrik birbirinden iletim şebekesine bağlı olan ve birbirinden uzak mesafelerde bulunan büyük ölçekli üreticilerden dağıtım şebekesine bağlı tüketicilere doğru akar.

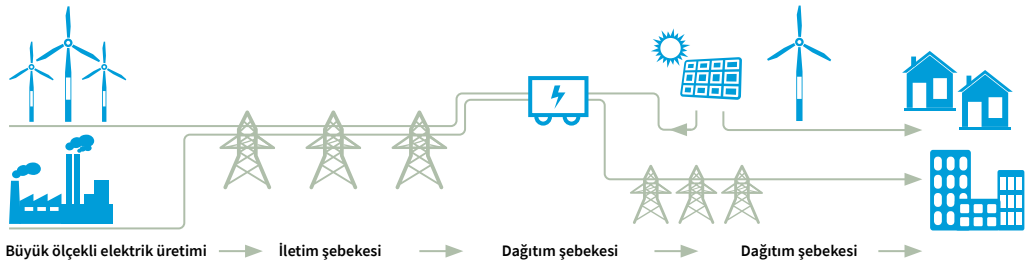
Böyle bir dünyada orta ve alçak gerilimden sorumlu EDAŞ'lar, elektrik tedarik noktalarından son tüketim alanlarına kadar büyük ölçüde tek yönlü elektrik akışı olan şebekelerin operasyonunda pasif bir rol oynamıştır. Ulusal şebekenin gerçek zamanlı dengelenmesini yüksek gerilim şebekesinden sorumlu olan iletim sistemi operatörü üstlenmiştir. EDAŞ'lar ise esas olarak elektrik kesintisi ve arıza yönetimine odaklanan gerçek zamanlı operasyonlarla müşterilerin şebekeye bağlanmasına, şebekeyi korumaya ve güçlendirmeye odaklanmıştır.

Günümüzde temiz ve düşük maliyetli bir enerji dönüşümünde önemli bir kolaylaştırıcı olan dağıtım şebekelerinin köklü bir değişim geçirmesi beklenmektedir. Elektrikli araçların ve ısıtma sistemlerinin elektrifikasyonunun yanı sıra araçtan şebekeye sağlanan esneklik seçenekleri, talep tarafının enerji sisteminin dengelenmesinde çok daha aktif bir rol oynamasını sağlayacaktır. Rüzgâr ve güneş gibi değişken yenilenebilir elektrik üretimine olan ihtiyaç günden güne artarken, önümüzdeki yıllarda türeticilerin sayısının hızla artması ile ısınma ve ulaştırma sektörlerinin elektrifikasyonunun ivmelenmesi beklenmektedir (Şekil 3).

Bu yenilikleri etkin olarak yönetebilmek ve enerji dönüşümünün maliyet etkin bir şekilde ilerlemesini sağlamak, yalnızca şebeke operatörlerinin yenilikçi uygulamaları benimsemelerini ve yeni çalışma yöntemleri geliştirmelerini gerektirmeyecek, aynı zamanda önemli yapısal değişikliklerin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

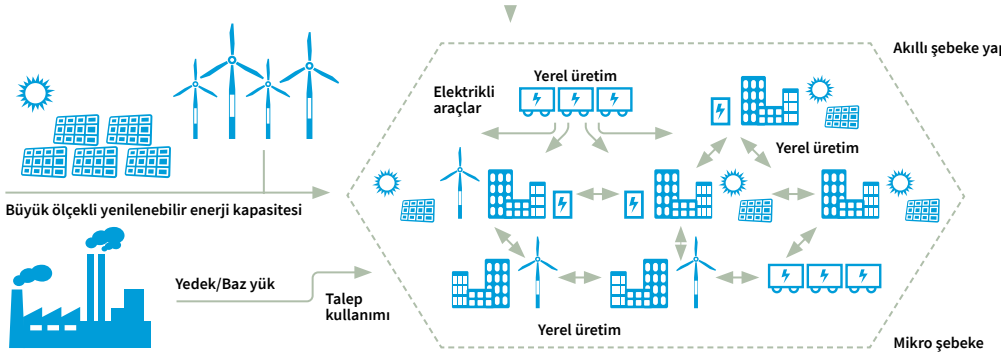
Bu yenilikleri etkin olarak yönetebilmek ve enerji dönüşümünün maliyet etkin bir şekilde ilerlemesini sağlamak, yalnızca şebeke operatörlerinin yenilikçi uygulamaları benimsemelerini ve yeni çalışma yöntemleri geliştirmelerini gerektirmeyecek, aynı zamanda önemli yapısal değişikliklerin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

Şekil 3: *EDAŞ'ların değişen rolü*



'Eski Dünya'

- Elektrik büyük merkezi üreticiler tarafından lineer olarak sağlanır
- Elektriğin %95'i şebeke ölçeğinde üretim tesisleri ve iletim şebekesiyle sağlanır
- Akıllı şebekeler ve akıllı evler yoktur



'Yeni Dünya'

- Dağıtık enerji kaynakları son tüketici alanlarındaki elektrik ihtiyacını yüksek oranda karşılar
- Akıllı şebekeler ve akıllı evler bulunur
- Hem dağıtım hem de iletim şebekelerinde büyük ölçekli yenilenebilir enerji kapasite kurulumları bulunur
- Yerel dağıtık enerji depolama ve elektrikli araç kullanımı vardır
- Gelişmekte olan piyasalarda büyük ölçekli üretim ihtiyacı ortaya çıkmayabilir

Kaynak: Baringa, 2016.

Enerji dönüşümüyle ortaya çıkan yenilikler öngörülebilir olmakla birlikte, dönüşümün hızı ve ölçeği konusunda önemli ölçüde belirsizlik bulunmaktadır. Bunun yanı sıra dağıtım şebekelerinin mevcut operasyon yapısından temiz bir enerji sistemine ulaşmak için gereken esnek ve akıllı şebekelere geçişte hangi yeniliklerin en uygun olacağı da net değildir. EDAŞ'ların dönüşümü deneme ve yanılmayı içeren uzun bir öğrenme sürecini içerecektir.

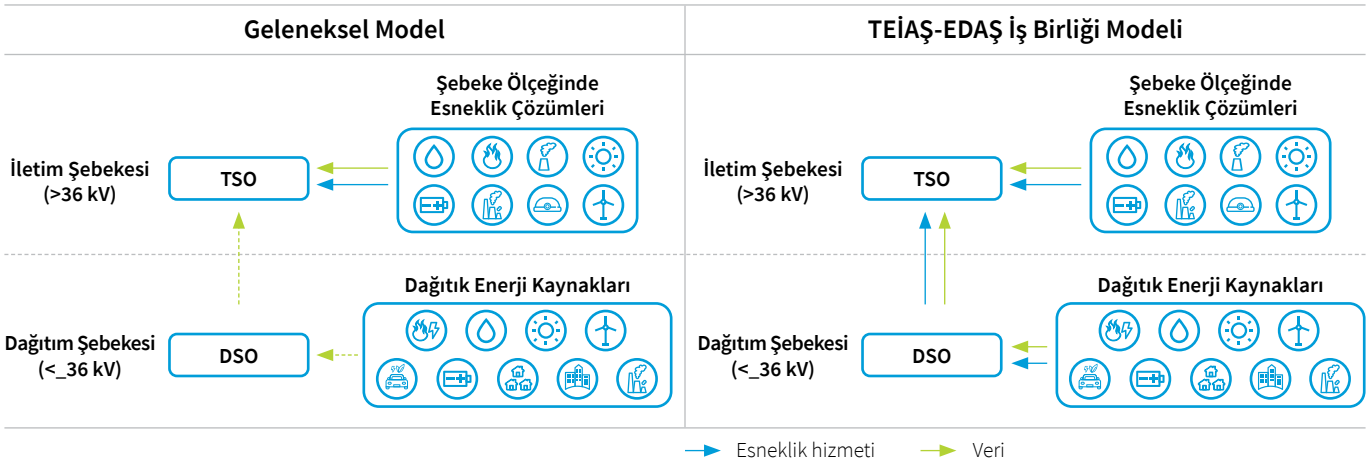
EDAŞ'ların dönüşümüne dair ihtiyaç belirgin olsa da, Avrupa dağıtım operatörleri arasındaki yaygın görüş mevcut ağ yönetmeliğinin bu dönüşümü desteklemekte uzak kaldığıdır. Bununla birlikte, bazı EDAŞ'ların dönüşümü için mevzuat modellerinin özel olarak tasarlandığı dikkate değer istisnalar da bulunmaktadır (örneğin İngiltere). Bu mevzuat modellerine, şebeke operatörlerinin düşük karbonlu ekonomiye düşük maliyetle geçişi kolaylaştırmak üzere tasarladıkları projeleri destekleyen Düşük Karbon Ağları ve Şebeke Yenilik Yarışmaları fonları da eşlik etmektedir.

1.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği

Değişken yenilenebilir enerji sistemlerinin şebeke entegrasyonunun artması, TEİAŞ ve EDAŞ'lar için şebeke operasyonlarında yeni zorlukların ortaya çıkmasına yol açabilecektir. TEİAŞ ve EDAŞ'lar, bu zorlukların üstesinden gelmek için sorumlu oldukları şebekelerde maliyet, güvenlik ve kaliteyi göz önünde bulunduran önlemler almaktadırlar. Yenilenebilir enerji kapasitesindeki artışın iletim sisteminden dağıtım sistemlerine doğru kayması ile dağıtık enerji kaynaklarının (DEK'lerin) hâlihazırda iletim sistemine bağlı kaynaklar tarafından sunulan hizmetleri sağlayabilecek olmaları da TEİAŞ-EDAŞ iş birliğini yönlendirecek bir diğer konudur.

TEİAŞ-EDAŞ iş birliğinin olmadığı şebekelerde, şebeke operatörleri çoğu zaman diğer şebeke operatörlerinin kapasitelerini dikkate almadan yalnızca kendi şebekeleri için çözümler geliştirmeye çalışırlar. Bu yaklaşım şebekenin diğer bölümlerinde sorunlar çıkmasına da neden olabilir. Şebekenin maliyet-etkinliğini artırma fırsatlarının bulunduğu alanlarda TEİAŞ-EDAŞ iş birliği programlarının geliştirilmesi ile ayrı çözümlere kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlayacak optimum şebeke çözümleri ortaya çıkabilir, genel sistem verimliliği ve kalitesinin iyileştirilmesi sağlanabilir.

Şekil 4: *Geleneksel modellerle TEİAŞ-EDAŞ iş birliği modelinin karşılaştırılması*



TEİAŞ-EDAŞ iş birliği, elektrik şebekesinin daha iyi yönetilmesini ve iletim ile dağıtım şebekelerinin planlanması ve işletilmesinde verimliliği artırmayı amaçlayan bir yaklaşımdır. TEİAŞ-EDAŞ iş birliği, temelde tüm elektrik şebekesinin uzun vadeli, kısa vadeli ve gerçek zamanlı ihtiyaçlarını değerlendirerek ilgili şebeke operatörlerinin en iyi çözüme birlikte karar vermesini hedeflemektedir. Şebeke operatörleri sistem frekansını koruma, kısıtları yönetme, voltaj düzenleme, esneklik sağlayan kaynakları kullanma, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim kesintilerini önleme, elektrik şebekelerini planlama, anti-ada modunda çalışma, şebeke senkronizasyonunu sağlama ve sistem toparlama kapasiteleri ile birbirlerine destek olurlar. Dijitalleşme de TEİAŞ ve EDAŞ'ların dağıtık üretim kaynaklarını optimize ederek düşük maliyetli ve güvenilir elektrik tedariki sağlamalarının yanında, öz üretimi ve talep esnekliğini, böylece son tüketim alanlarının aktif bir piyasa oyuncusu olmasını destekleyen, elektrik şebekesinde koordinasyon ve aktif şebeke yönetimini kolaylaştıran son derece önemli bir itici güç olarak öne çıkmaktadır. TEİAŞ ve EDAŞ'lar arasında iş birliğini kolaylaştırmak için blok zincir teknolojisine dayalı dijital araçlar geliştirerek, büyük veri yönetimini sağlayacak araçlar da geliştirilmektedir (örneğin, INTERRFACE) (RWTH, 2020).

Şebekenin maliyet-etkinliğini artırma fırsatlarının bulunduğu alanlarda TEİAŞ-EDAŞ iş birliği programlarının geliştirilmesi ile ayrı çözümlere kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlayacak optimum şebeke çözümleri ortaya çıkabilir, genel sistem verimliliği ve kalitesinin iyileştirilmesi sağlanabilir.

2015 yılında Avrupa'da 36 ülkeden 43 elektrik iletim sistemi operatörünü temsil eden Avrupa İletim Sistemi Operatörleri Ağı (ENTSO-E), Avrupa EDAŞ'larını temsilen Smart Grids, CEDEC, Eurelectric ve GEODE adlı dört dernekle iş birliği geliştirmek için Avrupa Dağıtım Sistemi Operatörleri ile çalışmaya başladı. Atılan ilk önemli adım, Eylül 2016'da TEİAŞ-EDAŞ veri yönetimi hakkında bir rapor yayınlanması oldu (CEDEC et al., 2016). "TEİAŞ-EDAŞ Veri Yönetimi Raporu", iletim sistemi ve dağıtım sistemi operatörlerinin elektrik şebekesinin güvenilir, verimli ve uygun maliyetli çalışmasını garanti etmek, tarafsız ve verimli piyasa yapısını güvence altına almak için karşılıklı süreçler ve veri alışverişleri üzerinde anlaşmaya varmalarının gerekliliğine vurgu yapıyordu (CEDEC et al., 2016).

Dağıtık üretimin şebeke ve piyasa entegrasyonu, sistem verimliliğini artırarak sistem desteği ve enerji kalitesi etkileri gibi birçok faydayı beraberinde getirecektir.

Dengeleme, kısıt yönetimi ve yan hizmet faaliyetlerinin yürütülmesini sağlayan şebeke operatörleri arasındaki bu iş birliğini teşvik etme çalışmaları, Avrupa Komisyonu'nda enerji piyasasına ilişkin düzenleme teklifleri çerçevesinde gerçekleşmektedir. Bu iş birliği, hem iletim hem de dağıtım düzeyinde sağlanan hizmetlerin verimliliğinin artmasını ve etkili bir şebeke yönetimini teşvik ederek, talep tarafı katılımını ve yenilenebilir enerji üretim kapasitesinin artırılmasını hedeflemektedir. İletim ve dağıtım sistemi operatörleri sağlamayı planladıkları şebeke hizmetlerini piyasa katılımcılarıyla iş birliği içinde tanımlayarak, bunları kooperasyon içerisinde gerçekleştirmenin yöntemlerini oluşturmalıdır.

İlgili paydaşlar Ekim 2018'de güncellenmiş bir anlaşma imzalayarak, işbirliklerini sürdürme ve geliştirmeyi taahhüt etmişlerdir (EDSO, 2018). Anlaşmanın odak noktasında, araştırma-geliştirme faaliyetleri ve yenilikçi uygulamalarda sinerjiler yaratmaya yönelik önlemler bulunmaktadır (örneğin, veri ve bilgi paylaşımı, yeni iletişim cihazları ve yazılımlarının tanıtımı, şebekelerin yenilenmesinde koordinasyon sağlanması). TEİAŞ ve EDAŞ'lar şebeke kodlarını daha verimli bir şekilde uygulamak için birlikte çalışmalar da yürütmektedirler. 2019 yılı itibariyle TEİAŞ-EDAŞ iş birliği faaliyetlerinde Avrupa Komisyonu'nun nihai Temiz Enerji Paketi dikkate alınmaya başlanmıştır.

1.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu

Geleneksel elektrik üretim, iletim ve dağıtımı, üretim birimlerinin daha dağıtık olması ve tüketim merkezlerine yaklaşmasıyla önemli ölçüde değişmektedir. Dağıtık üretimin şebeke ve piyasa entegrasyonu, sistem verimliliğini artırarak sistem desteği ve enerji kalitesi etkileri gibi birçok faydayı beraberinde getirecektir. Bu etkilerin bazı örnekleri arasında kayıpların azaltılması, gelişmiş şebeke güvenliği, voltaj desteği ve iyileştirilmiş enerji kalitesi, iletim ve dağıtım hat kapasitelerinin rahatlaması, iletim ve dağıtım altyapılarının yenilenmesinin ya da ilave yeni yatırımların ötelenmesi, prefabrik standart bileşenler sayesinde kolay ve hızlı kurulumun gerçekleşmesi, uzun mesafeli yüksek gerilim iletiminden kaçınılmasıyla maliyetlerin düşürülmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının şebeke entegrasyonunun artmasıyla işletme maliyetinin zaman içerisinde yüksek oranda sabitlenmesi sayılabilir. Son tüketicim alanlarının dağıtık enerji kaynaklarını giderek daha çok benimsemesi, dağıtım şebekesindeki hem teknik hem de ekonomik operasyonları büyük ölçüde değiştirmektedir. Yeni nesil perakende elektrik piyasası, gelişmiş bir ölçüm altyapısında yeni iş modelleri ve yaklaşımlarla mevcut ve yeni sistem birimlerini bünyesine katacak, merkezi olmayan sistemleri, verimliliği ve rekabetçiliği destekleyecektir (İş modelleri hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri raporunu inceleyiniz). Ancak bu değişiklikler, iletim ve dağıtım sistemlerinde ele alınması gereken bir takım teknik zorlukları da beraberinde getirecektir. DEK'lerin şebekeye ve toptan elektrik piyasasına entegrasyonunun etkilerinin incelenmesi için küresel çapta önemli faaliyetler gerçekleştirilmiştir.

Hâlihazırda Avrupa'da DEK'lerin daha düşük maliyetle piyasa ve şebeke entegrasyonu için birçok gelişme tartışılmaya ve uygulanmaya başlanmıştır (Şekil 5). Piyasadaki bu reformların kilit unsurları şunlardır:

Talep toplayıcıları, talep tarafı katılımının şebeke entegrasyonunu sağlamak ve ölçek ekonomisine ulaşmakta çok önemli bir role sahiptir.

- Piyasa fiyatları DEK'lerin gerçek değerini yansıtmalıdır,
- Şebeke maliyetleri ve yenilenebilir enerji entegrasyonu teşvik veya performansa dayalı bir düzenlemeyle ele alınmalıdır,
- Talep toplayıcıları, talep tarafı katılımının şebeke entegrasyonunu sağlamak ve ölçek ekonomisine ulaşmakta çok önemli bir role sahiptir. Talep toplayıcılarının etkinleşebilmesi için uygun fiyat seviyelerinin belirlenmesi gerekmektedir,
- Kaynak yeterliliği değerlendirmesi, DEK'lerin artan kapasitesini yansıtmalıdır.

Şekil 5: *Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu için mevcut AB piyasa tasarımındaki iyileştirmelerin odağı*

Kaynak: Jahn, A., 2018.

Türkiye'de hâlihazırda uygulanmakta olan piyasa yapısı, dağıtık enerji üretim sistemlerinin şebeke entegrasyonunda ve EDAŞ'lar, tüketiciler ve üreticiler gibi farklı piyasa oyuncularının yeni rollerinin oluşmasında sınırlı seçenekler sunmaktadır.

Değişken yenilenebilir elektrik üretiminin artmasıyla, arz kaynaklarının elektrik talebini takip ettiği Avrupa'nın eski elektrik üretim sisteminin yerini, elektrik talebinin arz kaynaklarını takip ettiği bir elektrik sistemi alacaktır. Bunun yanı sıra elektrik talebinin üretim ile dengelenmesi ve şebekenin sağlıklı işletilebilmesi için yenilenebilir enerji elektrik üretim tahminlerinin önemi artacaktır. Talep tarafı esnekliğinin giderek artan bir oranda dağıtım seviyesine (elektrikli araçlar, klima, ısı pompaları) kaymasından dolayı, iletim ve dağıtım sistemi operatörlerinin iş birliği içerisinde çalışması gerekecektir. DEK'ler de hat kayıplarının azaltılması, sistemin esnekliğinin artırılması, ada şebekelerinin oluşturulması ve şebeke yönetimi için gerekli hizmetlerin sağlanmasını destekleyeceklerdir.

SHURA'nın çatı üstü güneş enerjisi sistemleri potansiyeli konusundaki son çalışması, Türkiye'de teknik olarak 15 gigavat (GW) çatı üstü fotovoltaik (FV) kapasite kurulum potansiyeli bulunduğunu ortaya koymaktadır (SHURA, 2020). Bu potansiyel, Türkiye'deki mevcut yaklaşık 6 GW güneş toplam kurulu gücü ile karşılaştırıldığında dikkat çekicidir. Şu anda, bu kapasitenin yaklaşık %15'i (0,9 GW) çatı üstü FV sistemleri (dağıtık üretim) tarafından sağlanmaktadır (GÜYAD, 2019). Aynı çalışmada, mevcut elektrik tarifeleri ve yenilenebilir enerji maliyetleri dikkate alındığında çatı üstü güneş FV sistemleri için ekonomik potansiyelin yaklaşık 4,5 GW olduğu görülmektedir. Mevcut durumda toplam 12 megavat (MW) kapasiteye sahip 1.218 mesken abonesi başvurusu dâhil olmak üzere, toplam 1.544 MW kurulu güç kapasiteye sahip 5.944 çatı üstü FV başvurusu bulunmaktadır (AA, 2020). Türkiye'de hâlihazırda uygulanmakta olan piyasa yapısı, dağıtık enerji üretim sistemlerinin şebeke entegrasyonunda ve EDAŞ'lar, tüketiciler ve üreticiler gibi farklı piyasa oyuncularının yeni rollerinin oluşmasında sınırlı seçenekler sunmaktadır. Mevcut durumda, dağıtık enerji kurulum yapan son tüketim alanları için ay sonunda üretimle tüketim arasındaki farkların uzlaştırmasının yapıldığı aylık mahsuplaşma uygulaması bulunmaktadır. Bu uygulamada son tüketiciler ürettikleri elektriği öz tüketim için kullandıktan sonra fazla elektriğin şebekeye satışını gerçekleştirebilir (EPDK, 2019). Bu konuda yapılabilecek önemli bir yenilik, DEK'lerin piyasa fiyat sinyallerine maruz kaldığı ve piyasa fiyatlarının oluşmasında rol aldığı toptan elektrik piyasaları, yan hizmet piyasaları ve (varsa) kapasite piyasaları gibi

Dağıtık enerji kapasitesinin toptan elektrik piyasalarına katılımında (gün öncesi ve gün içi piyasalarında) hem kurulu kapasite limitleri hem de piyasaya giriş standartlarının arz tarafındaki büyük üreticilerin piyasalara katılım koşullarıyla paralel şekilde düzenlenmesine izin verilmelidir.

oturmuş piyasalara katılmasını sağlamaktır. Bu da ya talep toplayıcıları (bir elektrik enerjisi tedarikçisi veya bağımsız bir hizmet sağlayıcı) kanalıyla gerçekleştirilebilir ya da bu piyasalara katılım için minimum kapasite gereksinimleri düşürülebilir. Örneğin, dağıtık enerji kapasitesinin toptan elektrik piyasalarına katılımında (gün öncesi ve gün içi piyasalarında) hem kurulu kapasite limitleri hem de piyasaya giriş standartlarının arz tarafındaki büyük üreticilerin piyasalara katılım koşullarıyla paralel şekilde düzenlenmesine izin verilmelidir. Böylece dağıtık enerji kapasitesi piyasa fiyat sinyallerinden etkilenecek, bu ise ve sistemin talep tarafı esnekliğini artıracaktır. Bu yaklaşım standart akıllı tarifelerde kullanılan talep tarafı katılımı yaklaşımının aksine açık talep tarafı katılımı olarak da bilinmektedir.

