SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

Türkiye'de enerji sektörünün dijitalleşmesi kapsamında iş modellerinin, teknolojilerin ve gerekli mevzuat altyapısının değerlendirilmesi

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Hakkında
Avrupa İklim Vakfı (ECF), Agora Energiewende ve İstanbul Politikalar Merkezi (IPC) tarafından Sabancı Üniversitesi'nde kurulan SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, yenilikçi bir enerji dönüşümü platformu aracılığı ile enerji sektörünün karbonsuzlaşmasına katkıda bulunmaktadır. Türkiye enerji sektörünün teknolojik, ekonomik ve politik boyutlarının tartışılması için sürdürülebilir ve geniş çapta tanınan bir platform ihtiyacını karşılamak için çalışmaktadır. SHURA, gerçeklere dayalı analizleri ve bulunabilen en doğru verileri kullanarak enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji vasıtasıyla düşük karbonlu bir enerji sistemine geçiş üzerindeki tartışmaları desteklemektedir. Birçok paydaşın konuya ilişkin bütün bakış açılarını dikkate alarak bu geçişin ekonomik potansiyeli, teknik fizibilitesi ve ilgili politika araçlarına yönelik bir anlayışın oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır.

Yazarlar
Ahmet Acar, Hasan Aksoy (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi), Buğrahan Demir, Elif Düşmez Tek, İrem Yaylıoğlu, Kaan Aydoğmuş, Metin Deniz Kavas, Yasmine Naz Aksoy (Deloitte)

Teşekkürler
Raporun hazırlanması esnasında görüşme yapılarak değerli görüşlerini ve yorumlarını sunan Ali Erman Aytaç (Limak Enerji), Alper Terciyanlı (Endoks/Inavitas), Alper Uğural, Mert Kekevi (Energy Pool), Can Arslan (Foton), Cem Bahar (Eşarj), Emre Okuyan (Borusan), İnanç Salman (ZES), Kamil Çağatay Bayındır (EDİDER), Mehmet Fırat (Enerjisa), Murat Kirazlı (Aksa), Oğuzcan Samsun (Enerjisa), Ömer Ünal (Arçelik), Önder Akar (SmartPulse), Şahin Çağlayan (Reengen), Servet Akgün (Pure), Volkan Gerdan (Koç Enspire) ve Yasin Kasırga, Naci Can'a (GE) teşekkür ederiz. SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Direktörü Alkım Bağ Güllü ve Enerji Analisti Ayşe Ceren Sarı raporu inceleyerek geri bildirimde bulunmuştur. Sağlanmış olan tüm değerli inceleme, geri bildirim ve görüşler için teşekkür ederiz.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, bu rapor için ECF 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.