1.5. Dağıtık Üretim Modelleri

Dağıtık enerji kaynaklarının hızla düşen maliyetleri, tüketicilerin enerji dönüşümüne katılmasını, dağıtık yenilenebilir enerji sistemleri yoluyla hem elektrik üreticisi hem de tüketicisi (türetici) olabilmelerini sağlamıştır. Türeticilerin sisteme dâhil edilmesi, dağıtık enerji kurulumlarını sistem avantajları sağlayacak şekilde tasarlama ve yönetmelerine teşvik sağlamanın yanı sıra yatırımlarının geri dönüşüne olanak tanıyan yeni ve yenilikçi iş modellerinin uygulanmasını gerektirir (İş modelleri hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri raporunu inceleyiniz).

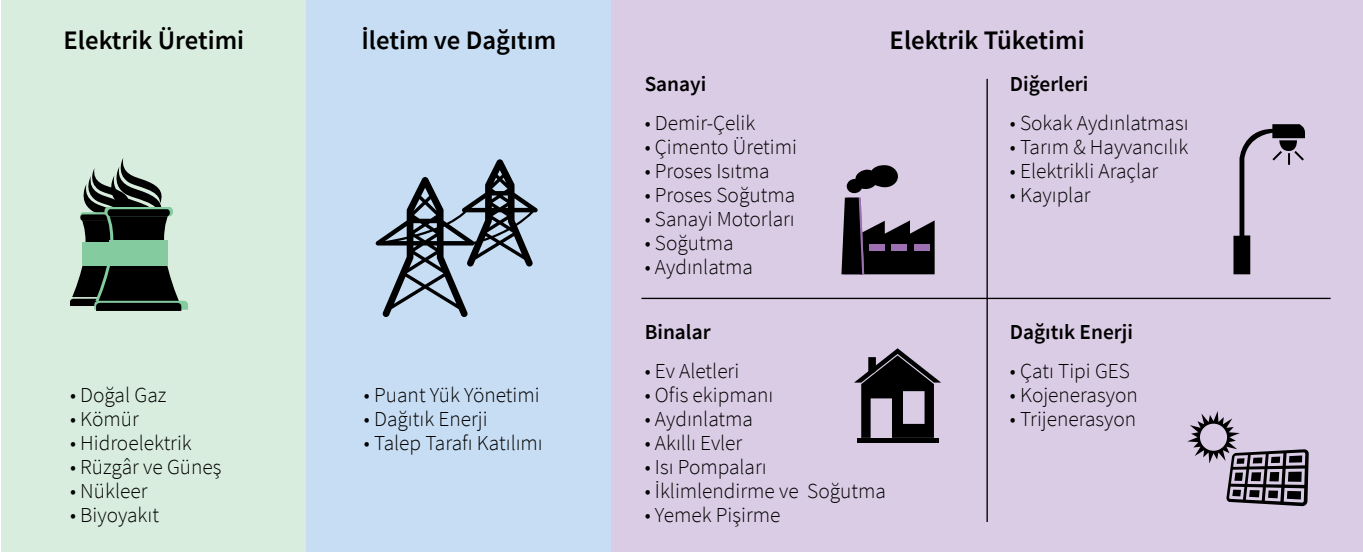
Dağıtık enerji kapasitesinin piyasa ve şebekeye yenilikçi entegrasyonunu destekleyen iş modelleri, tüketicileri dağıtık enerji kapasite kurulumları gerçekleştirmeye, diğer bir deyişle türetici olmaya teşvik edebilir. Türeticiler sanal mahsuplaşma yoluyla, farklı bir sahada bulunan, türeticiye doğrudan enerji sağlamayan bir dağıtık enerji kapasite kurulumu projesine yatırım yapabilir ve üretilen enerji miktarı üzerinden mahsuplaşmaya gidebilir. Topluluk güneş enerjisi projeleri de benzer faydalar sağlayabilir ve mahsuplaşma türü krediler veya vergi kesintileri gibi diğer teşvik biçimlerine açık şekilde tasarlanabilir. Eşler arası (P2P) enerji ticareti, türetici yatırımlarından ek getiri elde edilebilecek fırsatlar yaratan bir başka iş modelidir. P2P enerji ticareti ile bir topluluk projesine veya tüketim alanında dağıtık enerji kapasite kurulumuna yatırım yapan türeticiler, diğer türeticilere "sayaç arkası" enerji satmak için blok zincir gibi dijital platformlar kullanır. P2P sistemlerde sayaç arkası, P2P ticaret alanının sınırı olarak tanımlanır. Bu modeller, türeticilere gerçekleştirdikleri dağıtık enerji kapasite kurulumundan sağladıkları yatırım getirisini artırma fırsatı sunar. Buna ek olarak, daha büyük veya küçük dağıtık enerji kurulumlarından oluşan geniş bir ağ geliştirmek için kaynakların birleştirilmesiyle oluşturulan bu modeller, dağıtık enerji kapasitesinin sisteme ek avantajlar getirebilecek şekilde yönetilmesini sağlar.

Dağıtık enerji kaynaklarının hızla düşen maliyetleri, tüketicilerin enerji dönüşümüne katılmasını, dağıtık yenilenebilir enerji sistemleri yoluyla hem elektrik üreticisi hem de tüketicisi (türetici) olabilmelerini sağlamıştır.

Türkiye'de kullanılan aylık mahsuplaşma uygulamasına göre, dağıtık enerji kapasitesi üretim ve tüketim arasındaki farkların aylık mahsuplaştırılması yoluyla öz tüketim amacıyla kullanılabilir. Bu sistem aynı zamanda türeticileri, yatırımlarını daha erken geri kazanabilmeleri adına şebeke ücretlerinden de muaf tutar. Mevcut piyasada şebeke destek hizmetleri verebilen tüketicilerin oluşmasını sağlayacak ve tüketicileri bunun için yatırım yapmaya teşvik edecek iş modelleri bulunmamaktadır. Bir başka deyişle, dağıtık enerji kapasitesi talep toplayıcılar aracılığıyla sisteme fayda sağlamak için piyasa oyuncusu olamazlar. Ayrıca mevcut mevzuata göre dağıtık enerji kapasiteleri yatırım getirisini artırmak için P2P enerji ticareti yapamazlar.

2. Sistem Verimliliğinin Enerji Verimliliğine Katkısı

Şekil 6: *Sistem verimliliği çözümlerinin enerji verimliliğine katkısı*

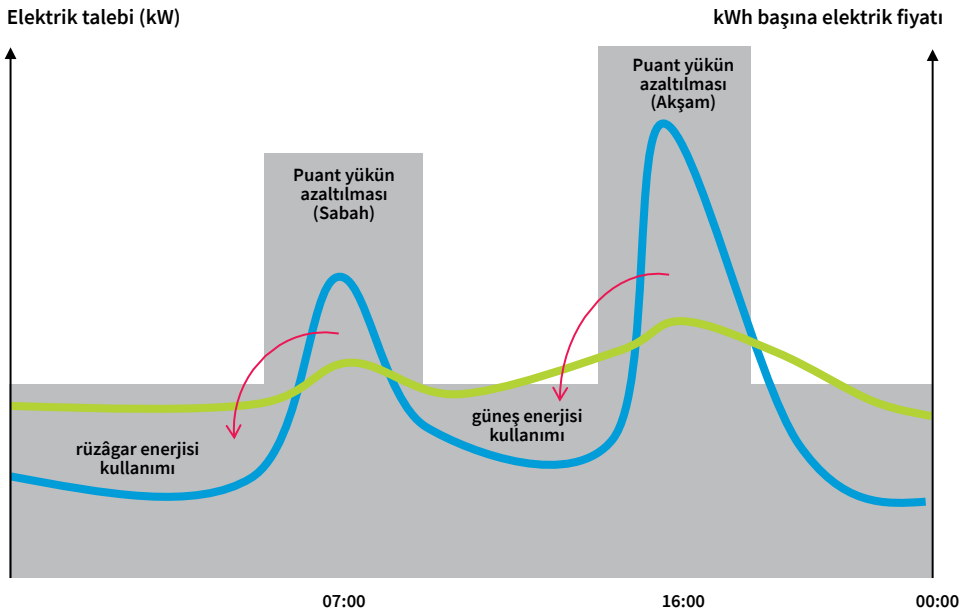


2.1. Akıllı Tarifeler

Akıllı tarifeler, elektrik tüketiminin günün belirli saatlerinde yapılmasını teşvik eder ve yük azaltma veya yük kaydırma yoluyla tüketicilerin belirli dönemlerde elektrik kullanımını azaltmayı amaçlar.

Akıllı tarifeler, elektrik tüketiminin günün belirli saatlerinde yapılmasını teşvik eder ve Şekil 7'de de gösterildiği gibi yük azaltma veya yük kaydırma yoluyla tüketicilerin belirli dönemlerde elektrik kullanımını azaltmayı amaçlar.

Şekil 7: *Akıllı tarifeler ve yük kaydırma*



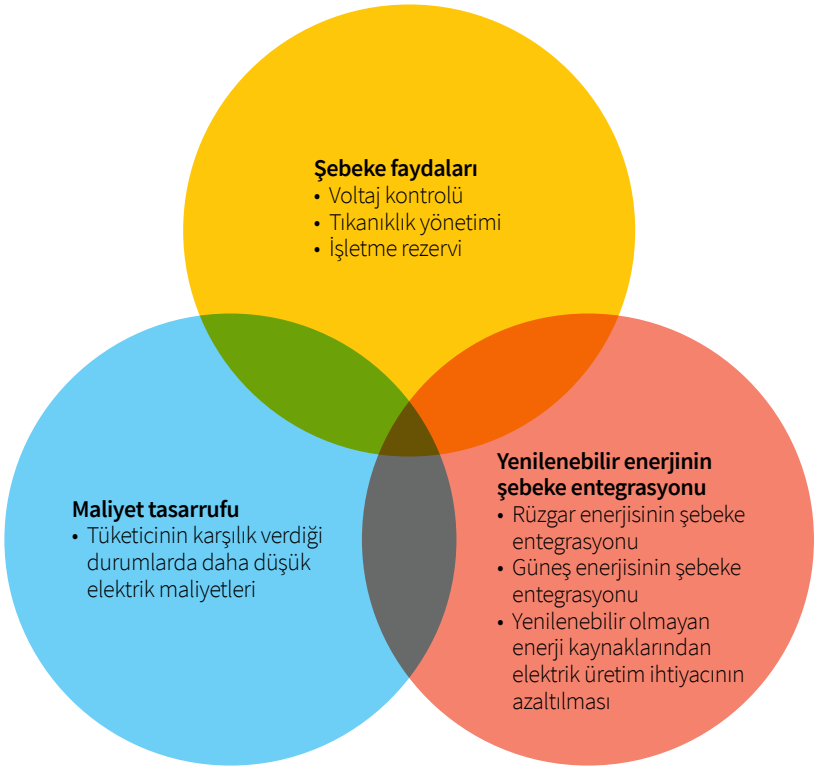
Bu durum genel sistem verimliliğini şu şekilde artırır:

- Şebeke kısıtlarını azalır ve elektrik kullanımının yoğun olduğu zamanlar için yeterli bir güvenilirlik seviyesi korunur. Böylece elektriğin gereken yere taşınabilmesi için yeterli kapasiteye sahip olma ihtiyacından kaynaklanan iletim ve dağıtım şebekesi yatırımlarının bir parçası olan iyileştirmeler ve yenilemeler kısıtlanır;

- Hat kayıpları azalır. Sistemdeki hat kayıpları talebin en yüksek olduğu puant döneminde en yüksek seviyededir ve marjinal hat kayıpları %20 veya daha yüksek oranda gerçekleşebilir (RAP, 2011);
- Yeni elektrik yükleri (örneğin, elektrikli araçlar veya ısı pompaları kaynaklı) yoğun olmayan puant dışı saatlere kaydırılabilir;
- Yüksek fiyatlı elektriğin yoğun kullanıldığı dönemlerdeki talep düşüşleriyle, toptan elektrik piyasasında oluşan fiyatlar da düşer,
- Daha düşük bir puant talebi karşılamak için daha az üretim kapasitesi gerekmesi nedeniyle, yeni üretim tesisi yatırımlarından kaçınılır.

Elektrik sistemindeki değişken yenilenebilir enerji seviyelerinin artmasıyla akıllı tarifeler, yenilenebilir elektrik üretiminin arttığı dönemlerde elektrik tüketimini teşvik ederek ve daha karbon yoğun üretimin gerçekleştiği saatlerde tüketimi caydırarak, yenilenebilir kaynakların enerji sistemine entegrasyonunun daha düşük maliyetle sağlanmasına yardımcı olabilir. İyi tasarlanmış akıllı tarifeler elektrik tüketimini, karbondioksit (CO_2) emisyon yoğunluğunun ve sistem maliyetlerinin daha düşük olduğu saatlere kaydırır.

Şekil 8: *Akıllı tariflerin avantajları*



İyi tasarlanmış akıllı tarifeler elektrik tüketimini, karbondioksit (CO_2) emisyon yoğunluğunun ve sistem maliyetlerinin daha düşük olduğu saatlere kaydırır.

Bununla birlikte, enerji tüketimini azaltmak yerine esnekliği teşvik etmesi nedeniyle akıllı tarifelerin son tüketim alanlarının enerji verimliliği üzerinde doğrudan etkisi bulunmaz. Yine de akıllı tarifeler dolaylı olarak, elektrikli cihazları satın alma kararlarını ve bu cihazların enerji verimliliğini etkileyebilir. Tüketicilerin gün içerisinde yüksek fiyatlı tarife aralıklarından kaçınmak için iki seçeneği bulunmaktadır: tüketimlerini tarifelerin daha düşük olduğu saatlere kaydırmak; yüksek fiyatlı tarife dönemlerinde çalışan verimsiz ekipmanı daha verimli teknolojiler ile değiştirmek. İkinci seçenek, özellikle yük kaydırma seçeneği bulunmayan teknolojileri (örneğin; pişirme, aydınlatma) etkileyecektir.

2.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri

Dünya çapındaki tüm dağıtım şirketleri kendilerini farklı ihtiyaçlara sahip, elektriği farklı şekillerde kullanmak isteyen ve bazen de dağıtım şirketlerine katma değer sunan müşterilere değer sunarken bulmaktadır.

Mevcut elektrik sistemi, sermaye yoğun elektrik yatırımlarından uygun fiyatlarla güvenli ve kesintisiz elektrik tedarikinin sağlandığı eski bir mevzuat paradigması üzerine inşa edilmiştir. Günümüzde "yıkıcı teknolojiler" elektrik şebekesi ile etkileşim şeklimizi de, elektriğin nasıl üretildiği, dağıtıldığı ve tüketildiğini de değiştirmektedir. Mesken son tüketim alanı, enerji kullanımını gitgide daha fazla kontrol edebilmekte ve hatta 20. yüzyılda akıllara gelmeyen şekilde büyük, merkezi olarak işletilen üretim tesislerinin yerine şebekeye hizmet sağlayan kaynaklar haline gelebilmektedir. Enerji sektörü boyunca geleneksel merkezi enerji üretimi ve iletiminden son tüketici merkezli üretime kadar tüm alanlarda yeni enerji kabiliyetleri gelişmektedir.

Daha verimli ve daha karmaşık bir şebekeye doğru süregelen bu dönüşüm, dağıtım şirketi iş modellerinin de değiştiği anlamına gelmektedir (İş modelleri ile ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri raporunu inceleyiniz). Bazı dağıtım şirketleri daha az elektrik talebi oluşumu nedeniyle elektrik satışlarında zorlanırken, tümü yeni hizmetler ve sistemlerin kullanımı için artan taleple karşı karşıya kalmaktadır. Bu dönüşümle dünya çapındaki tüm dağıtım şirketleri kendilerini farklı ihtiyaçlara sahip, elektriği farklı şekillerde kullanmak isteyen ve bazen de dağıtım şirketlerine katma değer sunan müşterilere değer sunarken bulmaktadır.

Performansa dayalı düzenleme (PBR), politika yapıcıların 21. yüzyıl elektrik sistemlerindeki yenilikleri ortaya çıkarmak için 100 yıllık düzenleyici yapılarda reform yapmalarını sağlamaktadır. PBR, politika yapıcıların eski mevzuat paradigmalarıyla yeni teknolojiler ve değişen değerlerin getirdiği yeni zorluklar ve fırsatlar arasındaki uçurumu kapatmak için kullanabileceği bir araçtır. Amaçları, hedefleri, kuruluşların performans ölçütlerini, idari bedelleri ve yatırımcı getirilerini birleştirmek için bir mevzuat çerçevesi sağlar. PBR'nin amacı, elektrik hizmet kuruluşlarının odağını girdilerden (örneğin, şebeke iyileştirmeleri ve bakımı için sermaye sarfı) çıktılara (örneğin, yüksek güvenilirlik, dağıtık enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması, yüksek enerji verimliliği, çevre koruma ve müşteri memnuniyeti) kaydırmaktır. PBR, kuruluşları belli performanslarından dolayı (artan gelir ile) ödüllendirmekte veya tam tersine performanslarının başarısız olması durumunda (düşük gelir ile) cezalandırmakta, böylece kamu politikası hedeflerinin gerçekleştirilmesinin önemli olduğu ülkelerde kâr maksimizasyonuna teşvik etmeyi amaçlamaktadır. PBR, enerji dönüşümü hedefleri doğrultusunda doğru teşvikleri belirleyerek gelecekteki bir çalışma modeline geçişte EDAŞ'ları destekleyebilir.

2.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği

TEİAŞ-EDAŞ iş birliği, iletim ve dağıtım şebekelerinin planlanması ve işletilmesinde uygulanmaktadır. Ayrıca dağıtık enerji kaynaklarının piyasaya katılımını (dağıtık üretim, bataryalar ve elektrikli araçlar, talep tarafı katılımı) sağlamak için organize elektrik piyasalarında (yan hizmetler de dâhil) değişiklikler önermektedir.

TEİAŞ-EDAŞ iş birliği, iletim ve dağıtım sistemlerinin işleyişinde değişiklikler önererek elektrik sistemi verimliliğini artırmayı amaçlar.

TEİAŞ-EDAŞ iş birliği, iletim ve dağıtım sistemlerinin işleyişinde değişiklikler önererek elektrik sistemi verimliliğini artırmayı amaçlar. Sistemin çalışmasındaki değişiklikler, enerji hizmeti kalitesini artırarak ve organize elektrik piyasalarına katılımı sağlayarak elektrik şebekesine bağlı tüm tarafları etkiler.

Şu anda, küçük ölçekli DEK'ler çeşitli piyasa gereksinimleri (lisans türleri, kapasite sınırları, katılım ücretleri vb.) nedeniyle bu piyasalara katılamamaktadır. DEK'lerin gün öncesi, gün içi ve dengeleme güç piyasalarına katılmasına TEİAŞ-EDAŞ iş birliğinin sağlanmasıyla izin verilecektir. Küçük ölçekli DEK'lerin piyasalara dâhil edilmeleri için piyasa operasyonlarının ve teknik kriterlerin değiştirilmesi gerekecektir.

TEİAŞ-EDAŞ iş birliğinin sistem verimliliği üzerindeki etkisi, farklı açılardan değerlendirilebilir:

- Şebekede yaşanan zorluklar karşısında, verimsiz enerji kaynakları yerine daha verimli olanlardan faydalanılabilir. Örneğin TEİAŞ, düşük verimlilikte fosil yakıtlı bir elektrik santralinin üretimini artırmak yerine elektrikli araçların (veya diğer elektrikli yüklerin) esneklik potansiyelini kullanmayı seçebilir. Bu da, arz ve talep tarafında daha iyi entegrasyona öncü olacak ve sistem hizmetlerinin sağlanmasında talep tarafı esnekliğinin kullanılmasına izin verecektir;
- Kısıtlar şebekede yüksek kayıplara neden olur. TEİAŞ-EDAŞ iş birliği ile kısıtlar daha etkin bir şekilde yönetilebilir ve teknik sistem kayıpları azaltılabilir. Örneğin dağıtım hattındaki bir kısıt, iletim seviyesindeki bir elektrik santrali yerine DEK'lerin katılımı ile daha etkin bir şekilde çözülebilir (örneğin çatı üstü güneş sistemleri ve bataryaların beraber kullanımıyla). Bunun nedeni, DEK'lerin elektrik tüketim noktalarına yakın olmaları dolayısıyla iletim ve dağıtım hatları üzerinden daha az elektrik taşınmasını gerektirmeleridir. Özellikle talep tarafı katılımı, genelde kısıt ile ilişkili olan yoğun zamanlarda dağıtım seviyesinde tıkanıklığı hafifletebilir;
- Geleneksel sistem operasyonlarında, elektrik şebekesinin belirli bir kısmında aşırı elektrik arzı bulunuyorsa, sistemin güvenliği için yenilenebilir enerji üretimi kesilebilmektedir. TEİAŞ-EDAŞ iş birliği ve daha iyi bir sistem çalışması ile yenilenebilir enerji üretiminde kesintiler azaltılabilir.

Dağıtık enerji kaynaklarının mevcut piyasalara artan bir oranda entegre edilmesi, bu durumun yaratacağı potansiyel sistem verimliliği avantajlarından yararlanmak için bir fırsattır.

2.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu

DEK'lerin ortaya çıkmasıyla, elektrik üretimi ve şebekeye aktarılma şekli değişmektedir. Bireysel olarak kullanılabilen veya şebekeye hizmet etmek üzere toplanabilen daha küçük enerji kaynakları olan DEK'ler, iki yönlü bir enerji akışının yolunu açarak, elektrik üretimi için yeni ve bağlantılı teknolojilerin kullanılmasına olanak tanımaktadır. DEK'lerin mevcut piyasalara artan bir oranda entegre edilmesi, bu durumun yaratacağı potansiyel sistem verimliliği avantajlarından yararlanmak için bir fırsattır. İdeal durumda, piyasa temsilcileri ticari ve teknik amaçları doğrultusunda DEK'lerin etkin, güvenilir ve verimli entegrasyonunu teşvik edebilecek, uygun maliyetli ve güvenli enerji mekanizmalarıyla maliyetleri azaltabilecek, gelirleri yükseltebilecek ve şebeke operasyonunu optimize edebileceklerdir.

DEK'lerin toptan piyasalara entegrasyonu yalnızca son tüketicilere gelir akışı potansiyeli sağlamakla kalmaz, aynı zamanda da güvenilirlik ve esnekliği artırmak için şebeke operatörlerine yeni dağıtık varlıklar kazandırır. Genellikle üretim ve depolama varlıklarının bir kombinasyonunu içeren bağımsız, yerelleştirilmiş şebekeler olan mikro şebekelerin giderek yaygınlaşmasıyla DEK'ler hem mevcut şebekelerle entegre edilebilir hem de "ada modunda" bağımsız olarak çalışabilir. DEK'ler ayrıca toptan satış piyasalarındaki rekabeti artırarak, düşük elektrik fiyatlarının oluşmasıyla tüm son tüketiciler için daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlar.