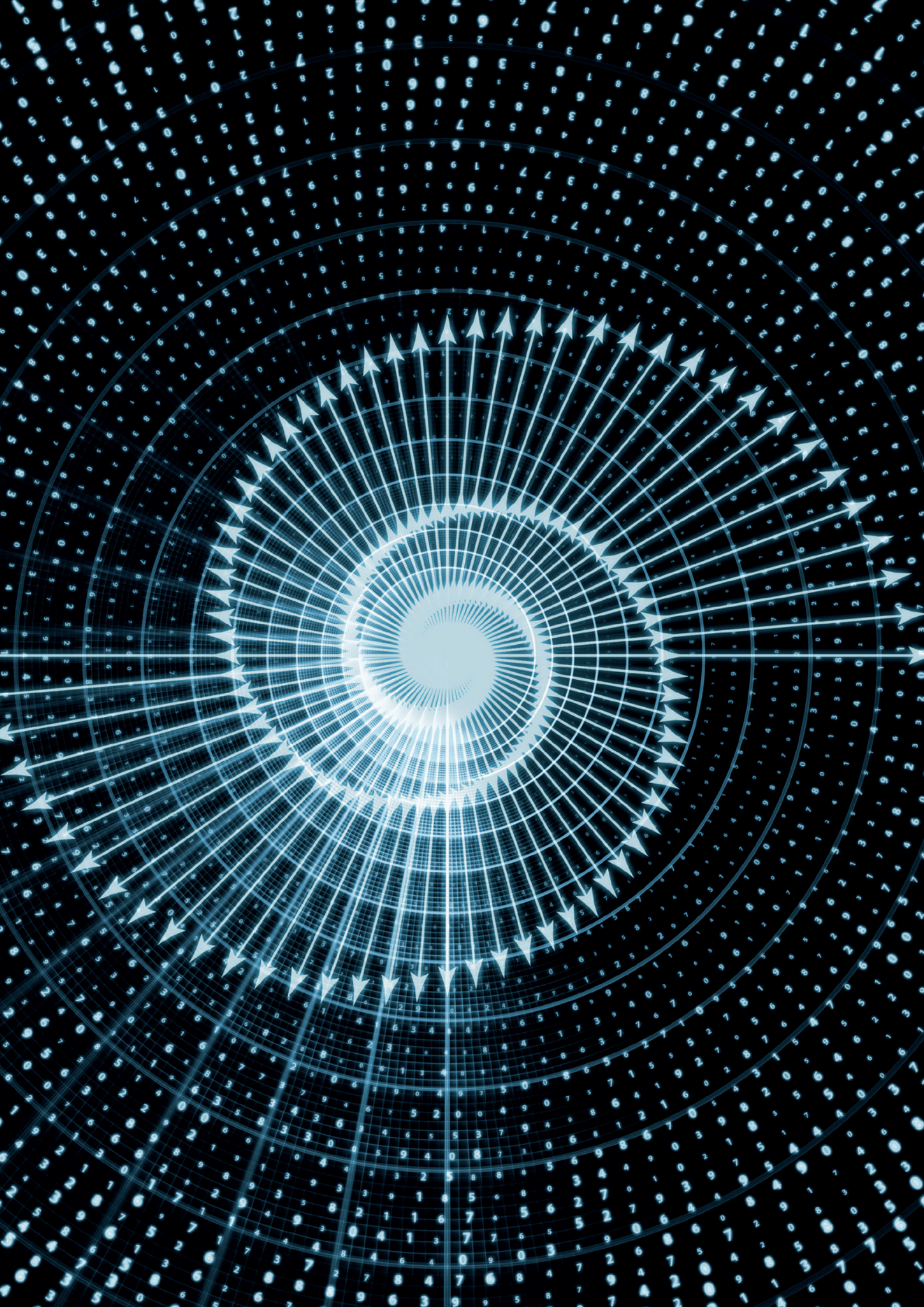
Telif Hakkı © 2021 Sabancı Üniversitesi

ISBN 978-625-7329-61-3

Sorumluluk Reddi
Bu rapor ve içeriği, çalışma kapsamında göz önünde bulundurulan kabuller, senaryolar ve 2021 yılı 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.

Türkiye'de enerji sektörünün dijitalleşmesi kapsamında iş modellerinin, teknolojilerin ve gerekli mevzuat altyapısının değerlendirilmesi



İÇİNDEKİLER

Şekil listesi 5

Kısaltmalar listesi 6

Ana mesajlar 8

Yönetici özeti 9

Giriş 27

1. Enerji sistemi dönüşümünün ana bileşenleri 31
   1.1 Karbonsuz enerji sistemine geçiş 31
   1.2 Enerji verimliliği 32
   1.3 Yenilenebilir enerji 32
   1.4 Elektrifikasyon 33

2. Dijitalleşmede güncel eğilimler 35
   2.1 Neden dijitalleşme? 35
   2.2 Enerji sektörünün dijital olgunluk seviyesi 36
   2.3 Yıkıcı güçler ve dijitalleşme 37
   2.4 Elektrik değer zincirinin dijital dönüşümü 38
   2.5 Değer zinciri boyunca dijitalleşme teknolojileri uygulamaları ve faydaları 39
      2.5.1 Yüksek etki potansiyeline sahip temel dijital teknolojiler 40
      2.5.2 Sistem optimizasyonu için gerekli diğer dijital teknolojiler 43
   2.6 Dijitalleşme teknolojilerine ilişkin Türkiye'deki mevcut durum 44
      2.6.1 Türkiye'de yüksek etki potansiyeline sahip temel dijital teknolojiler 45
      2.6.2 Türkiye'de sistem optimizasyonu için gerekli diğer dijital teknolojiler 48