DEK'lerin şebekelere daha iyi entegrasyonu, azaltılmış hat kayıpları (üretimin, tüketime daha yakın olması ve talep tarafı esnekliği ile daha yüksek kayıplarla ilişkili puant tüketim azalacağı için), esneklik (küçük ölçekli üretim, büyük üretim varlıkları çevrimdışı olsa bile elektrik sağlamaya devam edebileceği için) ve yerel şebeke işletimi (örneğin, talep esnekliği dağıtım şebekesindeki kısıtların yönetilmesine yardımcı olabildiği için) gibi sistem verimliliği avantajları sağlar.

2.5. Dağıtık Üretim Modelleri

Dağıtık enerji kaynaklarının, elektrik dağıtımının verimliliğine farklı açılardan katkıları olabilir. DEK'ler doğası gereği, enerji tüketiminin bulunduğu yere daha yakın oldukları için elektrik şebekesine büyük ve merkezi kaynaklardan farklı değerler katabilirler. DEK'ler kendi kullanımlarına veya komşu kullanıcılara hızlı öz tüketime dönük enerji sağlayabildiği için hat ve trafo kayıplarının önüne geçilebilir; böylece uzun mesafelerde enerji iletiminden kaynaklı ısıyla kaybedilen enerji önemli ölçüde azalabilir. DEK'ler ayrıca reaktif güç veya voltaj desteği sağlamak gibi yan hizmetler de sağlayabilir ve doğru planlama ile tüketiciler için enerji kalitesini artırabilir.

DEK'ler hem tüketiciye hem de bir bütün olarak sisteme farklı değerler kazandırır. Tüketiciler DEK'lere yatırım yaparak enerji maliyetlerini düşürebilirler. Ayrıca yeni modeller; tüketicilere fiziksel, mevzuata bağlı ya da diğer kısıtlamalar nedeniyle DEK'leri tüketim yaptığı alana kuramadığı durumlarda bile yatırım yapma fırsatı tanır. Üretimin tüketime yakın konumlandırılmış olmasını nedeniyle DEK'ler dolayısıyla önemli iletim kayıplarından kaçınılabilir, iyi tasarım ve yönetimle dağıtım şebekesine voltaj desteği ve güç kalitesi iyileştirmeleri gibi yardımcı hizmetlerde katkıda bulunabilirler. Bu avantajlarına rağmen dağıtık üretimin önemli miktarı vergilendirebilir.

Dağıtık enerji kaynakları reaktif güç veya voltaj desteği sağlamak gibi yan hizmetler de sağlayabilir ve doğru planlama ile tüketiciler için enerji kalitesini artırabilir.

3. Sistem Verimliliğinin Etkin Şekilde Uygulanmasının Önündeki Engeller, İhtiyaçlar ve Gerekli Teknoloji/Yaklaşımlar

Bu özette tartışılan beş seçenekten her birinin sadece piyasa koşullarında kendiliğinden ortaya çıkmayacağını unutmamak gerekir. Başarıyla uygulandıkları hemen her yerde bu seçeneklerin uygulanmasını sağlamak için önemli tedbirlerin alınması, piyasa ve mevzuat reformlarının gerçekleştirilmesi gerekmiştir. Bunun nedeni, piyasa kısıtlamaları ve geleneksel enerji sisteminin kabul gören işletim şekillerinin, ilerlemenin önünde engel teşkil ederek bu beş sistem verimliliği önleminin benimsenmesini önleyebilecek olmasıdır. Benimsenmesini sağlamak için, aşağıda bölümlerde detaylandırıldığı gibi bazı paydaşların aktif desteği gerekecektir.

3.1. Akıllı Tarifeler

3.1.1. Engeller

Prensipte rekabetçi bir piyasada akıllı tarifeler enerji tedarikçileri tarafından sunulmalıdır. Teori, liberal ve rekabetçi bir perakende piyasasında tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılayan yenilikçi ürünler sunulmasının önemini ifade eder (fiyatların oluşmasını uzun süre önce liberal piyasaya bırakmış olan Avrupa ülkeleri deneyimlerinden bu durumu destekleyen kanıtlar da bulunmaktadır). Ancak bazı Avrupa perakende piyasaları yeterince rekabetçi değildir ve piyasa, yenilikçi fikirler getirmeye kalkan her türlü girişimi desteklemeyebilir. Son veriler, Avrupa'daki ulusal piyasaların çoğunun perakende piyasasında daha yenilikçi tarife modellerinin sunulmasını engelleyebilecek yüksek bir tedarikçi kitlesi olduğunu göstermektedir.

Daha önce de belirtildiği gibi Türkiye'de çok zamanlı tarife; "Gündüz" (06:00 - 17:00), "Puant" (17:00 - 22:00) ve "Gece" (22:00 - 06:00) olmak üzere üç dilime ayrılmıştır.

Daha önce de belirtildiği gibi Türkiye'de çok zamanlı tarife; "Gündüz" (06:00 - 17:00), "Puant" (17:00 - 22:00) ve "Gece" (22:00 - 06:00) olmak üzere üç dilime ayrılmıştır. Bu uygulamada, "Puant" dilimi fiyatları doğal olarak her zaman diğerlerinden daha yüksek olarak belirlenir. Buradaki amaç, tüketicileri tüketimini daha ucuz dönemlere kaydırmaya teşvik etmektir. Böylece elektrik sistemi daha verimli olacaktır. Ancak perakende piyasası, tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılamak için yenilikçi fikirler uygulayacak kadar rekabetçi değildir. Ayrıca, tüketicilerin çoğu çok zamanlı tarife yapısından ve bunu kullanmanın avantajlarından çoğunlukla haberdar değillerdir. Bir diğer önemli engel ise, özellikle yaz aylarında klima ihtiyacı nedeniyle "Gündüz" dönemi spot elektrik piyasası fiyatlarının "Puant" fiyatlarından daha yüksek oluşabilmesidir. Bu yüzden de düzenlenmiş çok zamanlı tarife, tüketicilere tüketimini "Puant"dan "Gündüz"e kaydırmaları konusunda yanlış işaretler verebilir. Başka bir deyişle, çok zamanlı tarife "Gündüz" dönemi fiyatı gerçek organize spot piyasa fiyatlarını yansıtmayabilir. Aynı durumu "Gece" tarifesinde de (özellikle 22:00 – 01:00 arasında) görmek mümkündür.

3.1.2. İhtiyaçlar

Daha verimli elektrik tüketimini teşvik etmek için tüketicilere dinamik fiyat sinyallerinin sağlanması, enerji sistemi esneklik ihtiyacına daha fazla katkı sağlayabilir. Akıllı tarife yapılarının uygun kullanılabilmesi için tüketicilerin fiyatlar hakkında net bilgiye sahip olabilmeleri gerekir ve özellikle önemli yük kaydırma fırsatı olduğu durumlarda tüketicilerin tepkilerini maksimum seviyede almak için iyi işleyen otomasyon sistemleri gerekecektir (örneğin, elektrikli araç şarj etme).

Akıllı tarife yapılarının oluşturulmasında, bazı spesifik durumlar için farklı tarife tasarımlarının hayata geçirilmesinin, diğer standart tarifelere göre daha uygun olacağı unutulmamalıdır. Örneğin; Fransa'daki Tempo tarifesi, ilgili sorumlu kuruluşun bir elektrik üretim ve satış tekeli olması durumuna özel tasarlanmıştır.

3.1.3. Gerekli teknoloji ve yaklaşımlar

Tarifelerin tam olarak düzenlemeye tabi olduğu piyasalarda düzenleyici, çok zamanlı tarifelerin sunulması için hizmet kuruluşlarına gereksinim duyabilir ve/veya kuruluşları teşvik edebilir.

Rekabetçi ayrıştırılmış piyasalarda yalnızca şebeke tarifeleri düzenlemeye tabidir, ancak son zamanlarda enerji tedarikçileri bu tür rekabetçi piyasalarda da çok zamanlı şebeke tarifelerini tüketicilere sunmaya başlamıştır. Durum böyle olmadığında, ulusal düzenleyiciler, tedarikçilere elektrikli araç şarjı ve ısı pompaları gibi yeni elektrikli yüklerin daha verimli çalışmasını ve esnekliklerini teşvik etmek için çok zamanlı tarifeleri uygulamalarını zorunlu kılabilir.

Türkiye'de elektrik piyasasının tam rekabetçi piyasa yapısına geçişi tamamlandığında, uzun vadede düzenlenmiş perakende tarife yapısına duyulan ihtiyaç da ortadan kalkacaktır. Geçiş aşaması boyunca, tedarikçilerini seçme haklarını kullanmak istemeyen tüketiciler ve küçük mesken aboneleri, son kaynak tedarik tarifesi uygulamasını kullanabilirler. DEK'lerin elektrik sistemine entegrasyonu, elektrifikasyon ve talep tarafı katılımı/verimliliği göz önünde bulundurularak akıllı tarifelerin tam olarak maliyeti yansıtacak şekilde yeniden tasarlanmasını gerektirebilir.

Türkiye'de elektrik piyasasının tam rekabetçi piyasa yapısına geçişi tamamlandığında, uzun vadede düzenlenmiş perakende tarife yapısına duyulan ihtiyaç da ortadan kalkacaktır.

3.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri

3.2.1. Engeller

Dağıtım şebekeleri geçmişten günümüze, küçük otomasyon ihtiyaçlarıyla ve hatta orta/alçak gerilim seviyelerinde denetim ve izleme tesisleriyle "yap ve unut" prensibinde çalışan tek yönlü, radyal, konik ağlar olarak tasarlanmıştır. Mevzuattaki teşvikler, genellikle EDAŞ'ların uygulayabileceği daha yenilikçi yaklaşımlara engel oluşturur.

3.2.2. İhtiyaçlar

EDAŞ'lar, maliyet etkin temiz enerji dönüşümünde çok önemli bir rol oynayacaktır. Ancak bunun mümkün olabilmesi için enerji sektörü mevzuatının değişmesi gerekmektedir. Arz güvenliği ve kalitesinin sağlanmasına yönelik geleneksel hedefleri desteklemenin yanı sıra düzenlemenin gelecekteki zorlukları da kapsaması ve enerji dönüşümünü tüketicilere minimum maliyetle sunabilmesi için gereken yenilikleri desteklemesi gerekecektir.

Türkiye'de son on yıla bakıldığında, 21 EDAŞ'ın tamamının başarıyla özelleştirildiği görülür. Yine aynı dönemde EDAŞ'lar, görevli tedarik ve dağıtım şirketi kapsamında iki ayrı kuruluş olarak ayrıştırılmıştır. Böylece, dağıtım şirketleri dağıtım şebekesi hizmetleri sunarken, perakende faaliyetleri ise görevli tedarik şirketleri tarafından yürütülmektedir. Hâlihazırda, EDAŞ'ların faaliyetleri özel şirketler tarafından yönetiliyor olsa da, sorumluluklar ve görevleri içeren düzenlemeler EPDK tarafından belirlenir. Artan elektrifikasyonla birlikte enerji dönüşümünü yaşadığımız yeni elektrik çağında,

DEK'lerin ve talep tarafı katılımının artmasıyla, EDAŞ'ların yeni yetki ve sorumlulukların olacağı açıktır. Bu bakış açısıyla, EDAŞ'ların şebeke altyapısına ve akıllı sistemler gibi yeni dijital teknolojilere yatırım yapması kilit rol oynayacaktır. EDAŞ'ların finansal sürdürülebilirliğinin sağlanması nedeniyle bu sistemlerin düzenlemeler veya yeni iş modelleri yoluyla teşvik edilmeleri gerekebilir. Öte yandan tüm bunların yapılabilmesinde mevcut mevzuat enerji dönüşümüne yardımcı olamayabilir. EDAŞ'ların ve iş modellerinin yeni rollerinin belirlenebilmesi için yeniden tasarlanması gerekebilir (İş modelleri hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri raporunu inceleyiniz).

3.2.3. Gerekli teknoloji ve yaklaşımlar

Başarılı bir enerji dönüşümü sağlamak için değişen EDAŞ davranışının yönlendirilmesinde düzenlemeler çok önemli olacaktır. Dağıtım şebekelerinin işletilmesinde ve tasarımında dijitalleşmenin ve yeniliğin benimsenmesi için EDAŞ'lara uygun teşvikler sağlanmalıdır. Operasyonel alternatiflerin objektif olarak değerlendirilmesini sağlamak ve EDAŞ'ların geleneksel yatırımlara karşı olan doğal yaklaşımlarını ele almak için yatırım maliyetleri yerine toplam maliyetlere odaklanan düzenleyici mekanizmalar gerekli olacaktır. Ayrıca düzenlemenin girdilere daha az, çıktılara ise daha çok odaklanması muhtemeldir. Girdi temelli düzenleme öncelikle geleneksel şebeke varlıklarının verimli bir şekilde sunulmasına ve yönetilmesine odaklanmaktadır. Çıktıya dayalı düzenleme ise müşteri ihtiyaçlarını ve enerji politikası önceliklerini yansıtacak şekilde tasarlanabilir ve böylelikle bu çıktıları en uygun maliyetle sunan EDAŞ'ları performanslarından ötürü ödüllendirebilir.

Başarılı bir enerji dönüşümü sağlamak için değişen EDAŞ davranışının yönlendirilmesinde düzenlemeler çok önemli olacaktır. Dağıtım şebekelerinin işletilmesinde ve tasarımında dijitalleşmenin ve yeniliğin benimsenmesi için EDAŞ'lara uygun teşvikler sağlanmalıdır.

Buna ek olarak, mevzuatın, türeticiler ve esneklik hizmetlerinin sağladığı sistem güvenliğine katkının uygun şekilde değerlenmesine izin verecek şekilde şebeke ve operasyonel standartların geliştirilmesini sağlaması gerekecektir (Mevzuat hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Mevzuat raporunu inceleyiniz). Geleneksel varlık temelli programlar ile operasyonel alternatifler arasında doğru ekonomik değerlendirmeler ancak o zaman yapılabilir. Ayrıca şebeke planlama ve operasyonuna daha objektif ve şeffaf bir yaklaşım sağlamak da gerekecektir. Potansiyel tedarikçilere bu ihtiyaçları karşılayacak hizmetleri için ihale fırsatı verileceğinden, şebeke ihtiyaçları daha ihtiyaç ortaya çıkmadan önce piyasada açık hale getirilmelidir. Ayrıca harcamalar onaylanmadan veya varlıklar varlık tabanına eklenmeden önce iş planlaması uygulamalarının tüm büyük şebeke geliştirme tekliflerinin alternatiflere göre test edilmesini sağlaması gerekebilir.

3.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği

3.3.1. Engeller

Türkiye'de hâlihazırda TEİAŞ ve EDAŞ'ların rolleri ve sorumlulukları mevzuatlarda tanımlanmıştır. Mevzuat, TEİAŞ ve EDAŞ'ların sınırlı bir ölçüde iş birliği yapmasını gerektirir. TEİAŞ veya EDAŞ'ların önerilen programda belirtilen düzeyde iş birliği yapma zorunluluğu da yoktur. Türkiye'de DEK'lerin penetrasyonu ve esneklik hizmetleri sunmalarıyla ilgili mevzuat sınırlıdır. DEK'lerin bu sınırlı potansiyeli ile TEİAŞ-EDAŞ iş birliği planının işletilmesi ekonomik açıdan mümkün olmayabilir.

TEİAŞ-EDAŞ iş birliği, talep tarafı katılımı ve talep toplayıcılar ile sinerji içindedir. Talep tarafı katılımı sistemin esnekliğini artırır ve sistem operatörlerine daha fazla seçenek sunar.

3.3.2. İhtiyaçlar

Şebekeye bağlı dağıtık enerji kaynaklarının sayısının ve kapasitelerinin artırılması, elektrik şebekesinin esnekliğini artırır. Bazı dağıtık üreticiler, küçük ölçekli bataryalar, talep tarafı katılımlı serbest tüketiciler şebekeye dağıtım düzeyinde bağlı olduğundan, bu kaynakların EDAŞ'lar tarafından yönetilmesi beklenir. Şebeke ölçeğindeki üreticiler, bataryalar ve büyük tüketiciler şebekeye iletim seviyesinde bağlanır ve TEİAŞ tarafından yönetilir. EDAŞ'lar esnek kapasiteleri yöneterek, TEİAŞ'ın operasyonlarını destekleyebilir ya da bunun tam tersi de mümkündür.

TEİAŞ-EDAŞ iş birliği, düzenleme, piyasa tasarımı ve şebeke yönetim sistemlerinde değişiklik önerecek somut bir kavram tasarımının geliştirilmesini gerektirir. Bu tür bir kavramın geliştirilmesi için mevzuat değişikliklerinin yapılmasında zaman ve sermaye ihtiyacı olacaktır.

TEİAŞ-EDAŞ iş birliği, talep tarafı katılımı ve talep toplayıcılar ile sinerji içindedir. Talep tarafı katılımı sistemin esnekliğini artırır ve sistem operatörlerine daha fazla seçenek sunar. Talep toplayıcıları, sistem operatörleri tarafından ele alınacak tarafların sayısı ile ilişki olduğu için iş birliği programının işleyişi kolaylaşır. Dağıtık üreticilerin piyasa entegrasyonu, mevcut TEİAŞ esneklik potansiyelini artırmak açısından da önemlidir.

3.3.3. Gerekli teknolojiler ve yaklaşımlar

TEİAŞ-EDAŞ iş birliğinin önündeki engellerden biri de dağıtık enerji kaynaklarının sayısıdır. Milyonlarca akıllı sayacın verileriyle uğraşmak sistem operatörleri için zor bir görev olabilir (Akıllı sayaçlar hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri raporunu inceleyiniz). Şebeke veri yönetiminin hacim ve hız problemlerini ancak büyük veri teknolojileri ve yazılımları çözebilir. Bu zorluğun bir başka çözümü, birden fazla (yüzlerce, binlerce veya daha fazla) dağıtık enerji kaynağını kontrol edecek talep toplayıcılarıyla iş birliğinin kurulmasıdır. Sistem operatörleri, milyonlarca dağıtık enerji kaynağı ile iletişim halinde olmaktansa, onlarca veya yüzlerce talep toplayıcı ile temas halinde olarak şebekeyi kolayca işletebilir.

Dağıtık enerji kaynaklarının organize elektrik piyasalarına katılmasını ve talep toplayıcıları aracılığıyla ya da doğrudan yan hizmet sunmasını sağlayacak talep tarafı katılımı mekanizmaları ve piyasa tasarımları esnek kapasiteyi artırarak TEİAŞ-EDAŞ iş birliği yaklaşımlarını mümkün kılmaktadır.

Dağıtık enerji kaynaklarını kontrol etmek ve izlemek için, bu görevleri yerine getirecek otomasyon ve izleme cihazları ile bir sanal platform (arayüz) gereklidir. Akıllı sayaçlar ile bilgi ve iletişim teknolojileri (ICT) bu gereksinimleri yerine getiren sistemlerdir.

Dağıtık enerji kaynaklarının organize elektrik piyasalarına katılmasını ve talep toplayıcıları aracılığıyla ya da doğrudan yan hizmet sunmasını sağlayacak talep tarafı katılımı mekanizmaları ve piyasa tasarımları esnek kapasiteyi artırarak TEİAŞ-EDAŞ iş birliği yaklaşımlarını mümkün kılmaktadır.

3.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu

3.4.1. Engeller

Enerji piyasası genel anlamda merkezi, üretimini talebe göre artırabilen ya da azaltabilen fosil yakıtlı elektrik santralleri için tasarlanmıştır. Bu piyasaların yapısı doğası gereği, DEK'lerin piyasalara katılımının ve sistem entegrasyonun önünde engel teşkil etmektedir. Piyasaların "yenilenebilir kaynaklara hazır olma" derecesi, özel tasarımlarına ve katılıma açık olmalarına bağlı olacaktır.

DEK'ler genellikle organize toptan elektrik piyasalarına tek başlarına doğrudan katılamayacak kadar küçük ölçeklidirler. Birincisi; genellikle mevcut katılım koşullarına göre bu piyasalara katılmak için gereken minimum kapasiteyi karşılayamazlar. İkincisi; küçük kapasiteleri nedeniyle çeşitli katılım modellerinde tüm operasyonel performans gereksinimlerini karşılamaları zor olabilir. Üçüncüsü; genellikle ürün standartları, yük al/yük at yapabilen üretim kaynakları için tasarlanmıştır ve teslim süresinden önce taahhüt ve ihalelerin zaman dilimi ile dalgalanan üretime göre ayarlanması gerekir (Standartlar hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Mevzuat raporunu inceleyiniz).

3.4.2. İhtiyaçlar

DEK'leri verimli ve etkili bir şekilde sisteme entegre etmek için enerji sistemine kattıkları değerin adil bir şekilde analiz edilmesi ve ücretlendirilmesi gerekir. DEK'lerin sistem değeri, örneğin emisyon azaltmalarını içerir (birçok ülkede, emisyon ticaret sistemleri veya karbon vergileri nedeniyle, karbon emisyonlarının bir maliyeti vardır), önlenen hat kayıpları (yani, iletim ve dağıtımda Türkiye'deki teknik ve teknik olmayan kayıplardan kaynaklanan yaklaşık % 12'lik elektrik kaybı), yerel işgücü piyasası desteği (yani, DEK'lerin üretimi, kurulumu ve bakımının bir sonucu olarak yerel istihdam yaratma) ve belediyeler için artan vergi gelirleri (belediyeler DEK'lerde yer alan şirketlerden vergi alıyorsa) (TEİAŞ, 2019). DEK'lerin toptan elektrik piyasalarına büyük oranda katılımı da bu piyasada rekabet gücünü artıracak, fiyat artışlarını azaltarak oynaklığı ve fiyatların negatif oluşmasını azaltacaktır.

DEK'leri verimli ve etkili bir şekilde sisteme entegre etmek için enerji sistemine kattıkları değerin adil bir şekilde analiz edilmesi ve ücretlendirilmesi gerekir.

Uygun maliyetli tüketici hizmetleri sunmanın anahtarı, hem elektrik tedarikçilerinin hem de bağımsız talep toplayıcılarının piyasada rekabet etmesine izin vermektir. Talep toplayıcılarının piyasaya erişimi genellikle belirli piyasa kuralları yüzünden engellenir ve bu da onların piyasaya katılımını zorlaştırır. Bu kurallar, örneğin piyasalara yalnızca büyük elektrik tedarikçilerinin katılmasına izin vererek talep toplayıcılarının teklif vermesini engelliyor olabilir.

3.4.3. Gerekli teknoloji ve yaklaşımlar

TEİAŞ'ın temel görevi, sistem güvenliği için enerji arzı ve talebi arasındaki dengeyi her zaman korumaktır. Kıta Avrupası elektrik sistemiyle senkron olan TEİAŞ, enerji beslemesi veya çekilmesini regüle ederek 50 Hertz'de (Hz) sabit frekans seviyelerini korur. Mevcut elektrik piyasası hükümleri uyarınca, dengeleme hizmetleri tercihen piyasa bazlı olarak tedarik edilmelidir. Dengeleme ihalelerinde, iletim sistemi operatörü tek alıcıdır ve yeterli rezerv gereksinimini garanti edecek kapasiteyi sağlayarak, gerçek frekans sapmaları durumunda dengeleme enerjisini kullanır. Perakende ve toptan satış piyasaları arasındaki etkin entegrasyon, DEK'lerin toptan piyasası ve iletim sistemine etkin bir şekilde entegre edilmesine olanak tanıyacaktır. Bu durum neticesinde, bu özetin farklı bölümlerinde daha detaylı olarak açıklandığı gibi, TEİAŞ ve EDAŞ'lar arasında daha fazla iş birliği gerektirecektir. DEK'lerin optimum şekilde yönetimi, dağıtım ve iletim şebekelerine uygun fiyatlı ve hızlı yanıt veren yan hizmetlerin sağlanmasını kolaylaştıracaktır.

Ayrıca, DEK'lerin teknik hizmetleri verebilecek güvenilir bir kaynak sayılabilmeleri için tüm piyasalarda açık ve adil katılım kurallarına ihtiyaç vardır. Aksi takdirde, DEK'lerin toptan piyasalara ve sistem hizmetleri için diğer tüm piyasalara teklif vermeleri gereksiz bir mücadeleden öteye gitmeyecektir.

Talep toplayıclarının DEK'leri bir araya getirerek toptan elektrik ve yan hizmet piyasalarına katılmalarına izin vermek, minimum kapasite sınırları gibi engellerin üstesinden gelmenin bir yoludur. Buna iyi bir örnek Kaliforniya Bağımsız Sistem Operatörü' dür (CAISO). Haziran 2016'da DEK gruplarının toptan elektrik ve yan hizmet piyasalarına katılabileceği bir program oluşturulmuştur.

DEK'ler, perakende/dağıtım ve toptan elektrik piyasası arasındaki geleneksel sınırları zorlayarak çalıştığından, bu bağlamlardan herhangi birine daha fazla entegrasyonları pratikte ve yasal olarak zorlu koşullar yaratmaya devam edecektir. DEK'lerin sorunsuz entegrasyonu için toptan elektrik ve perakende piyasalarında hayata geçirilecek düzenlemelerin bu piyasalar arasında koordinasyon gözeterek yapılması kritik öneme sahiptir.

3.5. Dağıtık Üretim Modelleri

3.5.1. Engeller

Türkiye'de hâlihazırdaki yönetmeliğe göre DEK'ler üretimlerini sadece kendi elektrik tüketimleri için kullanabilmektedir. Ayrıca DEK'lerin toptan piyasa, dengeleme güç piyasasına ve yan hizmetlere sistem hizmetleri sunabilmek için talep toplayıcıları aracılığıyla katılmalarını sağlayan iş modelleri henüz mevcut değildir (İş modelleri hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri raporunu inceleyiniz). Aynı zamanda da yasal çerçevede, eşler arası enerji ticareti ve sanal enerji santralleri kavramlarına izin verilmemektedir. Mevzuatın yanı sıra dijital altyapı ve sistemlerin yetersizliği de tüketicileri/türeticileri şebeke sorunlarını azaltmak adına piyasada aktif oyuncu olmaya teşvik etmemektedir.

Talep toplayıclarının dağıtık üretim kaynakların bir araya getirerek toptan elektrik ve yan hizmet piyasalarına katılmalarına izin vermek, minimum kapasite sınırları gibi engellerin üstesinden gelmenin bir yoludur.

3.5.2. İhtiyaçlar

Zaten nispeten büyük ölçekli endüstriyel ve ticari aktörler, bir süredir karmaşık öz tüketim biçimleriyle (elektrikte öz üretim, tüketim ve ihraç) iç içedir ama daha küçük ölçekli ticari oyuncular ve meskenler, gelişmekte olan bu piyasalara erişim ve sistem hizmetleri sağlama konusunda çeşitli zorluklarla ve engellerle karşılaşmaktadır. Örneğin; mevcut mahsuplaşma ve uzlaştırma düzenlemeleri, gerçek zamanlı tüketimi görüntüleme hakkında ya çok az veri sağlar veya hiç vermez (genellikle sayaç okumaları sadece ayda bir yapılır) ve küçük ölçekli tüketicileri/türeticileri tüketimini daha düşük fiyatlandırma dönemlerine kaydırmaya veya şebeke stresini azaltmaya teşvik etmez (çoğu durumda tarifeler sabit fiyattır ve günün saatine göre değişmez). Fiyatlandırma yöntemlerini içeren yasal çerçeve (yani maliyetlerin nasıl karşılanacağı ve buna hangi teşviklerin dâhil edildiği), tedarikçi ve üretim lisanslarını çevreleyen yasal çerçeve (yani tedarikçilerin piyasalara katılıp katılmayacağını belirleyen koşullar), toptan, dengeleme ve yan hizmet piyasalarına erişim tümüyle merkezi büyük ölçekli piyasa oyuncuları düşünülerek tasarlanmıştır. Öz tüketimi artırmanın önündeki diğer sınırlayıcı faktörler ise bilgi eksikliği, güven ve atalet de dâhil olmak üzere teknik olmayan engellerdir.

3.5.3. Gerekli teknoloji ve yaklaşımlar

Yeni iş modelleri, bu aktörlerin enerji üretimine katılmaları için teşvikler yaratarak tüketicilerin türetici olmalarına olanak tanıyabilir ve DEK'lere ilave yatırım yaparak tüm sisteme fayda sağlayabilir (İş modelleri hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri raporunu inceleyiniz). Bu kısım, sanal mahsuplaşma, DEK'lerin ortak mülkiyeti ve eşler arası enerji ticareti platformları gibi bu yeni fikirlerin bazılarını özetlemektedir:

- Sanal Mahsuplaşma (VNM), çok sayaçlı bir mülk sahibinin mülkünün güneş enerjisi sisteminin enerji kredilerini kiracılara tahsis etmesini sağlayan bir tarife düzenlemesidir.
- DEK'lerin ortak mülkiyeti, müşterilerin doğrudan bir tüketicinin evinde bulunmayan projelere yatırım yapmalarını sağlar.
- Blok zincir gibi dağıtık defterleri kullanan eşler arası enerji ticaret platformları, tüketicilerin fazla enerjilerini birbirleri arasında paylaşmalarını ve mikro şebekelerle nasıl dağıtılacağını kontrol etmelerini sağlar.

Yeni iş modelleri, bu aktörlerin enerji üretimine katılmaları için teşvikler yaratarak tüketicilerin türetici olmalarına olanak tanıyabilir ve dağıtık enerji kaynaklarına ilave yatırım yaparak tüm sisteme fayda sağlayabilir.

4. Sistem Verimliliği Çözümlerinin En İyi Uygulama Örnekleri

Dünyada her bir sistem verimliliği çözümü için pek çok vaka çalışması mevcuttur. Vaka çalışmalarından yapılmış olan seçimler, her seçeneğin pratikte nasıl işleyebileceğini göstermektedir. Ancak bu seçilen örnekler bu beş çözümün küresel uygulamalarının kapsamlı ve temsili bir incelemesi olma özelliği taşımamakta, her vaka çalışması ile kritik başarı faktörleri ve alınan dersler hakkında bilgi verilmektedir.

4.1. Akıllı Tarifeler

4.1.1. Fransa'da uygulanan kritik puant fiyatlandırması - Tempo tarifesi

Fransa, akıllı tarifelerin tasarımı konusunda yenilikçi bir öncü ülke olmuştur. Daha 1980'lerin başında Électricité de France (EdF), elektrik talebinin en yoğun olduğu günler için yüksek bir tarife fiyatı uygulayan "peak days step back" (EJP) projesi ile bir tür Kritik Puant Fiyatlandırması (CPP) uygulamıştır (Lapillonne, 2012). EJP projesinin yerini yirmi yılı aşkın süredir yürürlükte olan Tempo tarifesi almıştır.

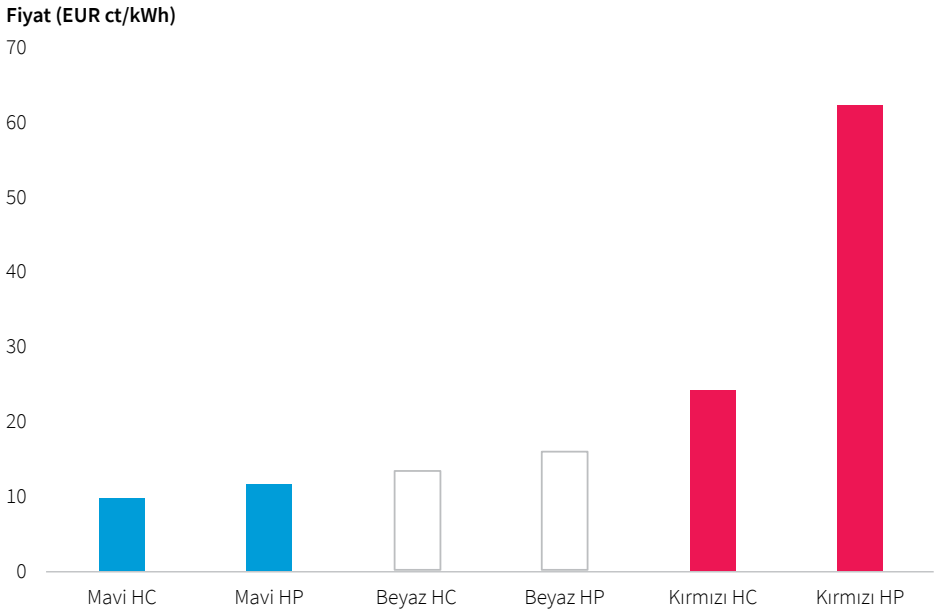
Tempo tarifesi, meskenler ve küçük ticari tüketiciler gibi elektrik kullanım seviyesi düşük tüketicilere sunulan bir CPP tarifesiyle bir ToU tarifesinin özelliklerini birleştirir. Salt bir şebeke tarifesi değildir, bir de enerji bileşeni bulunur. Yılın günleri üç farklı renge ayrılır - mavi, beyaz ve kırmızı. Renkler, arz ve talep arasında oluşması beklenen dengeyi yansıtacak şekilde belirlenmiştir. Mavi günler mevcut elektrik arzının talepten daha fazla olduğu, kırmızı günler ise arzın talebe yakın olduğunu gösterir. Uygulanan günlük ücretler ise mavi günler için en düşükten kırmızı günler için en yükseğe doğru değişir. Günlerin çoğu (300 gün) mavi tiptedir, maksimum 22 kırmızı ve 43 beyaz gün vardır. Piyasa işletmecisi, ilgili günün rengini bir gün önceden belirler ve müşterilerini buna göre bilgilendirir (örneğin; SMS veya e-posta yoluyla). Tarife ayrıca gündüz (06:00-22:00) ve gece dönemlerine (kalan saatler) ayrılmıştır. "Gündüz" tarifesi, renkten bağımsız olarak "gece" tarifesinden daha yüksektir ancak kırmızı günlerdeki fark, mavi ve beyaz günlerdekine kıyasla önemli ölçüde daha yüksektir. Şekil 9'da farklı renk günleri ve saatleri için fiyat seviyeleri örneklendirilmektedir.

Tempo tarifesinin temel işleyişine bakıldığında, tüketicileri taleplerini kırmızı gün yoğun/puant saatlerinden ve genel olarak bazı gündüz saatlerinden başka saatlere kaydırmaya teşvik eder.

Tempo tarifesinin temel işleyişine bakıldığında, tüketicileri taleplerini kırmızı gün yoğun/puant saatlerinden ve genel olarak bazı gündüz saatlerinden başka saatlere kaydırmaya teşvik eder. Bu tarifenin uygulamasında tüketiciler fiyat sinyallerine önemli derecede cevap vermiştir. Pilot projedeki tüketiciler, elektrik tüketimlerini mavi günlerdeki tüketimlerine kıyasla, beyaz günlerde %15 ve kırmızı günlerde %45 azaltmışlardır (Giraud, 2004). Tarifenin uzun yıllardan beri uygulanıyor olması, müşterilerin bundan memnun olduğunu ve faturalarını ortalama %10 düşürmeyi başardıklarını göstermiştir (Giraud, 2004). Tarife temelli talep tarafı katılımının 1990'larda yaklaşık 6 GW'a ulaştığı tahmin edilmektedir (tarife kaynaklı talep tarafı katılımının katkısı, günümüzde EDF'in yeni mevzuata göre Tempo tarifesini aşamalı olarak kaldırmasından dolayı 1 GW'ın biraz altına düşmüştür) (RTE, 2016). Tempo tarifesi 2009 yılında yeni tüketiciler için sonlandırılmıştır. Fransa pazarı, tarifeler yoluyla talep yanıtındaki düşüşü dengelemek için başka yollar da kullanmıştır. Bu yollar, tedarikçiler ve tüketiciler arasındaki ikili sözleşmeler gibi tedarikçi güdümlü ve pazara dayalı talep yanıtlarını ve iletim sistemi operatörü tarafından düzenlenen piyasa açık artırmalarını içerir.

Tempo tarifesi akıllı talep için geleneksel rolü sağlamada etkili olsa da (talebi yılda birkaç kez düşürme) gelecekte değerli olması beklenen daha geniş talep esnekliği yelpazesini sunma olasılığı daha düşük olan, basit bir politika aracıdır. Enerji sistemi gün geçtikçe daha da karbonsuzlaşmaya doğru yol alırken, sistemde var olan değişken elektrik üretim kaynaklarının mevcudiyetine yanıt olarak talebi haftalık veya hatta günlük olarak azaltmak ya da değiştirmenin maksimum fayda sağlaması beklenmektedir. Bunun son tüketim alanlardan etkin olabilmesi için tarifelerin ve teknolojinin zamanla daha akıllı hale gelmesi gerekecektir.

Şekil 9: *Fransa'daki Tempo tarifesi*



Enerji sistemi gün geçtikçe daha da karbonsuzlaşmaya doğru yol alırken, sistemde var olan değişken elektrik üretim kaynaklarının mevcudiyetine yanıt olarak talebi haftalık veya hatta günlük olarak azaltmak ya da değiştirmenin maksimum fayda sağlaması beklenmektedir.

4.1.2. Hawaii'deki akıllı tarifeler

Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) Hawaii eyaletinde değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu kademeli bir akıllı bir talep tarafı katılımıyla önemli seviyelere ulaşmıştır. Hawaii, 2045 yılına kadar tüm elektriğini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamak üzere iddialı bir program başlatmıştır. Eyalette son birkaç yıldır özellikle güneş enerjisi ve daha düşük kapasitede rüzgâr enerjisi ile biyokütle olmak üzere yenilenebilir enerji teknolojilerinin önemli ölçüde yaygınlaşması söz konusudur. Hawaii şu anda ABD'de hane başına çatı üstü güneş enerjisi uygulamalarında en yüksek penetrasyona sahip eyalettir (HSEF, 2019). Bu durum, daha büyük bir bölgesel şebeke ile bağlantı sorunu yaşanması durumuyla birleşmiş, Hawaii'nin değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının yüksek penetrasyonuna adaptasyon sağlamasına sebep olmuştur. FV güneş enerjisinin toplam kurulu gücü on yıl önce ihmal edilebilir seviyelerdeyken 2017'de 680 MW'a yükselmiştir ve yenilenebilir enerji, eyaletteki toplam kurulu güç kapasitesinin yaklaşık %26'sını temsil etmektedir (Hawaiian Electric, 2017a; 2017b).

Bölgesel dağıtım şebekesinin kırsal alanlarında kurulu güneş kapasitesinin ürettiği elektrik, minimum gündüz elektrik talebini aşmaktadır. Bunun sonucu olarak, bölgesel üretim tüketimi aşmakta ve enerji bölgesel dağıtım şebekesinden iletim sistemine doğru ters yönlü akmaktadır. Gün geçtikçe artan dağıtım ve iletim düzeyinde şebeke yatırımlarının çoğu dağıtık enerji kaynaklarından oluşmaktadır. FV güneş enerjisi

penetrasyonu, şebekenin işleyişinde önemli zorluklar da yaratmıştır. Bu zorluklar arasında voltaj sorunları ve ters akışlardan dolayı hat ve diğer ekipmanlara aşırı yüklenme riski bulunmaktadır (HEC, 2014).

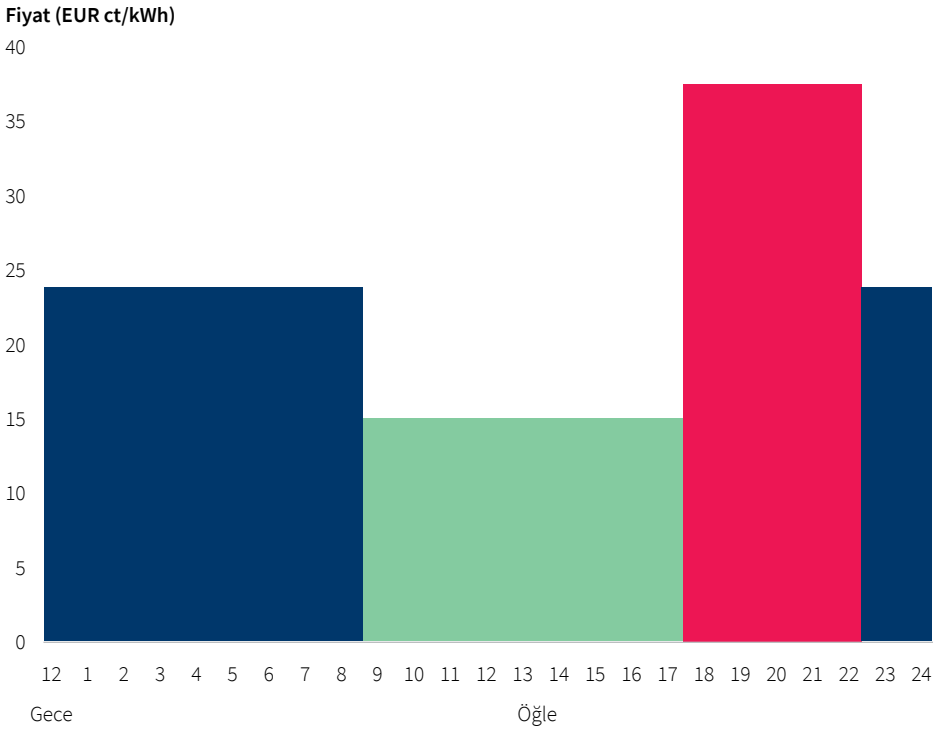
ABD ulusal enerji düzenleme kurumu, ters akışlarla ilgili sorunları ele almak için 2017'de akıllı ihraç ve kontrol edilebilir müşteri üretimi olmak üzere iki seçenek sunmuştur (HPUC, 2017). Buna ek olarak hizmet kuruluşları mevcut ve gelecekteki zorlukları gidermek için, güneş panellerine akıllı çevirici (inverters) kurulumu, akıllı iletişim sistemlerinin kurulumu ve trafo merkezlerinde iyileştirmeler de içeren bir şebeke değiştirme programı başlatmıştır. Hawaii hizmet kuruluşları, elektrik depolama ve elektrikli araç entegrasyonu da dâhil olmak üzere talep tarafı katılımının yaygınlaşmasını, karşılaştıkları zorlukların üstesinden gelebilecek çözümlerden biri olarak tanımlamıştır.

Son tüketim alanlarına diğer tarifelerin yanında, isteğe bağlı çok zamanlı bir tarife de sunulmaktadır. Bu tarife üç farklı ücretten oluşur: yoğun olmayan saatlerde (çoğunlukla akşam/gece geç saatlerde) düşük bir puant dışı ücret, öğlen saatlerinde güneş enerjisi üretiminin en yüksek olduğu saatlerde çok yüksek olmayan bir ücret, öğleden sonra ve akşamın erken saatlerinde en yüksek ücret. Bu ücretler, evlerinde güneş enerjisi sistemi kurulu olmayan ve şebeke elektriği kullanımını gündüz saatlerinde yoğunlaştırabilen son tüketicileri hedeflemektedir. Pilot çok zamanlı tarife projesi için yapılan abonelik başvuru sayıları ilk yapılan tahminlerin oldukça üzerine gerçekleşmiştir.

Yoğun saatlerde uygulanan elektrik ücreti, gün ortası veya puant dışı ücretlerin yaklaşık iki katıdır. Bu tarife yapısı, tüketicileri geleneksel tüketimlerini akşamın yoğun saatlerinden dağıtım şebekesinde güneş enerjisinin en yüksek olduğu saatlere kaydırmaya teşvik etmektedir. Böyle bir tarifeye, fazla üretimin bulunduğu yerlerde elektrikli araçlar gibi yeni yüklerin eşlik etmesi, şebeke üzerindeki stresi hafifletmeye ve pahalı şebeke yatırımlarını önlemeye veya ertelemeye yardımcı olabilir. Ayrıca, tüketicilerin ulaşım ihtiyaçlarında (benzin ve petrol gibi fosil yakıtlar yerine) temiz enerji kullanımını teşvik ederek CO2 emisyonlarının azaltılmasına ve yenilenebilir enerji kesintilerinin önlenmesine yardımcı olabilir. Akıllı tarife tasarımı, bu yeni büyük kontrol edilebilir son kullanım biçimlerine adapte olmakla ilgili oluşacak sistem ek maliyetlerinin, piyasa koşullarına göre hareket eden ve bu teknolojilere adapte olan veya adapte olma imkânı olmayan tüketiciler tarafından değil, kullanımlarını arz ve talep koşullarını yansıtacak şekilde uyarlayamayanlar tarafından karşılanmasını sağlar. Hawaii uzun vadede, tüm tarife kategorileri için daha dinamik fiyatlandırma uygulamasını ve gün ortasında oluşan gerçek düşük maliyetleri tarifeye yansıtmayı planlamaktadır.

Hawaii ayrıca iki yıllık dağıtılabilir su ısıtma yükü pilot programını tamamlamaktadır (pilot apartman kompleksine kurulan yeni su ısıtıcıları ve kontrol sistemleri ile). Kontrol sistemi, hizmet kuruluşunun son kullanıcıları maliyeti yüksek saatlerde depolama tanklarını kullanarak su taşımaya ve düşük maliyetli saatlerde su ısıtması yapmaya teşvik eder. Sistem, dört saniyelik aralıklarla kontrole izin vererek, su ısıtıcılarının yerel voltaj desteği, sistem frekans mevzuatı gibi yan hizmetler için kontrol edilebilir bir yük olarak kullanılmasını mümkün kılar.

Şekil 10: *Hawaii akıllı tarifeler*



4.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri

EDAŞ'lar için yeni iş modelleri için İngiltere, Avrupa ve ABD'de genellikle enerji dönüşümüyle ilişkili çeşitli şebeke zorluklarını ele alan uygulama ve yenilikçi örnekler incelenmiştir.

4.2.1. Kuzey Adaları Yeni Enerji Çözümleri: The Northern Islands New Energy Solutions (NINES) - EDAŞ: Scottish & Southern Energy

Kuzey (Shetland) adaları İngiltere anakarasının 130 mil kuzeyinde yer alır ve ulusal elektrik şebekesinden izoledir. Mevcut elektrik talebinin çoğunu karşılayan yerli elektrik santrali kullanım ömrünü doldurmak üzeredir. Bu sayede, yüksek potansiyele sahip yenilenebilir enerji kaynakları, talep tarafı katılımı ve hem dağıtık hem de şebeke ölçeğinde enerji depolama uygulamalarının kullanımıyla Shetland'ın enerji talebinin nasıl daha verimli bir şekilde karşılanabileceğini araştırmak için bir fırsat doğmuştur. NINES projesi özellikle Shetland Adaları'na odaklansa da, projeden elde edilen bilgiler genel olarak enerji topluluğu, sanal özel şebekeler (VPN'ler) ve mikro şebeke kavramlarına doğrudan uygulanmaktadır (SSEN, 2017).

Proje, kontrollü yerel termik depolama ile değişen tüketici elektrik talebini güvenli bir şekilde sağlayabilmek amacıyla 5 rüzgâr santrali ve şebeke ölçekli bir batarya depolama kapasitesini entegre etmek için o zamanlar dünyanın en gelişmiş izleme ve kontrol sistemlerinden biri olan Aktif Şebeke Yönetimi'ni (ANM) kullanmıştır. Bu proje, tüm sistemin kullanım ömrü boyunca ada şebekesine üç kat daha fazla yenilenebilir enerji kapasitesinin bağlanmasını sağlayarak, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı yerli güvenli tedarikin uygulanabilirliğini kanıtlamış, ANM sistemlerinin tasarımında hâlihazırda diğer projelerde uygulanmakta olan çok önemli deneyimler sağlamıştır. Proje, ANM'nin şebekelerin yeni değişken elektrik üretim kapasitesini barındırma yeteneğini artırabildiğini ve EDAŞ'ların geleneksel pahalı şebeke yatırımları

gerektirmeden ek bağlantı gelirlerinden faydalanabileceğini göstermiştir. Daha az şebeke yatırımına ihtiyaç duyulması, EDAŞ'ları artan bir varlık tabanından kaynaklanan gelirlerden mahrum bırakabilirken, yatırım giderleri ve operasyonel giderler arasında eşdeğerliği destekleyen uygun bir düzenleme, EDAŞ'ların operasyonel ölçütlerden eşdeğer gelir elde etmesini sağlayabilir.

4.2.2. The Local Energy Oxford /Oxford Yerel Enerji (LEO) projesi - EDAŞ: Scottish & Southern Energy

LEO projesi yerli yenilenebilir enerji kaynakları, elektrikli araçlar, batarya depolama teknolojileri, araçtan şebekeye (V2G) teknolojisi ve talep tarafı katılımındaki büyümenin tüketicilere değer sağlaması için yerel, esnek ve duyarlı bir elektrik şebekesi tarafından nasıl desteklenebileceğini ve topluluklar ve piyasa tedarikçileri için sağlayacağı fırsatları araştırma amacıyla tasarlanmıştır (Talep tarafı katılımı hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri raporunu inceleyiniz) (SSEN, 2019). Projenin uygulama yeri bölgedeki enerji kooperatiflerine olan genel ilgi, çok sayıda mevcut küçük yenilenebilir projenin varlığı ve yerel dağıtım şebekesinin kısıtları da içeren doğası nedeniyle Oxfordshire olarak seçilmiştir. Proje, Piclo piyasa ihale platformunu (picloflex.com) kullanarak yerel elektrik talebini yerel tedarik kaynakları ile gerçek dünya koşullarında dengeleme, piyasaları test etme, yatırım ve iş modelleri araştırma, V2G ve diğer esneklik sağlayıcıları aracılığıyla kısıt yönetimi gibi şebeke hizmetleri sağlam ve sonuçta genel olarak enerji sisteminde esnekliğin faydalarını değerlendirme amacı taşımaktadır.

NINES projesinde olduğu gibi LEO da dağıtım şirketi bağlantı gelirlerini artırarak çok sayıda küçük yenilenebilir enerji projesinin daha hızlı şekilde şebeke entegrasyonunun sağlanmasına olanak tanımaktadır. İlgili EDAŞ yerel kısıtları yönetmek için V2G hizmetleri de dâhil olmak üzere uygun maliyetli esneklik hizmetlerinin kullanılabilir olmasından faydalanabilecektir.

4.2.3. Yerel Şebeke Besleme - yerel enerji kullanımının teşvikini keşfetmek - EDAŞ: Western Power Distribution

Blok zincir veya benzeri teknolojiler ile kolaylaştırılan P2P ticaret yoluyla, yerel talebi karşılama amacıyla yerel yenilenebilir enerji kaynaklarıyla enerji kooperatiflerinin geliştirilmesi, temiz bir enerji sistemine uygun maliyetli geçiş için hayati önem taşıyacaktır. Bununla birlikte, hem tüketicilere hem de türeticilere katılım için çok az finansal teşvik sunan veya hiç teşvik vermeyen eski şebeke uygulamaları, enerji kooperatifi programlarının geliştirilmesini engellemektedir. Western Power Distribution (WPD) ve proje ortakları, potansiyel çözümleri yenilikçi fiyat uygulamaları olarak araştırmak üzere, yerel arz ve talebin eşleşmesini teşvik etmeyi amaçlayan fiyatlandırma modelleri ve aynı zamanda şebeke maliyetlerinin tahsisi için bir "maliyet yansıtma" yaklaşımı geliştirmiştir (WPD, 2019).

Şebeke beslemesini "doğru" anlamak, enerji kooperatiflerinin ve sanal özel şebeke ağlarının (VPN) başarılı bir şekilde geliştirilmesinin ön koşuludur. WPD'nin yerel şebeke beslemesi üzerindeki çalışmaları bu anlamda eski besleme uygulamalarındaki eksikliklerin de belirlenmesini sağlamış, yerel dağıtım şebekesi kullanımı (DUoS) ve enerji kooperatiflerinin potansiyel faydalarına ulaşmayı mümkün kılabilecek sanal özel şebeke fiyatlandırmasını birleştiren alternatif düzenlemelerin geliştirilmesine yol açmıştır. Enerji kooperatiflerinin geliştirilmesinin yanı sıra uygun şebeke ücretlendirme

uygulamalarının geliştirilmesi, EDAŞ'ların şebeke maliyetlerini geri kazanmalarını sağlayacaktır.

4.2.4. Next Kraftwerke

Next Kraftwerke büyük ölçekte bir "akıllı şebeke" uygulaması örneğidir. Next Kraftwerke, Almanya merkezli bir sanal enerji santrali (VPP) operatörü ve enerji ticareti şirketidir (NK, 2020). Yerel iletim ve dağıtım operatörleri, enerji santralleri, ticari ve endüstriyel tüketicilerle iş birliği içerisinde Almanya, Avusturya, Belçika, Fransa, Hollanda, Polonya, İsviçre ve İtalya'da faaliyet gösteren Avrupa'nın en büyük VPP'si işletilmektedir. 7,5 GW'a yakın, toplam 8.000'i aşkın yenilenebilir enerji kaynağı dijital olarak birleştirilmiş, enerji sistemlerinin karbonsuzlaştırılmasında dijitalleşmenin potansiyeli ortaya konmuştur. Bu uygulama VPP'lerin hem yerel enerji üreticilerinin hem de müşterilerinin faydasına nasıl kullanılabileceğine dair örnek teşkil etmektedir. Proje ayrıca yerel yenilenebilir enerji kaynaklarının, depolama ve talep esnekliğinin elektrik şebekesinin güvenli işletilmesi için gerekli yan hizmetleri nasıl sağlayabildiğini ve sistemin yenilenebilir enerji kapasitesinin büyük bir bölümüyle nasıl etkin bir şekilde çalıştırılabileceğini göstermektedir (Talep tarafı katılımı hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri raporunu inceleyiniz). Dağıtım ve iletim operatörleri için Next Kraftwerke gibi VPP programlarının başlıca avantajları, yerel enerji ve kısıt sorunlarını yönetmek için uygun maliyetli esneklik hizmetlerinin sağlanmasının yanı sıra sistemde hâlihazırda var olan yerel üreticiler için artan bir gelir potansiyeli sunmasıdır.

4.2.5. BIGHIT, Orkney Adaları, İskoçya ve Güney Bölgesi – EDAŞ: Scottish & Southern Energy

Temiz enerji dönüşümüne geçişi kolaylaştırmak için Avrupa'da uygulanan uygulamaların diğer önemli bir örneği, İskoçya Orkney'deki BIGHIT yeşil enerji depolama projesidir (BIGHIT, 2020). Rüzgâr ve güneş gibi değişken üretimli yenilenebilir enerji kaynaklarının çok yüksek oranda üretim payına sahip olduğu bir elektrik sistemine geçmek için, kısa süreli veya günlük enerji depolamanın yanında, yenilenebilir elektrik üretiminin az olduğu dönemleri kapsayacak uzun vadeli (mevsimsel) enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi de önem arz etmektedir. Orkney'deki şebeke kısıtlarından kaynaklanan rüzgâr ve gelgit enerjisi kesintilerine karşı daha önceki deneyimlerden öğrenilen, üretim fazlasının hidrojen olarak saklandığı ve son tüketicilerin inisiyatifinde olmayan faktörlerin kontrol altında tutulması için geliştirilen "surf&turf" uygulaması örnek alınarak tasarlanan BIGHIT projesi Danimarka, Fransa, İngiltere, İtalya, İspanya ve Malta'dan 12 paydaşı bir araya toplamıştır. BIGHIT projesi Orkney adalarında dağıtım şebekesi Scottish & Southern Energy tarafından işletilecek bir "hidrojen bölgesi" oluşturulmasını amaçlamaktadır. Bu proje kapsamında tam entegre hidrojen üretimi, depolaması, taşınması ve kullanımının uygulaması yapılacaktır. BIGHIT projesinin amacı izole çalışabilen bir sistem tasarlamanın yanı sıra değişken yenilenebilir enerji üretimindeki günlük ve mevsimsel değişimleri dengelemenin bir yolu olarak elektroliz ve hidrojenin uygulanabilirliğini, ayrıca büyük ölçekli hidrojen depolama sistemlerinin pahalı şebeke iyileştirmelerine ekonomik bir alternatif sağlama potansiyelini araştırmaktır.

Hidrojenin enerji dönüşümündeki rolü henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Bununla birlikte, şebeke ilave yatırımlarının maliyet etkin veya kolay olmadığı durumlarda, şebeke ilave yatırım ihtiyacının alternatif yöntemlerle başarılı bir şekilde giderilebilmesi EDAŞ'lar için önemli yatırım fırsatları sunabilir. Hidrojen depolama, değişken

yenilenebilir enerji kaynaklarının daha çok gelişmesine olanak sağlayabilir ve EDAŞ'ların bağlantı gelirleri gibi faydalardan yararlanmasını da kolaylaştırabilir.

4.2.6. Pahalı Şebeke İyileştirmelerinin Yerine Dağıtık Enerji Kaynaklarının Kullanılması - Brooklyn-Queens Talep Yönetimi Programı (BQDM)

ABD'de uygulanan, şebeke yatırımı ve iyileştirmesi olmadan sağlanabilen çözümler için (enerji verimliliği, talep tarafı katılımı ve dağıtık üretim dâhil) verilebilecek en iyi örneklerden biri, 2014 yılında başlatılan Brooklyn-Queens Talep Yönetimi Programı'dır (BQDM) (ConEd, 2020). Yerel hizmet kuruluşu Consolidated Edison tarafından New York Kamu Hizmeti Komisyonu'na (NYPSC) tahmini 1 milyar ABD doları (ABD$) maliyetle önerilen ilk çözüm, yeni bir dağıtım trafosu merkezi kurulumu, mevcut 345 kilo-volt (kV) şalt tesisinin genişletilmesi ve iki trafoyu birbirine bağlamak için bir alt iletim besleyicisinin inşa edilmesini içeriyordu. Bunun yerine, Kamu Hizmeti Komisyonu Consolidated Edison'u verilen hizmetlerin ücretlendirilmesinde performans teşvikleri sunarak geleneksel olmayan yatırımları düşünmeye ve bu geleneksel olmayan şebeke yatırımlarının (10 yıl gibi kısa bir sürede) geri dönüşünü hızlandırmaya teşvik etmiştir (Girouard, 2019). Buna göre Consolidated Edison, BQDM program yatırımlarında izin verilen getiri oranının 100 baz puanını farklı uygulamalarla elde edebilecekti. Bu uygulamalar, alternatif tedbirlerle 41 MW'lık talep tarafı katılımını sağlamak için 45 baz puan, piyasadaki dağıtık enerji kaynaklarının çeşitliliğini artırmak için 25 baz puan ve geleneksel yatırımlardan MW başına daha düşük bir tutara ulaşmak için 30 baz puan şeklinde ayrılmaktaydı.

NYPSC, elektrik tüketiminin yoğun olduğu yaz günlerinde günde 12 saat süreyle elektrik yükünü en az 52 MW azaltmak için talep tarafı katılımı çözümleri için açık talebi onaylamıştır. Açık bir proje bilgi ilanı ile "en iyi bütünsel çözümleri belirlemekte çoklu yaklaşımların ve teknolojilerin değerlendirilebilmesi" için çözüm sağlayıcıları arayışı içinde bulunduklarını duyurmuştur (NYPSC, 2014). BQDM elektrik talebini azaltmak için çok çeşitli seçenekler sunmuştur. Bu seçenekler 17 MW'lık kapasitör ve yük transfer çözümleri gibi geleneksel çözümlere ek olarak, 11 MW'lık geleneksel olmayan şebeke çözümleri ile talep tarafı katılımı, enerji verimliliği, depolama, yakıt hücreleri ve kombine ısı ve güç gibi 41 MW'lık son tüketici tarafı çözümleri olarak belirlenmiştir (SMPA, 2018). 2017 yılına kadar uygulanan çözümler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: *Brooklyn-Queens Talep Yönetimi Programı'nda 2017 yılına kadar uygulanan geleneksel olmayan çözümler*

Talep tarafı tasarrufları (54 milyon ABD$ yatırım)		**Hizmet kuruluşu tarafı tasarrufları (15,8 milyon ABD$ yatırım)**	
Ticari doğrudan yatırım programı	10.7 MW*	Voltaj optimizasyonu	16.5 MW
Çok-haneli enerji verimliliği programı	4.3 MW*	Dağıtık enerji depolama sistemi	0 MW
Dinamik yatırım ihaleleri	3.29 MW	**Toplam**	**16.5 MW**
Mesken enerji verimliliği programı	2.4 MW	Talep azaltımının çoğu 4 program kaynaklı olarak ortaya çıkar: 1) Voltaj optimizasyonu 2) Ticari doğrudan yatırım programı (enerji verimliliği) 3) Çok-haneli enerji verimliliği programı 4) Dinamik yatırım ihaleleri (talep tarafı katılımı) * Not: onaylanmış değil anlaşmalar yoluyla ortaya çıkacağı varsayılan tasarruf seviyeleridir. Toplam onaynamış tasarruf 2017'de son tüketim alanları için 22,1 MW olarka gerçekleşmiştir. Bunun nedeni anlaşma yapılmış ve saatlik operasyonel tasarruf seviyeleri arasında az da olsa farklılıklar bulunmasıdır.	
Doğrudan son tüketici faaliyetleri	0.0.3 MW		
New York Şehri Konut İdaresi ile Ortaklık	1.6 MW		
Kombine Isı ve Güç	0.8 MW		
Yakıt hücreleri	0.8 MW		
Toplam	**23.92 MW**		

Kaynak: Utility Dive, 2019

Belirlenen çözümlerin geleneksel altyapı yatırımı ihtiyacını en az yedi yıl ötelemesi beklenmekteydi. NYPSC, Aralık 2014'te 200 milyon ABD$ değerinde bir bütçeye ek olarak geleneksel çözümler için de 305 milyon ABD$ büyüklüğünde bir bütçeyi onaylamıştır. Temmuz 2017'de NYPSC, BQDM programını bitiş tarihi ve ek finansman olmaksızın ilk üç yıllık sürenin ötesine genişletmiştir. Consolidated Edison, 2017 itibariyle BQDM programında, son tüketici tarafı çözümleri için 54 milyon ABD$ ve hizmet çözümleri için 15,8 milyon ABD$ olarak toplamda sadece 69,9 milyon ABD$ kullanmıştır. İleride kullanılmak üzere 130,2 milyon ABD$ doları hâlen mevcuttur. Bu bütçeyle, son kullanıcı tarafında ilk hedeflenen 41 MW elektrik talebi azaltma çözümlerinin (2021 yılına kadar 44,5 MW'a çıkması öngörülüyor) ve 11 MW geleneksel olmayan hizmet çözümlerinin (2021 yılına kadar 18 MW olması tahmin ediliyor) ötesinde tedarik devam etmeyi planlamaktadır.

4.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği

4.3.1. SmartNet Projesi

SmartNet (http://smartnet-project.eu/), dağıtık enerji kaynaklarının yan hizmetler piyasasına katılabilmesi için beş farklı TEİAŞ-EDAŞ iş birliği modelini karşılaştırmayı amaçlayan Horizon 2020 programı tarafından finanse edilen bir projedir. TEİAŞ-EDAŞ iş birliği programlarını ve DEK'lerin yan hizmetler piyasasına entegrasyonunu değerlendirmek için Danimarka, İspanya ve İtalya'da üç pilot proje uygulanmaktadır. Önerilen TEİAŞ-EDAŞ modelleri aşağıdaki gibidir:

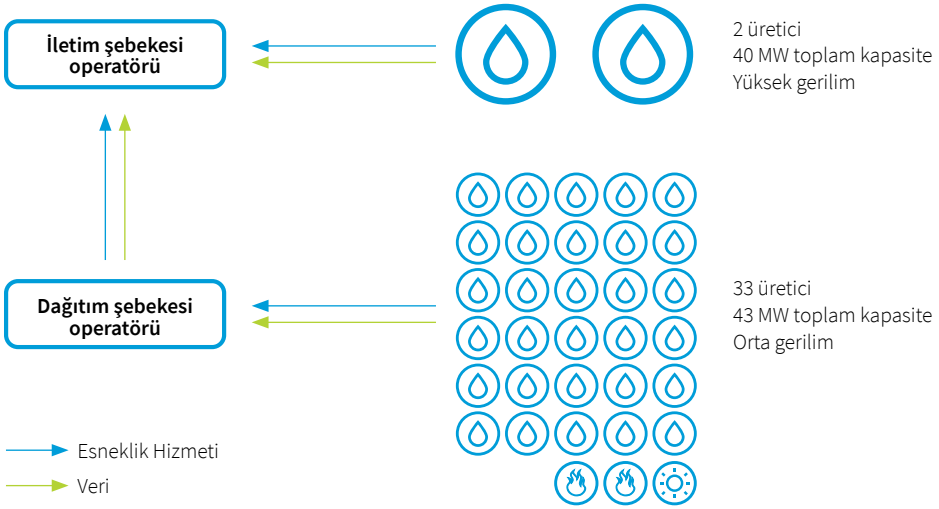
- **Merkezi yan hizmetler piyasa modeli:** TEİAŞ, DEK'lerle doğrudan sözleşme yapar. Dağıtım şebekesi kısıtları yönetilmez. Bu program TEİAŞ'ın ihtiyaçlarına öncelik vermektedir. EDAŞ'ların bu programdaki rolü, sistemin ön yeterliliğinin ve TEİAŞ için gerekli verilerin sağlanmasıdır.
- **Yerel yan hizmetler piyasa modeli:** EDAŞ yerel piyasayı yönetmektedir. TEİAŞ, EDAŞ tarafından kullanılmayan DEK'lerden yan hizmet tedarik edebilir. Bu program, EDAŞ'ların ihtiyaçlarına öncelik vermektedir.
- **Paylaşılan dengeleme sorumluluk modeli:** TEİAŞ iletim şebekesinin, EDAŞ ise dağıtım şebekesinin dengelenmesinden sorumludur. Dengeleme sorumluluğu önceden tanımlanmıştır. DEK'lerin yönetilmesi EDAŞ'ların sorumluluğundadır. TEİAŞ, bu modeldeki DEK'lerle bir yan hizmet anlaşması yapamaz.
- **Ortak TEİAŞ-EDAŞ yan hizmetler piyasa modeli:** TEİAŞ ve EDAŞ'lar, tüm sistem için tek bir piyasayı birlikte yönetir. Programın amacı toplam maliyetleri en aza indirmektir. Toplam maliyeti en aza indirmek amacıyla şebeke problemlerini tek bir optimizasyon modeli çözümler. Model esneklik ve sistem kısıtlarını değerlendirir.
- **Entegre esneklik piyasa modeli:** TEİAŞ, EDAŞ'lar ve ticari piyasa oyuncuları tekliflerini bağımsız bir piyasa operatörüne verir. Bu model mevzuat sorunlarına yol açabilir. (Ticari piyasa oyuncuları arasında yüksek gerilim ve dağıtık enerji kaynaklarına bağlı esneklik sahipleri (üreticiler/tüketiciler) bulunmaktadır.

Enerji verimliliği yatırımları hayata geçirilirken ilk olarak enerji verimliliği yarışmalarının nasıl düzenleneceğiyle ilgili süreç tasarlanmalıdır.

4.3.1.1. Pilot Projeler

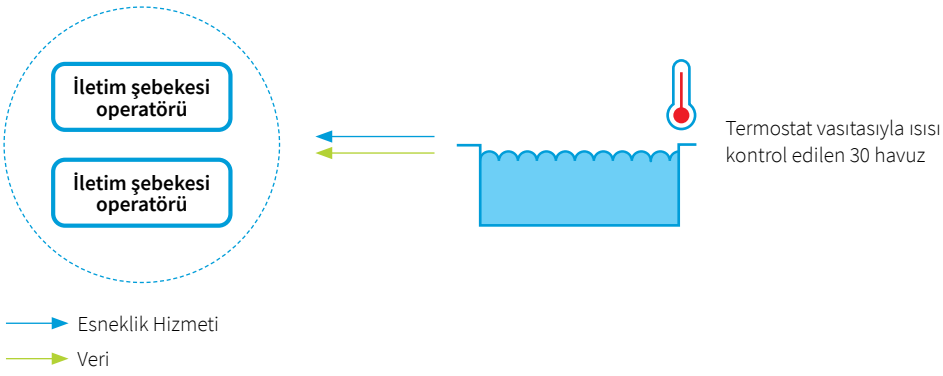
Üç pilot projeden ilki, dağıtık hidroelektrik santrallerinin izlendiği, TEİAŞ ve EDAŞ'ların bağlantı noktasında gerçek zamanlı bilgi alışverişinin yapıldığı İtalya'da gerçekleştirilmiştir. Sistem, yüksek ve orta gerilimli trafo merkezlerinde gerilim ve frekans dalgalanmalarını düzeltmek için kullanılmıştır. Bu pilot projede merkezi yan hizmetler piyasa modeli uygulanmıştır.

Şekil 11: *SmartNet Projesi – İtalya pilot çalışması*



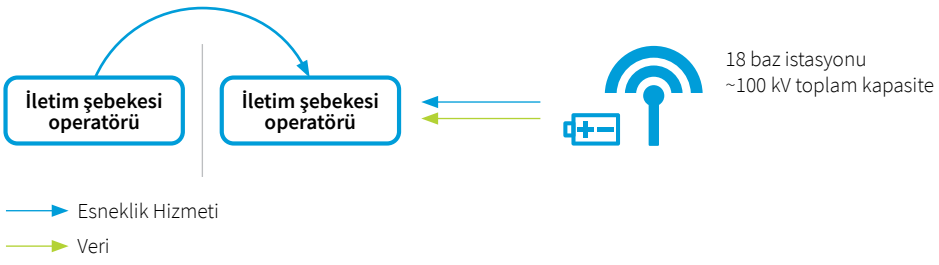
İkinci pilot proje Danimarka'da hayata geçirilmiştir. Projede termostat vasıtasıyla ısısı kontrol edilen kapalı yüzme havuzlarının talep tarafı katılımı potansiyelinin kullanılması hedeflenmiştir. Yüzme havuzları dengeleme, voltaj desteği ve kısıt yönetimi için yan hizmetler sağlamıştır. Bu pilot projede ortak TEİAŞ-EDAŞ yan hizmetler piyasa modeli uygulanmıştır.

Şekil 12: *SmartNet Projesi – Danimarka pilot uygulaması*



Üçüncü pilot proje ise bir telekomünikasyon şirketi iş birliğinde, şirketin batarya enerji depolama sistemlerinin baz istasyonlarında kullanılmasıyla hayata geçirilmiştir. Kısıt yönetimi ve şebekenin dengelenmesi için batarya sistemleri EDAŞ tarafından kontrol edilmiştir. Bu pilot projede paylaşılmış dengeleme sorumluluğu koordinasyon modeli uygulanmıştır.

Şekil 13: *SmartNet Projesi – İspanya pilot uygulaması*



4.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu

4.4.1. Almanya'da DEK'lerin piyasa entegrasyonu

Almanya, 2000'li yılların başında yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklemek için bir garantili satın alım tarifesi (FiT) belirlemiştir. 2018 yılına gelindiğinde, 46 GW'lık bir puant kapasite ve 1,6 milyondan fazla FV kurulumuna ulaşılması Almanya için gurur verici bir başarı olarak kabul edilmiştir. Bu kaynakların üretimi yıllık 46 teravat-saate (TWh) ulaşarak, toplam talebin % 8,7'sini karşılamıştır (Wirth, 2019). Almanya'da diğer baskın yenilenebilir enerji teknolojisi rüzgâr türbinleridir. 30.500 türbin 2018 yılında yaklaşık 60 GW kurulu güç kapasitesine ulaşmış ve 112 TWh üretim ile toplam talebin % 20,5'ini karşılamıştır (BvWe, 2019). Bu etkileyici kurulum oranlarının arkasında, değişken (rüzgâr ve güneş) ve yük al/yük at yapabilen (hidro ve biyokütle) gibi farklı teknolojiler için sağlanan destek programlarının 19 yıllık deneyimi bulunmaktadır. Azalan teknoloji maliyetleri ve uygulanan çeşitli piyasa entegrasyonu yaklaşımları başka piyasalar için örnek olabilir. Almanya deneyiminden alınacak dersler iki önemli alandadır: toptan satış elektrik piyasası ve iletim seviyesi, perakende piyasası ve dağıtım seviyesi.

4.4.1.1 Toptan satış elektrik piyasası ve iletim seviyesi

İletim seviyesi ve toptan satış elektrik piyasası için önemli konular öncelikli yük dağıtımı, tahminler ve toptan piyasa entegrasyonudur.

Öncelikli yük dağıtımı: Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) için öncelikli yük dağıtımı, Almanya Yenilenebilir Enerji Yasası'ndan (EEG) önce uygulanmaya başlanmıştır. 2000 yılında YEK'lerin öncelikli kullanımı EEG'nin bir parçası haline gelmiş ve 2009'da AB/2009/28 AB Yönetmeliği'nde de kabul edilmiştir. Yönetmelikte, sistem operatörleri hem iletim hem de dağıtımda önce YEK yük dağıtımı yapmaya zorunlu tutulmuştur. Şebeke kısıtları meydana geldiğinde, fosil üretim kaynaklarının değerlendirilmesinden önce tüm YEK'lerin devreye sokulması gerekmektedir. Yönetmelik uygulamaya koyulurken, şebekeye bağlantı için gerekli yapım sürelerindeki gecikmeler, hesaplanan zaman dilimi ve yatırım maliyetleri açısından önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu nedenle, şebeke operatörlerinin YEK'i şebekeye mümkün olan en kısa sürede bağlamaları kilit rol oynamıştır. O dönemde şebeke operatörlerinin gecikmeleri bildirmeleri ve gerekçelendirmelerinin zorunlu tutulmasıyla, sorun neredeyse ortadan kalkmıştır. Bu mevzuat, yatırım vakalarında daha fazla standardizasyonu, finansal riskin azalmasını ve daha fazla yatırımın ortaya çıkmasını sağlamıştır.

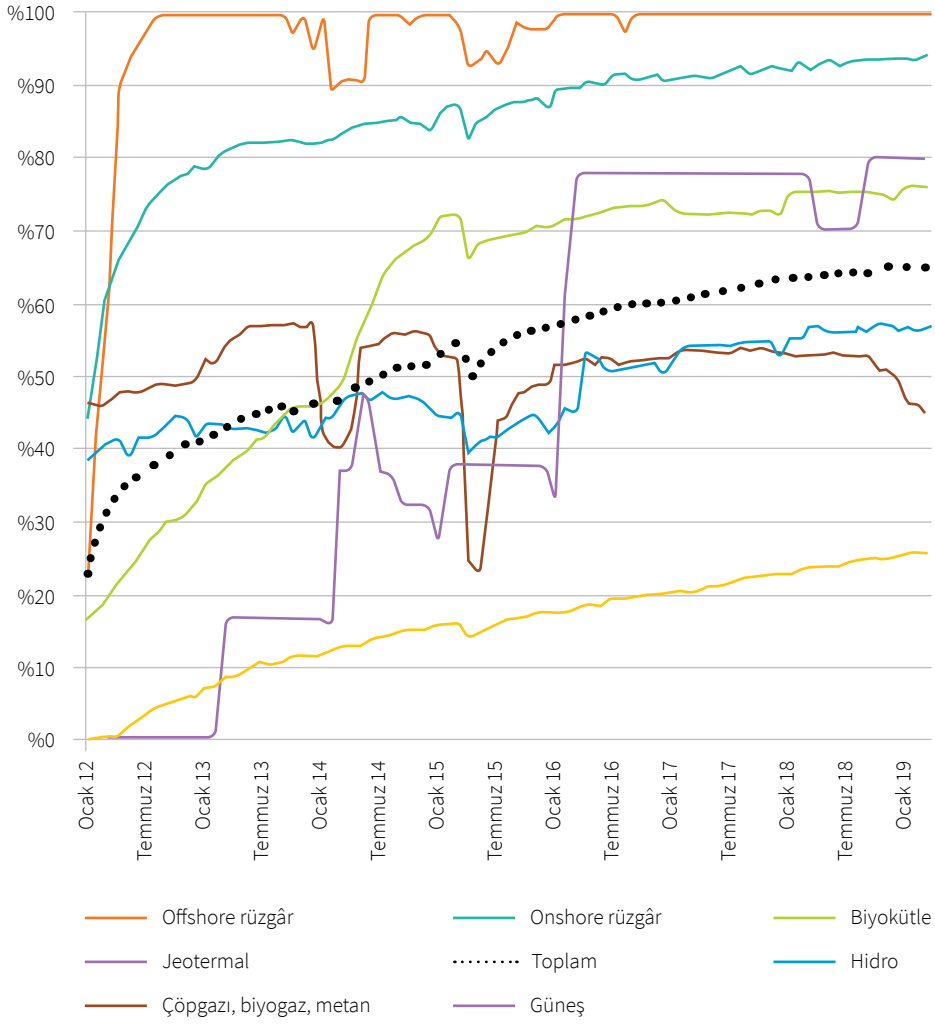
Tahminler: Garantili alım tarifesi ya da FiT'nin bir parçası olarak, iletim sistemi operatörü desteklenen YEK'ten gelen üretimi tahmin etmeli ve bu enerjiyi spot piyasada satmalıdır. Bu gelirler, YEK yatırım maliyetlerini karşılamak için tüm son tüketiciler tarafından ödenen YEK vergisini (kWh başına avro sent - EUR ct/kWh cinsinden) azaltır. İşletmecisinin elektrik santralini ve üretimini en iyi tanıdığı, dolayısıyla da üretimden sorumlu olduğu geleneksel model merkezi bir yaklaşıma doğru evrilmiştir. YEK'in piyasa entegrasyonuna ilişkin sorumluluğu FiT programı kapsamında iletim sistemi operatörüne verilmiştir. İletim sistemi operatörü, FiT üretimini tahmin ederek ve toptan satış piyasasına satarak kendi bölgelerindeki tüm yenilenebilir enerji kaynaklarını bünyesinde toplamıştır. Bu yaklaşımın birincil faydası, binlerce dağıtık enerji santralinin toplu şekilde değerlendirilmesinin sağladığı ölçek ekonomisi olmuştur. Yatırımcılar ve YEK işletmecileri için bu yaklaşım daha düşük riskler taşımakta ve dolayısıyla da daha düşük maliyetler getirmektedir. Bunun

nedeni FiT'in piyasa fiyatlarından bağımsız olarak 20 yıl süreyle satın alım garantisi sağlamasıdır.

Toptan satış piyasa entegrasyonu: 2012 yılında yenilenebilir enerji kapasitesini destekleme prim sistemi (FiP) uygulanmaya başlanmıştır. O zamandan beri, YEK işletmecileri veya üçüncü taraflar, yeni kurulan YEK'lerin piyasa entegrasyonundan sorumlu tutulmuştur. Yalnızca küçük ölçekli güneş enerjisi kurulumları (100 kilovat'ın (kW) altındakiler) bu düzenlemeden muaftır. İletim sistemi operatörü, küçük ölçekli güneş enerjisi kurulumlarının ve var olan daha eski YEK'lerin ürettiği elektriği spot piyasaya satmaya devam etmektedir.

Ayrıca, mevcut YEK kurulumlarının İletim sistemi operatörü sorumluluğundan üçüncü tarafların yönettiği piyasa entegrasyonuna geçmesi için yönetim primi denilen finansal bir teşvik sunulmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojisi için FiT primi, FiT eksi ilgili yenilenebilir teknoloji için aylık ortalama spot piyasa geliri şeklinde hesaplanır (Netztransparenz, 2020). FiT priminin gelişimi Şekil 14'te gösterilmektedir. Hemen hemen tüm rüzgâr kaynakları ve diğer büyük enerji santrallerinin çoğu artık bu yönetmelik kapsamında değerlendirilmektedir. İletim sistemi operatörleri yalnızca eski rüzgâr kurulu gücü ile yeni küçük güneş sistemi kurulumlarının piyasa entegrasyonundan sorumludur.

Şekil 14: *FiP uygulamasındaki dalgalanmaların anlık görüntüsü*



Kaynak: Fraunhofer ISI, 2019

Bu düzenleme, iki nedenle rekabetçi piyasalara doğru bir adım olarak görülmektedir. Birincisi, Türkiye'de de olduğu gibi, YEK işletmecileri iyi üretim tahminlerinde bulunduklarında ek kâr elde ederler. Bu tahmin ve toptan elektrik piyasa entegrasyonu için ek iş yükü, 2012'den 2014'e kadar ilave bir yönetim primi/ücreti ile karşılanmıştır. Bugün, bu maliyetler piyasa priminin kendisine entegre edilmiştir.

İkincisi, sistem ve ekonomi bakış açısıyla garantili satın alım tahminleri, üçüncü tarafların katılımıyla tek bir FiT tarafından uzun yıllar boyunca sağlanan teşvik ile karşılaştırıldığında iyileşmiştir. Münferit santral üretim kayıpları ve bakımlarının tahminlere dâhiliyeti daha stratejik hale gelmiştir. Ayrıca kısıtlar nedeniyle elektrik piyasasında eksi fiyatlara neden olan esnek olmayan fosil yakıtlı santrallerin elektrik üretimi kârları yönetebilmek amacıyla azaltılabilmektedir.

Bunlarla birlikte politika yapıcıları tarafından üretim tahmini ve toptan piyasa entegrasyonunun, otomasyon potansiyeli yüksek olan, standartları belirli bir iş modeli olduğunun göz önünde bulundurulması önerilmektedir. Geçtiğimiz yıllarda, iş modellerinde ve şirket birleşmelerindeki değişiklikler önemli portföylere sahip sınırlı sayıda piyasa oyuncusuna yer açmıştır (Frauhofer, 2019). Zaman içerisinde piyasa katılımcılarının daha fazla konsolidasyonunun ortaya çıkması beklenmektedir. Şu anda hâlen makul sayıda (küçük) piyasa katılımcısı da bulunmaktadır. Piyasada henüz tekelleşme olmamıştır ancak piyasanın yakından izlenmesi gerekmektedir.

4.4.1.2 Perakende piyasası ve dağıtım seviyesi

Perakende piyasası ve dağıtım seviyesi, dağıtım seviyesinde YEK entegrasyonu ile ilgili konular olan dengeleme teknik yükümlülüğünü, telafi etme kurallarını ve 50.2 Hz problemini içermektedir.

50,2 Hz problemi: 50,2 Hz problemi, YEK'lerin belirli bir sistem frekansında bağlantısının tesadüfen kesilmesini ifade eder. 2005 yılındaki şebeke işleyiş kurallarına göre; sistem frekansı 50.2 Hz'e yükseldiğinde düşük gerilim şebekesine bağlı yenilenebilir enerji kaynaklarının bağlantılarının kesilmesi gerekiyordu. Daha birkaç yıl geçmeden, çok sayıda FV'in şebekeye bağlanmasıyla bu düzenlemenin riskleri ortaya çıktı. Birçok küçük enerji santrali bir araya geldiğinde önemli miktarda üretim kapasitesi sağlar. Bu üretim kaynakları sistemden bir anda çıktığında, kayıpları dengelemek için başka merkezi elektrik üretim kaynaklarına ihtiyaç duyulur. Yüksek oranda yenilenebilir enerji kaynağını barındıran dağıtım sistemleri için gerekli dengeleme kaynaklarının maliyetine ek olarak önemli bir operasyonel risk de bulunmaktadır (Döring, 2013). Sonuç olarak, 2012 tarihli yeni mevzuat, düşük gerilim seviyesinde yeni YEK kurulumlarının bağlantılarının kesilmesini gerektirecek şekilde ayarlanmış bir frekans aralığı şartı koşmuştur. Bununla beraber yaklaşık 300.000 mevcut FV kurulumunun (10 kW ve daha büyük kapasiteye sahip), bağlantı kesilme işlemi için yeni frekans gereksinimlerine uyacak şekilde ayarlanması gereği doğmuştur. Üreticiler ilgili maliyetlerden muaf tutulmuşlardır. Maliyetler, şebeke ücretleri aracılığıyla dağıtım sistemi operatörü ve YEK ek ücreti aracılığıyla tüm son tüketiciler arasında paylaştırılmıştır.

Dengeleme ve kesinti teknik yükümlülüğü: YEK kurulumları, üretim seviyesinin kontrol edilebildiği ve gerektiği durumlarda kesilebilmesini sağlayan teknik ekipmana sahip olmak zorundadır. 2015 yılından bu yana, 100 kW'tan daha yüksek puant kapasiteye sahip tüm YEK'lerde, şebeke işletmecisinin (veya entegrasyondan sorumlu bir üçüncü tarafın) üretimi ve beslemeyi uzaktan kontrol etmesini sağlayacak ekipman

kurulu olmalıdır. 30 kW'ın üzerindeki üretim kapasitesi için aynı ekipman gereklidir ya da üretici sisteme verdiği elektrik üretimini, FV kurulumunun puant kapasitesinin %70'ine kadar düşürebilmelidir. EDAŞ'ın tek bir yenilenebilir enerji kaynağının yıllık enerji üretiminin %3'ünü kesmesine izin verilmektedir. Bu düzenlemenin başlıca sebebi, kesinti çok sınırlı düzeyde enerji kayıplarına yol açarken, bu beslemeden doğan puant yükleri karşılamak için gereken şebeke yatırımları açısından yüksek tasarruflar sağlamasıdır.

Telafi etme kuralları: Bir FiT destek programına tabi tüm YEK'ler, sistem kaynaklı kesintilerde tamamen tazminat altındadır. Tam tersi durumda, elektrik piyasası kaynaklı yenilenebilir enerji arzındaki dağıtımı veya kesintisi telafi edilmez. Telafi bedelleri, yatırımcıların şebeke kısıtlarından kaynaklanan risklerini ve maliyetlerini sınırlamak amacıyla getirilmiştir. Bu düzenleme için herhangi bir maliyet-fayda analizi bulunmamaktadır. Ancak, uzun süreli yapısal şebeke kısıtları önlenebildiğinde, genel sistem ve yatırım maliyetlerinin daha düşük olduğuna dair bazı kanıtlar bulunmaktadır.

4.5. Dağıtık Üretim Modelleri

4.5.1. Kooperatif Mahsuplaşması

ABD'deki tüm evlerin ve işletmelerin yaklaşık yarısı güneş enerjisi için elverişli konumlarda bulunmamaktadır. Ortak projeler genellikle daha ucuz olabileceği gibi çok daha fazla son tüketiciyi (FV türeticisi) de bünyesine alabilir. Şebeke ölçeğinde büyük güneş enerjisi projelerine yatırım yapmayı beklemek veya bireysel çatı üstü güneş projeleri yerine, kooperatif güneş enerjisi projeleri vatandaşların ucuz ve daha verimli bir şekilde gerçekleştirilebilen büyük bir "kooperatif" FV projesinden pay almalarına veya üretilen elektriğin bir kısmına abone olmalarına olanak tanımaktadır.

Bu projelerin finanse edilmesine izin veren mekanizmaya sanal mahsuplaşma (VNM) denir. VNM, öz tüketim sonrası fazla enerjinin, ev sahibinin faturasını mahsup eden net ölçüm kredileri karşılığında şebekeye gönderildiği mahsuplaşma politika mekanizmasından farklıdır.

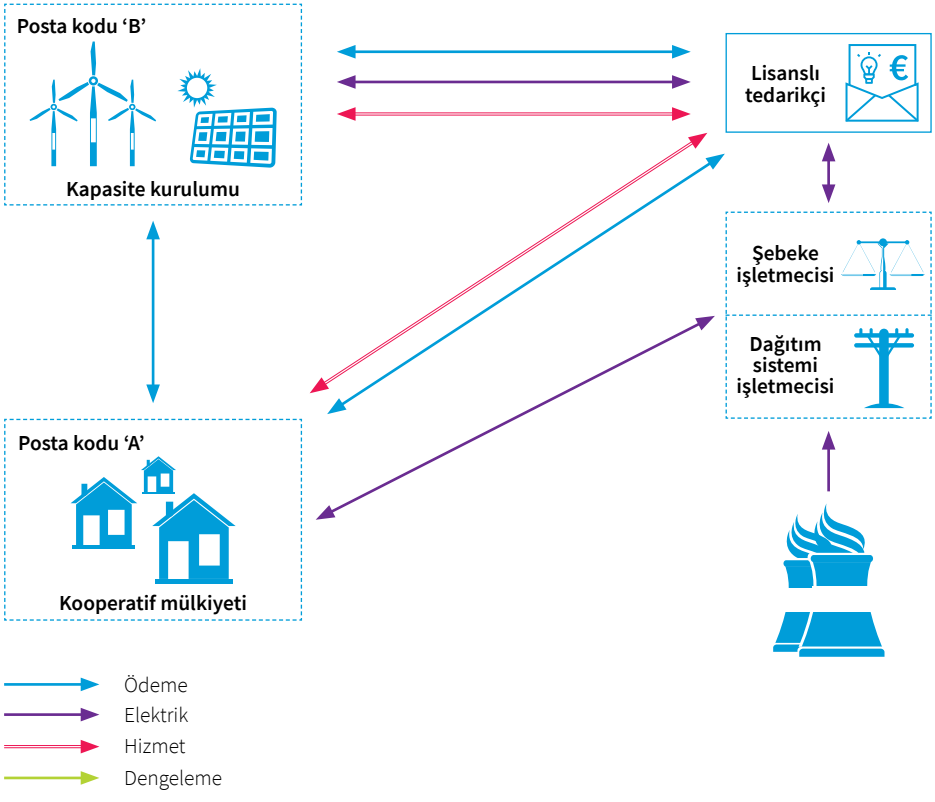
VNM uygulaması, son kullanıcıların mülklerinde yerinde/sayaç arkası FV kurulumu yapmaksızın mahsuplaşma ekonomisinden yararlanmalarını sağlamaktadır. VNM'de, güneş panelleri abonelerin sayaçlarına bağlı değildir ve tüketiciye doğrudan enerji sağlamaz. Bunun yerine, üretilen tüm elektrik krediler karşılığında doğrudan şebekeye gönderilir. VNM, paylaşılan bir güneş enerjisi sistemi üyeleri/aboneleri (genellikle güneş enerjisi kooperatifi olarak bilinir) arasında enerji kredilerinin dağıtıldığı bir sistemdir. Bir başka deyişle, tüketicilerin kendi güneş enerjisi sistemlerini kurmak zorunda kalmadan güneş enerjisinin bazı avantajlarından faydalanmalarının bir yoludur. VNM uygulaması bir kooperatif enerji topluluğunun yerleşim yerinde veya yerleşim yeri dışında kurulu olan güneş enerjisi sistemini paylaştığı bir uygulamadır. Paylaşılan bu sistem, bazen çok aileli bir apartman bloğunun ortak bir alanında bulunan bir güneş paneli sistemi, bazen de yüzlerce abonesi olan büyük özel bir güneş enerjisi kapasite kurulumu olabilir. Aboneler, güneş enerjisi kooperatifindeki payları oranında üretilen enerji miktarına göre fatura kredisi alırlar. Bu tür projeler için farklı abonelik modelleri kullanılmaktadır. Abone, elektrik faturasından kredi almaya hak kazanabilmek için panellerin bir kısmını kiralayabilmekte veya panellere doğrudan sahip olabilmektedir.

Bugün 16 ABD eyaleti sanal mahsuplaşmaya izin verirken, birçok eyalette farklı kooperatif güneş enerjisi uygulamalarına gerçekleştirilmektedir. 2018 yılının sonuna kadar ABD'de 1.387 MW'lık kooperatif güneş enerjisi projeleri hayata geçirildi ve önümüzdeki birkaç yıl içinde 3 GW'lık kooperatif güneş enerjisi kapasitesinin kurulması beklenmektedir. ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL), kooperatif güneş enerjisi projelerinin ülke genelinde benimsenmesi durumunda 2015-2020 yılları arasında ABD'de 5,5 ila 11 GW'lık toplam FV büyümesinin gerçekleşebileceği, 8,2 ila 16,3 milyar ABD$'ı değerinde kümülatif yatırımın ortaya çıkabileceği ve kooperatif güneş enerjisi modellerinin ABD'deki genel dağıtık güneş enerjisi piyasasının yarısına yakınını karşılayabileceği tahmininde bulunmuştur.

4.5.2. Kooperatif sahipliği

VNM'ye benzer şekilde Hollanda merkezli bir model, son tüketicilerin doğrudan tüketim yaptıkları alanda bulunmayan projelere de yatırım yapmalarına olanak tanır. Postcoderoos (postcode rose) modelinde, tüketiciler tüketimlerini gerçekleştirdikleri alana veya başka (komşu posta kodlarına sahip) bir güneş FV sistemine yatırım yapabilirler. Yatırım, son tüketicinin tüketimini güneş enerjisi üretimindeki payıyla eşleştiren bir enerji tedarikçisi ile kurulumların bir bölümünü satın alan tüketicileri içerir. Vergi indirimleri daha sonra son tüketicinin enerji tüketiminin postcoderoos şemasında üretilen kısmı için kullanılabilir. Vergi indirimleri, 0,11 EUR/kWh ve ilgili katma değer vergisi seviyesindedir (0,133 EUR/kWh). Vergi indirimlerinden 15 yıl boyunca ve yılda maksimum 10.000 kWh'a kadar yararlanılabilir. Postcoderoos modeli, kooperatif yapıya sahip bir sisteme abone olan son tüketiciler için yalnızca vergi indirimine izin vermesi nedeniyle sınırlı seçenekler sunar (Hall et al., 2020).

Şekil 15: *Postcoderoos Uygulaması İşleyişi*



4.5.3. P2P enerji ticareti

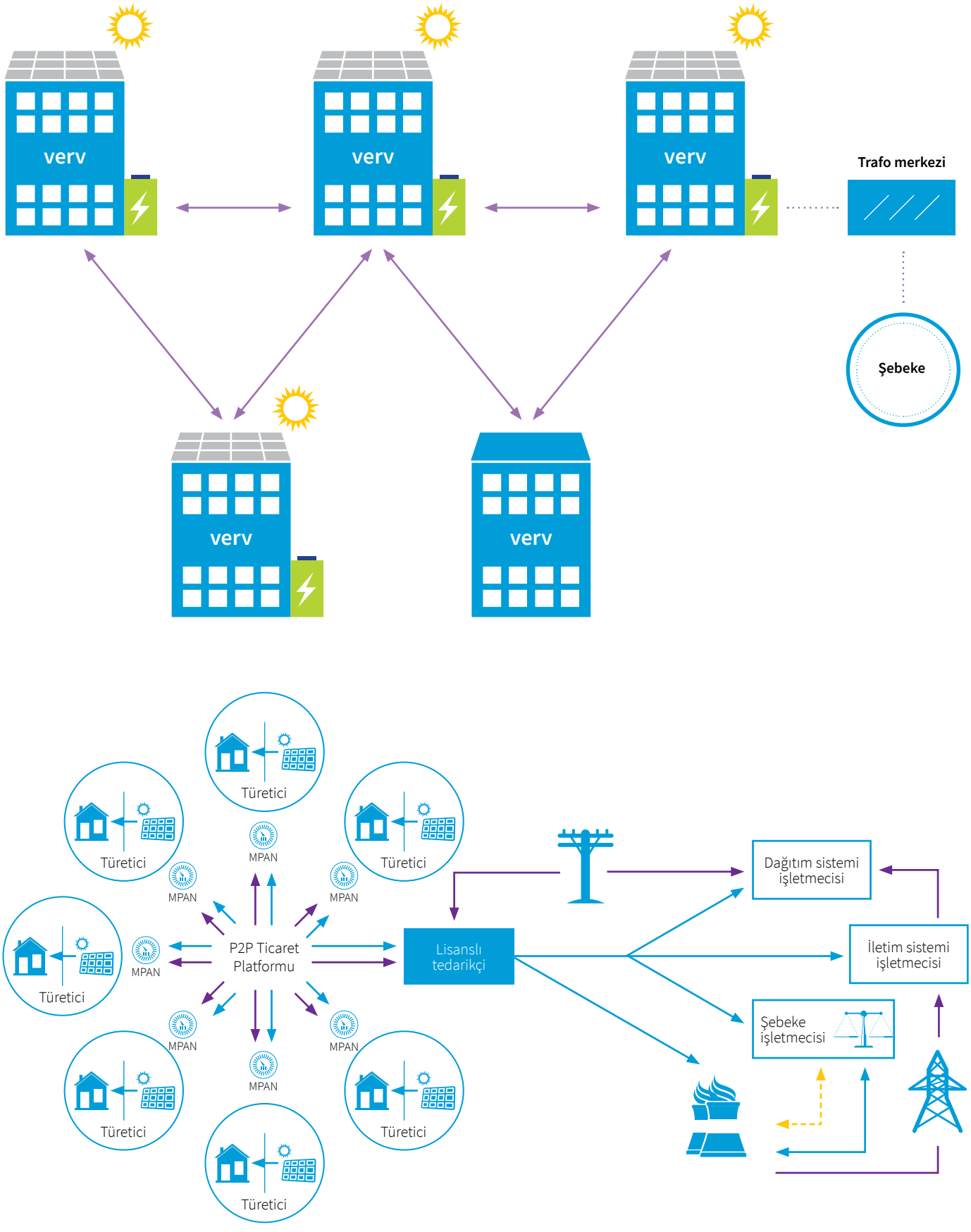
P2P enerji ticareti, bireysel bir tüketici olmanın ve DEK sistemi işleyişinin ötesine geçen öz tüketim esaslı başka bir iş modelidir. P2P modellerinde, son tüketiciler tarafından üretilen enerji "sayaç arkası" olarak tabir edilen özel bir şebekede satılmaktadır. Bu sistemlerde Ölçüm Noktası Yönetim Numarası (MPAN) olarak adlandırılan sayaç, özel şebeke alanının çevresine taşınır (Hall et al., 2020). MPAN'ın arkasındaki tüketiciler, özel şebeke alanındaki enerji işlemlerini izlemek ve faturalamaktan sorumlu bir sanal enerji şirketi (VEC) oluşturabilirler. P2P enerji ticareti farklı şekillerde kurulabilir ve mikro şebekenin daha büyük şebekelere hizmet sağlamasına da olanak sağlayabilir (Hall et al., 2020).

Hackney projesi kapsamında, Londra'daki perakende tedarikçisi Community Benefit Society Repowering London, British Gas ve bir teknoloji sağlayıcısı olan Verv, çok amaçlı bir tesis içindeki on üç blokluk daire kompleksinde güneş panelleri tarafından üretilen elektriğin kullanımıyla P2P alışverişin sağlanabileceği bir platform oluşturmak adına ortaklık kurmuştur. P2P enerji ticareti uygulamasından önce, tesis için üretilen elektrik yalnızca ortak alanlar ve hizmetler için kullanılırken, üretim fazlası garantili satın alım tarife fiyatından faydalanıyordu. Garantili satın alım tarifesi mevcut durumda he yaklaşık 5 peni (p)/kWh olarak uygulanmaktadır. Bu rakam tüketicilerin perakende tedarikçisinden sağlayabileceği elektrik için ödediği ortalama 14,3 p/kWh perakende tarifesi dikkate alınarak belirlenmiştir.

Eşler arası ticaret platformu, klasik öz tüketim modellerinin aksine farklı bir iş modeli olarak karşımıza çıkmaktadır. Verv, mesken son tüketim alanından katılımcılarının apartman dairelerine yapay zekâ tabanlı akıllı sayaçlar kurmuştur. Bu sayaçlar vasıtasıyla, her meskende enerji talep profili kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Ortak kullanım alanlarına ise powervault bataryalar kurulmuştur. Bu teknolojik platformun sağladığı avantajlarla, güneş enerjisi arzının fazla olduğu zamanlarda elektriğin depolanması sağlanarak, konutlardaki elektrik talebi ihtiyacına göre daha sonra kullanılmasına olanak sağlanmıştır. Öz tüketimi yapılan elektriğin fiyatı 11p/kWh'tir. Bu fiyat, perakende tarife fiyatından daha düşüktür ve öz tüketim sonrası şebekeye satılacak elektrik için türeticilerin alacağı garantili satın alım tarifesinin iki katından daha fazladır. Verv, yerinde üretim için serbest bir tedarikçi işlevi üstlenirken, British Gas, "öz tüketim" ile piyasadan satın alınan enerji arasında ayrıştırılmış bir fatura sağlayabilmektedir (Verv, 2010).

Hackney Projesi, enerjinin İngiltere'de ilk kez bir blokzincir platformu üzerinden alınıp satılmasına olanak sağlayan öncü bir örnek olma özelliği taşımaktadır. Proje, blokzincir araştırmalarının daha fazla yapılabilmesi ve geliştirilmesi hedeflenen enerji talebi projeleri için bir üniversite finansmanı kapsamındaki devlet hibesi ile başlatılmıştır.

Şekil 16: *Hackney Projesi P2P enerji ticareti modeli işleyiş şeması*



5. Türkiye'de Sistem Verimliliğinin Boşluk Analizi

Türkiye'de mevcut durumda düzenlemeye tabi tarifelerde, akıllı tarife uygulamasının sağladığı faydalar farklı nedenlerle kısıtlı kalmaktadır. Tüketicilere tek zamanlı tarifenin yanında, elektrik tüketiminin zamanına göre fiyatlandırıldığı üç zamanlı tarife sunulmakta, fakat bu tarifeye olan ilgi canlı tutulamamaktadır. Aynı zamanda, özellikle mesken tüketicilerinin büyük bir bölümünün düzenlemeye tabi tarifelerde kaldığı ve serbest tüketici haklarını kullanmadıkları gözlemlenmektedir. Bu durum, düzenlemeye tabi tarifelerde uygulanan fiyatlama yaklaşımının yanı sıra, gerçek zamanlı veya periyodik elektrik tüketim ölçümlerinin akıllı sayaçlarla uzaktan okunmasının sadece büyük tüketicilerle kısıtlı olmasından, dolayısıyla tüketicileri serbest tüketici haklarını kullanmaya teşvik edememesinden kaynaklanmaktadır.

Mevcut durumda dağıtık enerji kaynaklarının yaygın olmaması ve sistem esneklik yönetiminin iletim seviyesinde ele alınması nedeniyle dağıtım şebekesi seviyesinde esneklik uygulamaları bulunmamaktadır. Enerji dönüşümü sürecinde dağıtık enerjinin ve elektrifikasyonun artışıyla birlikte dağıtım şebekelerindeki kaynakların sisteme sağlayabilecekleri hizmetlerin değeri artacak, şebeke işletmecileri için bu kaynakların yönetimi elzem hâle gelecektir. Bu kaynakların yönetimi için TEİAŞ-EDAŞ iş birliği, EDAŞ'lar için yeni iş modelleri, dağıtık üretim modelleri gibi enerji verimliliği çözümlerinin geliştirilmesine ihtiyaç doğacaktır. Dağıtık üreticiler ve tüketiciler ise bu dönüşüm içinde değişen süreçlere adapte olacaktır.

Enerji dönüşümü perspektifinden bakıldığında sistem verimliliği kapsamındaki enerji verimliliği çözümlerinin daha çok geleceğe dönük uygulamalar olduğu değerlendirilebilir. Fakat dağıtık enerji kaynaklarının esneklik potansiyelinden faydalanılacak şebeke işletimine geçilmesindeki uzun süreç değerlendirildiğinde şimdiden gerekli adımların atılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Tablo 2'de sistem verimliliğine ilişkin boşluk analizi sonuçları özetlenmiştir.

Tablo 2: *Boşluk analizi*

	Alt başlıklar	Boşluğun tanımı
Mevzuat	*Akıllı Tarifeler*	Mevcut durumda bulunan perakende satış tarifeleri, çok zamanlı tarife yapılarının kullanımını tam olarak desteklememekte, tüketicileri bu tarifelere geçişe teşvik etmemektedir.
	Serbest Tüketici Hakkının Kullanılması	Serbest tüketici niteliğine haiz olan tüketiciler, tedarikçi ve tarife seçme haklarını kullanmamaktadır.
	Serbest Tüketiciler	Tüm tüketiciler serbest tüketici niteliğine haiz değildir. Ayrıca son kaynak tedarik tarifesine geçiş limiti, tüketicileri serbest piyasa tarifelerine yönlendirme açısından, yüksek kalmaktadır.
	Dağıtık Enerji Kaynakları	Mevcut durumda dağıtık enerji kaynaklarının esneklik potansiyelinden faydalanılabilecek mevzuat alt yapısı ve uygulamalar tanımlanmamıştır.
	Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Görev ve Sorumlulukları	Elektrik dağıtım şirketlerinin, dağıtık enerji kaynaklarının esneklik potansiyelini kullanmak veya kullandırmak gibi bir görevi veya sorumluluğu bulunmamaktadır.
	Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Yenilikçiliğe Yönlendirilmesi	Elektrik dağıtım şirketlerinin gelir modelinde, yenilikçi piyasa yapılarının geliştirilmesi ve yenilikçi teknolojilerin kullanılması için yeterli teşvik sağlanmamaktadır.
	Dağıtık Üretimin Piyasa Arzı	Dağıtık (lisanssız) üretim ile üretilen elektrik, görevli tedarik şirketleri aracılığıyla piyasalara arz edilmektedir. Dağıtık üretici kendi ürettiği elektriğin ticaretini yapamamaktadır.
	Mikro Şebekeler	Mikro şebekelerde yapılacak elektrik üretimi ve tüketiminin ticarete konu olabilecek, P2P ticaret gibi, dağıtık üreticiyi güçlendirecek ticaret mekanizmaları tanımlı değildir.
	Sanal Mahsuplaşma	Dağıtık enerji kaynaklarında, üretim tesisi ile tüketim tesisinin aynı yerde bulunması gerekliliği nedeniyle sanal mahsuplaşma yapılması mümkün değildir.
Metodoloji ve araçların geliştirilmesi	*Tarife ve Tedarikçi Değişiklikleri*	Serbest tüketicilerin tarife ve/veya tedarikçi değişim işlemlerinde internet ve telefon kanallarının kullanımı kısıtlıdır.
	Ön Yeterlilik Şartları	Dağıtık enerji kaynaklarının esneklik hizmetleri (voltaj mevzuatı, frekans kontrolü vb.) sunabilmesi için ön yeterlilik şartları tanımlı değildir. Dolayısıyla bu şartların değerlendirilebilmesi için gerekli teknik testler de tanımlanmamıştır.
	Yenilenebilir Enerji Kooperatifleri	Yenilenebilir enerji kooperatifleri, yaygın şekilde kullanılmamakta ve bu sebeple yenilenebilir enerji yatırımlarının genele yaygınlaşması kısıtlı kalmaktadır.
	Ortak Platform	TEİAŞ-EDAŞ iş birliği modeli için kullanılmak üzere kurulmuş herhangi bir ortak platform (arayüz) bulunmamaktadır.
Ölçme, raporlama ve doğrulama sistemleri	*Esneklik Hizmeti Değerlendirmesi*	Dağıtık enerji kaynaklarından sağlanacak esneklik hizmetlerini değerlendirme yöntemleri mevcut değildir.
	Akıllı Sayaçlar	Akıllı sayaçların olmaması nedeniyle birçok tüketicinin tüketim miktarı uzaktan gerçek zamanlı veya periyodik olarak ölçülememektedir. Dolayısıyla çok zamanlı tarifelerin uygulanması sınırlı kalmaktadır.
Kurumsal değişiklikler	*Elektrik İletim ve Dağıtım Şirketlerinin İlişkisi*	Şebeke yönetimi halihazırda iletim sistemi işletmecisi tarafından, büyük ölçüde iletim sistemindeki merkezi enerji kaynaklarının kullanılmasıyla yapılmaktadır. Elektrik sektöründeki enerji dönüşümüyle birlikte dağıtık enerji kaynaklarının payları artmakta, daha fazla elektrifikasyon ile birlikte dağıtım seviyesindeki elektrik tüketiminin yönetilmesi önem arz etmektedir. Şebeke yönetiminin merkezi bir rol ve sorumluluk olmaktan çıkarılıp iletim ve dağıtım şebeke işletmecilerinin birlikte çalışacakları kural, kültür ve yapısının oluşturulmasına ve dağıtım sistemiyle daha entegre bir elektrik şebekesine ihtiyaç duyulmaktadır.
	Elektrik Dağıtım Şirketleri	Elektrik dağıtım şirketleri, sorumlu oldukları şebekelerdeki dağıtık enerji kaynaklarını yönetmekle görevli olmadıkları için bu kaynakların potansiyellerinden faydalanılması için bir görev üstlenmemektedirler.
Piyasa tasarımı	*Dağıtık Enerji Kaynaklarının Piyasalara Entegrasyonu*	Dağıtık enerji kaynaklarının doğrudan veya toplayıcılar aracılığıyla piyasalara katılması mümkün değildir.
	Dağıtık Enerji Kaynaklarına Uygun Yenilikçi Piyasalar	Şarj noktaları aracılığıyla elektrikli araçların, akıllı termostatlarla ısıtma ve soğutma sistemlerinin, akıllı ev teknolojileri ile çeşitli ev aletlerinin yani bütünüyle elektrifikasyonun esneklik potansiyelinin kullanılabileceği; bu potansiyelin teklif olarak sunulabileceği, kabul edilen teklifler karşısında esneklik potansiyeli sunan tarafların ödüllendirileceği bir piyasa yapısı bulunmamaktadır. Piyasa mevcut olmadığı için dağıtık enerji kaynaklarını güçlendirecek esneklik hizmetiyle ilgili gelir modeli de yoktur.

6. Türkiye'de Sistem Verimliliği Çözümlerinin Etkileri

Sistem verimliliği kapsamındaki enerji verimliliği çözümlerinin hayata geçirilmesiyle birlikte elektrik sisteminin verimliliğinin artırılması beklenmektedir. Bütün sistemin daha iyi ve toptan yönetilmesiyle birlikte tüketicilere sunulan hizmetler de iyileştirilebilecektir.

- Akıllı tarifeler ile puant yükün kaydırılarak elektrik üretiminin daha verimli kaynaklardan üretilmesi, elektrik şebekesindeki aşırı yüklenme problemlerinin önüne geçilmesi ve yenilenebilir enerji kaynakları kesintilerinin önlenmesi gibi faydalar sağlanabilmektedir.
- EDAŞ'lar için yeni iş modellerinin geliştirilmesi, yenilikçi uygulamaların teşvik edilmesi, TEİAŞ ve EDAŞ'ların iş birliğiyle birlikte elektrik şebekesinin yönetilmesi, dağıtık enerji kaynaklarının piyasa ve şebekeye entegre edilmesi sonucunda ise elektrik sistemi bir bütün olarak yönetilerek tüketicilere ve diğer şebeke paydaşlarına daha ekonomik çözümler sunulması, şebeke güvenilirliğinin artırılması, tüketicilerin aldığı elektrik hizmetinin geliştirilmesi mümkün olacaktır. Şebekedeki esneklik potansiyelinin artmasıyla birlikte kısa ve uzun vadeli şebeke planlamasına katkı sağlanacaktır. Şebekenin esnek bir şekilde yönetilmesiyle birlikte üretim ve şebeke yatırımlarının ertelenmesi sağlanabilecektir.
- Dağıtık üretim modellerinin geliştirilerek dağıtık üretime olan yatırımların artması, bu kaynakların daha etkin olarak kullanılması mümkün olacaktır.

Yukarıda dile getirilen faydalar uzun vadede kritik öneme sahip olmakla birlikte, bu etkilerin sayısallaştırılmasındaki zorluklar sebebiyle, bu çalışma kapsamında dağıtık üretimin artışından dolayı elektrik santrallerinin iç tüketimlerinin ve elektrik şebekesindeki kayıp miktarlarının azalması etkisi modellenmiş ve sayısallaştırılmıştır.

Tablo 3: *Enerji Verimliliği Çözümünün sektörlere etkisi*

	Sanayi	Konutlar	Ticari Binalar	Kamu Binaları	Dağıtık Üretim
Sistem Verimliliği					●

Not: Dairenin doluluğu etkinin yoğunluğunu temsil etmektedir.

SHURA senaryosunda sistem verimliliği başlığı altındaki Enerji Verimliliği Çözümlerinin hayata geçirilmesinin enerji sektörüne maliyet etkileri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

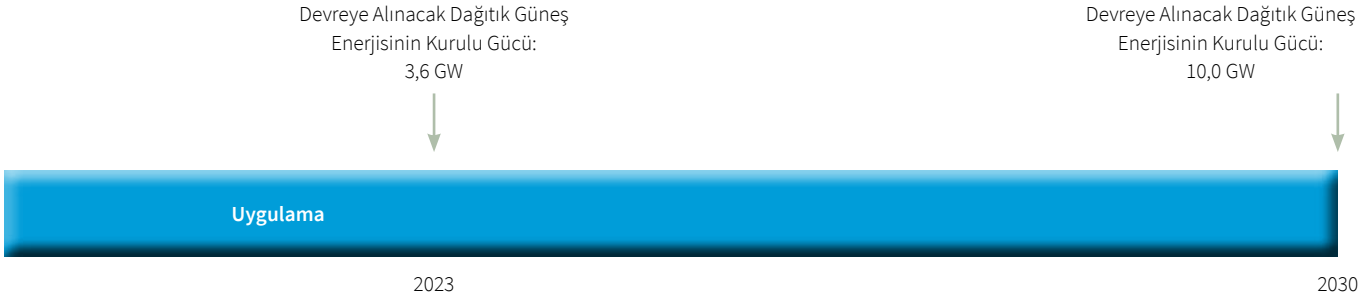
Tablo 4: *Enerji Verimliliği Çözümlerinin enerji sektörüne maliyet etkileri*

		Sistem Verimliliği Çözümleri Toplam	
		2023	2030
Toplam Yatırım Hacmi	Milyar ABD$	4,4	12,0
Toplam Maliyet	Milyon ABD$/yıl	361,3	734,2
Politika Maliyeti	Milyon ABD$/yıl	1,2	2,4
Sistem Maliyeti	Milyon ABD$/yıl	360,1	731,8
Elektrik Tasarruf Miktarı	TWh/yıl	0,8	1,9
Elektrifikasyon Miktarı	TWh/yıl	0,0	0,0
Elektrik Tüketimindeki Azalmanın Değeri	Milyon ABD$/yıl	504	1.220
Birincil Enerji Tasarrufu	ktep/yıl	136,5	596,4
Önlenen CO_2 Salımı	Mt/yıl	0,6	2,4

7. Sistem Verimliliğinin Türkiye'deki Ticarileşme Potansiyeli

Sistem verimliliği başlığı altındaki enerji verimliliği çözümlerinin ticarileşmesi sonucunda SHURA senaryosunda, 2023 yılına kadar 3,6 GW, 2030 yılına kadar 10 GW dağıtık güneş enerjisi tesisi kurulacağı öngörülmüştür. Buna ek olarak SHURA senaryosunda, 2030 yılına kadar toplamda 25 MW kapasiteli dağıtık rüzgâr enerjisi tesisi devreye alınacaktır.

Şekil 17: *Sistem verimliliği çözümlerinin ticarileşme potansiyelinin süreci*



7.1. Akıllı Tarifeler

Akıllı tarifeler, tüketicilere piyasa fiyatlarını yansıtarak tüketicilerin esnek yükünü elektrik fiyatının yüksek olduğu saatlerden düşük olduğu saatlere kaydırmasını sağlamaktadır. Tüketicilerin yük kaydırmasıyla birlikte elektrik üretimi yüksek verimli kaynaklardan sağlanabilmekte ve sistemin toptan verimliliği artırılabilmektedir. Akıllı tarifelerin uygulanabilmesi için gerçek zamanlı veya kısa süreli aralıklarla tüketim bilgisinin uzaktan okunmasını sağlayan akıllı sayaç sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple akıllı sayaç kullanımının artırılması çok zamanlı tarifelerin ticarileşmesine ve yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır.

Serbest tüketici olup tedarikçisini seçmeyen düşük tüketimli tüketicilere uygulanan tarifeler, akıllı tarifelere geçişi teşvik edecek şekilde yapılandırılmalı; bunun için ise mevcut tarife fiyatı belirleme metodolojisinin gözden geçirilmesi önerilmektedir. Bu sayede serbest tüketicilerin tedarikçilerini seçerek akıllı tarifelere geçmesi, elektrik maliyetlerini düşürebilmesi mümkün kılınabilir. Serbest tüketicilerin kendi tedarikçilerini seçmesiyle birlikte tedarik şirketlerinin piyasa fiyatlarını tüketicilere yansıttığı tarifelerin ortaya çıkması beklenecektir. Piyasa fiyatlarının tüketicilere yansımasıyla birlikte, tüketicilerin esnek yükünün elektrik fiyatının yüksek olduğu saatlerden düşük olduğu saatlere kayması sağlanacaktır. Bu sayede dolaylı yoldan elektrik sisteminin verimliliğinin artırılması sağlanabilecektir.

7.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri

Elektrik dağıtım şirketlerinin sorumlu olduğu şebekelerdeki dağıtık enerji kaynaklarının esneklik potansiyelinin kullanılmasıyla bütün elektrik sistemine çeşitli faydalar sağlanabilmektedir. Bu potansiyelden faydalanılabilmesi için dağıtık enerji kaynaklarının yaygınlaşması ve bu kaynakların esnekliğinden faydalanılabilmesi için çeşitli süreçlerin ve piyasanın geliştirilmesi önerilmektedir. Elektrik dağıtım şirketleri için önerilen bu yeni iş modelinde bütün elektrik sistemine fayda sağlanarak hem elektrik dağıtım şirketine hem de dağıtık enerji kaynağına gelir yaratılabilmektedir.

Bu enerji verimliliği çözümünün hayata geçirilebilmesi için dağıtık enerji kaynaklarının teknik özellikleriyle birlikte potansiyelinin keşfedilip raporlanması önem arz etmektedir. Bunun ardından, bu potansiyelden ekonomik bir şekilde faydalanılabilmesi için gerekli piyasa mekanizmalarının oluşturulması önerilmektedir. Bütün bu süreçlerin yönetilebilmesi için ise elektrik dağıtım şirketlerinin mevzuattaki görev ve sorumluluklarının tanımlanması, bu sistemleri hayata geçirip işletmesi için ise gelir modelinin oluşturulması önerilmektedir.

7.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği

TEİAŞ-EDAŞ iş birliği enerji verimliliği çözümünün hayata geçirilebilmesi için dağıtık enerji kaynaklarının potansiyelinin belirlenmesi ve bu potansiyelin kullanılabileceği, bilgi alışverişinin sağlanacağı ortak bir platformun geliştirilmesi önerilmektedir. Dağıtık enerji kaynaklarının sağlayacağı hizmetler karşılığı elde edeceği gelirlerin modellenmesi önem arz etmektedir. Bu süreçlerin işletilmesi için TEİAŞ ve EDAŞ'ların görev ve sorumluluklarının belirlenerek ilgili mevzuatlara işlenmesi önerilmektedir.

Enerji verimliliğinin ticarileşmesinde dağıtık enerji kaynağı yaygın olan bir EDAŞ ile TEİAŞ arasında pilot bir uygulamanın yapılması da faydalı olabilecektir.

7.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu

Dağıtık enerji kaynaklarının piyasaya entegrasyonu için ilgili piyasaların katılım şartlarının düzenlenmesi gerekmektedir. Talep toplayıcılarının hayata geçirilmesi, akıllı sayaçların yaygınlaşması, TEİAŞ-EDAŞ iş birliği ve EDAŞ'lar için yeni iş modelleri enerji verimliliği çözümleriyle birlikte küçük hacimli piyasaların oluşturulması dağıtık enerji kaynaklarının piyasa entegrasyonunu sağlayacaktır.

7.5. Dağıtık Üretim Modelleri

Mevzuatta yapılacak düzenlemelerle birlikte, yenilenebilir enerji santralleri için sanal mahsuplaşmaya izin verilebilir. Bununla birlikte elektrik talebini yenilenebilir enerjiden karşılamak isteyen fakat coğrafi sebeplerden dolayı yenilenebilir enerji tesisi kurulumu ekonomik olmayan yatırımcıların yenilenebilir enerji yatırımı yapmaları sağlanabilir.

Sanal mahsuplaşmanın önünün açılması ve yenilenebilir enerji kooperatiflerinin mevzuatının düzenlenmesiyle birlikte, küçük yatırımcıların ölçek ekonomisinden faydalanarak büyük çaplı yenilenebilir enerji tesisi kurması sağlanacaktır. Bunun neticesinde üretimde yenilenebilir enerjinin payı artırılarak CO_2 emisyonları düşürülecek, enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasıyla milli gelire katkı sağlanacaktır.

Lisanssız elektrik üreticileri ürettiği elektriğinin ticaretini yapamamakta ve sahip oldukları tesislerin esneklik potansiyelini sistem işletmecilerine satamamaktadır. Mevzuatta yapılacak değişikliklerle birlikte dağıtık üreticiler ürettiği elektriğin ticaretini yapabilir. Böylece dağıtık üreticiler, tesislerinin esneklik ve ticari potansiyelini kullanarak kendilerine ekonomik fayda sağlayabilecektir. Dağıtık üreticilerin güçlendirilmesiyle birlikte, dağıtık üretime yapılan yatırım miktarı artırılabilecektir.

8. Türkiye'de Sistem Verimliliği Çözümlerinin Etkin Uygulanması için Politika önerileri

Başta dağıtım şebekesi olmak üzere, bütün sistemin toptan verimliliğinin artırılması ve uzun vadeli şebeke planlamasının daha sağlıklı yapılabilmesi için ısıtma ve ulaşım kaynaklı elektrifikasyon ile dağıtık enerjinin entegrasyonu için gerekli düzenlemelerin yapılması ve çeşitli mekanizmalarla birlikte iş modellerinin de geliştirilmesi önerilmektedir. Şebekeye entegre edilen bu dağıtık enerji kaynaklarının esnekliğinin EDAŞ'lar ve TEİAŞ tarafından bütün şebeke paydaşlarına fayda sağlayacak şekilde yönetilmesi önem arz etmektedir. Esneklik potansiyelinin daha etkin, verimli, rekabetçi ve faydalı kullanabilmesi için dağıtık enerji kaynaklarını güçlendirecek akıllı tarifeler, P2P ticaret gibi mekanizmaların önü açılmalıdır.

8.1. Akıllı Tarifeler

Tablo 5: *Akıllı tarifelerin geliştirilmesi için politika önerileri*

Özel politika önerileri	Etkilenecek sektörler	Enerji verimliliğinin artırılacağı son tüketim alanları
• Enerji dönüşümünde elektrik şebekesinin optimum kullanımı ve bütün sistem paydaşlarının faydası için elektrifikasyon kaynaklı artan elektrik talebi ve dağıtık enerji kaynaklarının sağladığı esneklik potansiyelinin akıllı tarifeler ile sisteme entegre edilmesi önerilmektedir. • Nihai hedefin, tüm tüketicilerin serbest piyasa koşullarında fiyatlandırılmaları olması önerilmektedir. Bu sayede tedarikçiler, tüketicilerin ihtiyaçlarına ve enerji fiyatlarının seviyelerine göre en etkin çözümü geliştirebileceklerdir. • Düzenlemeye tabi tarifeler var olmaya devam ettiği süre içinde tarifelerin akıllı/çok zamanlı kullanımını teşvik edecek şekilde belirlenmesi önerilmektedir. • Akıllı/çok zamanlı tarife ile elde edilebilecek kazanımlar ile ilgili tüketicilerin farkındalığının artırılması önem arz etmektedir. • Akıllı sayaçların özellikleri ve yaygınlığı da göz önünde bulundurularak farklı tip tüketiciler için farklı tipte akıllı tarifeler uygulanabilir.	Sanayi Konutlar Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim
• Çok zamanlı tarife, akıllı sayaçlarla birlikte sinerji yaratmaktadır. Dağıtık enerji kaynakları ve elektrifikasyonun getirdiği esneklik ile etkileşimde olan çok zamanlı tarife mekanizmaları hayata geçirilmelidir.	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim	Sanayi prosesleri Sanayi motorları Aydınlatma Dağıtık üretim
• Tüketicilerin tabi oldukları tarifeleri ve tedarikçilerini (internet veya telefon aracılığıyla) kolayca değiştirebilmelerinin sağlanması önerilmektedir. Bu sayede akıllı tarifelere tabi tüketici sayısı artabilir, tüketiciler kendilerine uygun tarifeleri kolayca seçebilir ve dolayısıyla çok zamanlı tarifelerin sistem verimliliğine olan katkısı artabilir.	Konutlar Ticari binalar	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim

8.2. EDAŞ'lar için Yeni İş Modelleri

Tablo 6: *EDAŞ'lar için yeni iş modellerinin geliştirilmesi için politika önerileri*

Özel politika önerileri	Etkilenecek sektörler	Enerji verimliliğinin artırılacağı son tüketim alanları
EDAŞ'lar için yeni iş modelleri ve sorumlulukların geliştirilmesi önerilmektedir: • Puant yükün yönetimi • Şebeke kısıt yönetimi • İletim sistemi operatörüne reaktif güç desteği • Voltaj desteği satın alınması • Elektrik piyasası için teknik doğrulama • EDAŞ'ların, şebekelerindeki DEK'lerin esneklik potansiyellerini kullanması veya potansiyellerin kullanılmasının kolaylaştırması için teşvik edilmesi/ yükümlü tutulması önerilmektedir. • Esneklik potansiyeli kısıtların yönetilmesi, sistem oturmasının önlenmesi, voltajın düzenlenmesi, sistem frekansının kararlı düzeylerde işletilmesi ve yenilenebilir enerji kaynakları kesintilerinin önlenmesi için kullanılabilir.	Sanayi Konutlar Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim
• DEK'lerin esneklik hizmeti sağlamaları için teşvik edilmesi veya DEK'lerin hizmetleri için ücret ödenmesi önerilmektedir.	Sanayi Konutlar Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim

8.3. TEİAŞ-EDAŞ İş Birliği

Tablo 7: *EDAŞ'lar için yeni iş modellerinin geliştirilmesi için politika önerileri*

Özel politika önerileri	Etkilenecek sektörler	Enerji verimliliğinin artırılacağı son tüketim alanları
• DEK'lerin esneklik potansiyellerinden faydalanacak bir TEİAŞ-EDAŞ iş birliği düzeninin hayata geçirilmesi önerilmektedir. • (Dağıtık üreticiler, bataryalar, elektrikli araçlar ve talep tarafı katılımının tamamı DEK'ler olarak adlandırılmaktadır.) • Bu iş birliğinin gerçekleştirilebilmesi için, TEİAŞ ve EDAŞ'ların birbirlerinin ihtiyaç ve zorluklarını anlayabildiği, şebekedeki esneklik kaynaklarının şebeke yöneticilerinin ortak problemlerin çözülmesi için kullanılabileceği bir platform oluşturulabilir. • DEK'ler ve talep toplayıcılarının bu platforma erişim sağlayabilmesi önem arz etmektedir. DEK'lerin esnekliği ve yönetimiyle TEİAŞ'ın aşağıdaki süreçleri kolaylaştırılabilir. • Sistem frekansının düzenlenmesi • Kısıt yönetimi • Voltaj mevzuatı • Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim kesintilerinin önlenmesi • Şebeke planlaması • Adalaşmanın önlenmesi • Şebeke senkronizasyonu • Sistem oturmasının engellenmesi • Oturan sistemin toparlanması	Sanayi Konutlar Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim

8.4. Dağıtık Üretimin Piyasa ve Şebeke Entegrasyonu

Tablo 8: *Dağıtık üretimin piyasa ve şebeke entegrasyonunun geliştirilmesi için politika önerileri*

Özel politika önerileri	Etkilenecek sektörler	Enerji verimliliğinin artırılacağı son tüketim alanları
Şebeke ihtiyaçlarını karşılayabilecek esneklik kaynaklarından faydalanılması ve bu kaynakların ilgili piyasalara katılımının sağlanması önerilmektedir: • Talep tarafı katılımı ve talep toplayıcılarının faaliyete alınması ve yaygınlaştırılması önerilmektedir. • DEK'lerin organize elektrik piyasalarına direkt olarak veya talep toplayıcıları aracılığıyla katılmasına izin verilmesi önerilmektedir.	Sanayi Konutlar Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim
• Akıllı sayacı olan ve belirli bir eşik değerin üzerinde tüketimi olan tüketicilerin üretici/tedarikçi lisansı olmaksızın organize piyasalara katılabilmesinin sağlanması önerilmektedir. Bu, talep tarafı katılımının ve TEİAŞ-EDAŞ iş birliğinin etkisini artıracaktır.	Sanayi Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim

8.5. Dağıtık Üretimin Modelleri

Tablo 9: *Dağıtık üretim modellerinin geliştirilmesi için politika önerileri*

Özel politika önerileri	Etkilenecek sektörler	Enerji verimliliğinin artırılacağı son tüketim alanları
• Enerji kooperatif modellerinin başlatılması önerilmektedir. Büyük çaplı enerji yatırımı imkânı olmayan küçük tüketicilerin bir araya gelerek yenilenebilir enerji tesisi kurmalarının teşvik edilmesi önem arz etmektedir. • Kooperatif enerji modeli altında yapılacak yenilenebilir enerji yatırımları için sanal mahsuplaşmaya izin verilebilir.	Konutlar Ticari binalar Dağıtık üretim	Dağıtık üretim
• Coğrafi olarak dağıtık yenilenebilir enerji tesislerinin kurulmasının uygun olmadığı yerler için sanal mahsuplaşma uygulaması hayata geçirilebilir. • Yenilenebilir enerji yatırımı yapmak isteyen ve coğrafi veya fiziki durumu elverişli olmayan tüketicilerin, fiziki olarak farklı konumlarda bulunan yerlere dağıtık yenilenebilir enerji tesisleri kurmalarına ve bu tesislerin üretimleriyle tüketim tesislerinin mahsuplaştırılmasına izin verilebilir.	Dağıtık üretim	Dağıtık üretim
• Dağıtık üreticinin, dağıtık üretim ile şebekeye sağladığı faydaların karşılığını aldığı, dağıtık üreticiyi güçlendirecek P2P ticaret gibi modellerin geliştirilmesi önerilmektedir. • Dağıtık üreticilerin akıllı kontratlar aracılığıyla enerji ticareti yapabilmesi ve ilgili operasyonların yönetilmesi için blokzincir yöntemleri geliştirilebilir. (Blokzincir teknolojisinden faydalanılması çok sayıda işlemin; anlık, hızlı, güvenli ve doğrulanabilir şekilde yapılmasını mümkün kılacaktır.)	Dağıtık üretim	Dağıtık üretim
Dağıtım ve tedarik şirketlerinin dağıtık enerji kaynaklarının teknik potansiyellerinden faydalanarak sistemin bütününe fayda sağladığı mekanizmalar geliştirilebilir. • Dağıtık üretimi teşvik edecek çok zamanlı tarife mekanizmaları hayata geçirilebilir. • Dağıtık üretimin gerilim kontrolü ve güç kalitesinin iyileştirilmesi gibi yan hizmetler aracılığıyla teşvik edildiği mekanizmalar geliştirilebilir. • Dağıtık enerji kaynaklarının artan elektrifikasyonla (ısı pompaları, elektrikli araçlar vb.) entegrasyonunun değer yaratabileceği alanların değerlendirilmesi önerilmektedir.	Dağıtık üretim	Dağıtık üretim

Referanslar

Anadolu Ajansı. (2020). Türkiye, bugün yenilenebilir enerji kurulu gücünde Avrupa'da altıncıhttps://www.aa.com.tr/tr/politika/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakani-donmez-turkiye-bugun-yenilenebilir-enerji-kurulu-gucunde-avrupada-altinci/1741509

Bundesverband Windenergie. (2019). Windenergie Factsheet Deutschland 2018 [Wind energy fact sheet for Germany 2018]. [Webpage]. Retrieved from https://www.wind-energie.de/themen/zahlen-und-fakten/

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW). (2012, 27 July). 50,2-Hertz-Problem: Allgemeine Informationen. Retrieved from https://www.bdew.de/energie/systemstabilitaetsverordnung/502-hertz-problem/

Con Edison. Brooklyn Queens Demand Management Demand Response Program [Webpage]. Retrieved from www.coned.com/en/business-partners/business-opportunities/brooklyn-queens-demand-management-demand-response-program.

Döring, M, (2013, 1 January). Dealing with the 50.2 Hz problem. ModernPowerSystems. Retrived from https://www.modernpowersystems.com/features/featuredealing-with-the-50.2-hz-problem/

EEDAŞ (2020). MoU signed between EDAŞ associations and ENTEİAŞ-E. Retrieved from: https://www.eEDAŞforsmartgrids.eu/mou-signed-between-EDAŞ-associations-and-enTEİAŞ-e/

Électricité de France (EdF). Electricity. Retrieved from http://residential.edf.com/energy-at-home/offers/electricity/tarif-bleu-56121.html

ENTEİAŞ-E (2016): TEİAŞ-EDAŞ Data Management Report. Retrieved from: https://www.enTEİAŞe.eu/Documents/Publications/Position%20papers%20and%20reports/enTEİAŞe_TEİAŞ-EDAŞ_DMR_web.pdf

Fraunhofer ISI, IKEM, Fraunhofer IEE (2019). Report for the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. (2019, June). Monitoring Direktvermarktung 6/2019. Retrieved from https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/monitoring-der-direktvermarktung-quartalsbericht-06-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Giraud, D. (2004). The tempo tariff [PowerPoint presentation]. Retrieved from http://www.sintef.no/globalassets/project/efflocom/edf.pdf

Girouard, C. (2019, 11 March). BQDM program demonstrates benefits of non-traditional utility investments. Utility Dive. Retrieved from www.utilitydive.com/news/bqdm-program-demonstrates-benefits-of-non-traditional-utility-investments/550110/

GÜYAD. (2019). 2018 Yenilenebilirin Yılı Oldu. http://www.guyad.org/TR,183/2018-yenilenebilirin-yili-oldu.html

Hall, S., Brown, D., Davis, M., Ehrtmann, M., Holstenkamp, L., (2020) Business Models for Prosumers in Europe. PROSEU - Prosumers for the Energy Union: Mainstreaming active participation of citizens in the energy transition (Deliverable N°D4.1).

Hawaiian Electric Company. (2014). Distributed Generation Interconnected Plan (DGIP). Retrieved from http://files.hawaii.gov/puc/4_Book 1 (transmittal ltr_DGIP_Attachments A-1 to A-5).pdf

Hawai'i Public Utilities Commission. (2017). HPUC expands options for customers to install rooftop solar and energy storage [press release]. Retrieved from https://puc.hawaii.gov/wp-content/uploads/2017/10/Hawaii-PUC-Rooftop-Solar-and-Storage-Press-Release-10-20-17-FINAL.pdf

Hawaiian Electric. (2017). Power facts. Retrieved from https://www.hawaiianelectric.com/Documents/about_us/company_facts/power_facts_2017.pdf

Hawaii State Energy Office. (2017). Hawaii energy facts & figures. Honolulu, HI. Retrieved from https://energy.hawaii.gov/wp-content/uploads/2011/10/HSEOFactsFigures_May2017_2.pdf

Lapillonne, B. (2012). Energy savings calculations for selected end use technologies and existing evaluation practices in France. Published in the context of the International Energy Agency's Demand Side Management (IEA DSM) programme. Retrieved from

http://www.ieadsm.org/wp/files/Tasks/Task 21 - Standardisation of Energy Savings Calculations/harmonised ESC report/Report on Energy savings calculation final version.pdf

Lazar, Jim and Xavier Baldwin (2011). Valuing the Contribution of Energy Efficiency to Avoided Marginal Line Losses and Reserve Requirement. Retrieved from: https://www.raponline.org/wp-content/uploads/2016/05/rap-lazar-eeandlinelosses-2011-08-17.pdf

Netztransparenz.de (2020). Marktwertübersicht [Overview of market values]. [Webpage]. Retrieved from https://www.netztransparenz.de/EEG/Marktpraemie/Marktwerte

Pato, Z., Baker, P., Rosenow, J. (2019). Performance-based regulation: Aligning incentives with clean energy outcomes. Retrieved from: https://www.raponline.org/knowledge-center/performance-based-regulation-aligning-incentives-clean-energy-outcomes/

Réseau de transport d'électricité (RTE). (2016). Generation adequacy report on the electricity supply-demand balance in France. Retrieved from http://www.rte-france.com/sites/default/files/bp2016_complet_va.pdf

RWTH Aachen (2020): INTERFACE. Retrieved from: https://www.rwth-aachen.de/go/id/ehbds?lidx=1

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi (2020). Binalarda çatı üstü güneş enerjisi potansiyeli - Türkiye'de çatı üstü güneş enerjisi sistemlerinin hayata geçmesi için finansman modelleri ve politikalar. https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2020/04/Binalarda_Cat%C4%B1_Ustu_Gunes_Enerjisi-Potansiyeli.pdf

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi. (2019). Türkiye Enerji Sektöründe Fiyatlandırma ve Piyasa Dışı Fon Akışları https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2019/05/raporweb_ENG.pdf

Smart Electric Power Alliance, Peak Load Management Alliance, and E4TheFuture. (2018, November). Non-wires alternatives: Case studies from leading U.S. projects. Retrieved from https://e4thefuture.org/wp-content/uploads/2018/11/2018-Non-Wires-Alternatives-Report_FINAL.pdf

State of New York Public Service Commission (2014), Petition of Consolidated Edison Company of

New York, Inc. for approval of Brooklyn/Queens demand management programme. State of

New York: New York (as cited in International Energy Agency. (2017). Market-based instruments for energy efficiency. Author.) Retrieved from https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/MarketBased_Instruments_for_Energy_Efficiency.pdf

Verv, VLUX Whitepaper, The Evolution of Energy, retrieved from: https://vlux.io/media/VLUX_Whitepaper.pdf.

Wirth, H. (2019). Aktuelle Fakten zur PV in Deutschland [Current data on PV in Germany]. Freiburg, Germany: Fraunhofer ISE. Retrieved from https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf

İstanbul Politikalar Merkezi

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

European Climate Foundation

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

Agora Energiewende

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

SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

Evliya Çelebi Mh. Kıblelizade
Sk. Eminbey Apt. No:16 K:3 D:4
34430 Beyoğlu / İstanbul
Tel: +90 212 243 21 90
E-mail: info@shura.org.tr
www.shura.org.tr

SHURA Kurucu Ortakları:

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

European Climate Foundation

Agora Energiewende

/company/shura @shuraedm SHURAEDM