3. Türkiye'de enerji dönüşümü ile ortaya çıkabilecek olası zorluklar ve yeni ihtiyaçlar 49
   3.1 Dağıtık enerji kaynak yönetimi 50
   3.2 Elektrifikasyonun yönetilme ihtiyacı 52
   3.3 Şebeke altyapısı üzerindeki etkiler 52
   3.4 Artan enerji tüketimi 53
   3.5 Değişen tüketici beklentileri 54
   3.6 Daha iyi veri yönetimi ihtiyacı 54

4. Enerji dönüşümü kapsamında iş modelleri 57
   4.1 İş modellerinin yapılandırılması 58
   4.2 Hedef iş modelleri 59
      4.2.1 Arz toplayıcılar / Sanal enerji santralleri 59
      4.2.2 Talep toplayıcılar 61
      4.2.3 Eş taraflar arası ticaret (P2P işletmecileri) 62
      4.2.4 Hizmet olarak enerji sağlayıcıları (EaaS) 64
      4.2.5 Enerji hizmeti şirketi (ESCO) 67
      4.2.6 Kullandıkça öde (PAYG) 69
      4.2.7 Ortak topluluk mülkiyeti (C-O) 71

4.3 İş modelleri, teknolojiler ve enerji dönüşümü unsurlarının eşleştirilmesi 73
4.3.1 İş modelleri ve ilgili donanım ve yazılım teknolojilerinin eşleştirilmesi 74
4.3.2 İş modellerinin önemli dijitalleşme teknolojileriyle eşleştirilmesi 76
4.3.3 İş modellerinin enerji dönüşümü unsurlarıyla eşleştirilmesi 78

5. İş modellerine ait uygulama alanlarının önceliklendirilmesi 83
5.1 Önceliklendirme matrisi 83
5.2 İş modellerinin önceliklendirilmesi 84

6. Yeni iş modellerinin yaygınlaşmasının önündeki engeller ve çözüm önerileri 87
6.1 Mevcut piyasa yapısı 90
6.1.1 Piyasa ve dengeleme fiyatları 90
6.1.2 Tarifeler 91
6.1.3 Tüketicilerin piyasaya katılımı 94
6.1.4 Yapısal koşullar 95
6.2 Mevzuat 99
6.2.1 Mevzuat kalitesi 99
6.2.2 Bürokrasi 100
6.2.3 Yeni kavramların tanımlanması ihtiyacı 101
6.2.4 Yetki ihtiyacı 102
6.3 Sosyo-kültürel koşullar 103
6.3.1 Mesken tüketicilerinin mevcut dijital okuryazarlık ve farkındalık düzeyleri 103
6.3.2 Ticari ve sanayi tüketicilerinin mevcut yaklaşımları ve dijital olgunluk seviyeleri 105
6.3.3 Kamu sektöründeki operasyonel uygulamalar, dijitalleşme perspektifleri ve farkındalık düzeyi 106
6.3.4 Nitelikli işgücü 108
6.4 Finansal koşullar 109
6.4.1 Yüksek ilk yatırım maliyetleri 110
6.4.2 Döviz kurlarından kaynaklanan baskı 113
6.4.3 Kâr marjları 114
6.4.4 Sınırlı şirket bütçeleri 114
6.4.5 Bankacılık ve enerji sektörleri arasında sinerji eksikliği 115
6.4.6 Yetersiz finansman 115
6.5 Teknolojik altyapı 116
6.5.1 Donanım 116
6.5.2 Yazılım 120
6.5.3 İletişim protokolleri 121
6.6 Şebeke planlaması ve altyapı 122
6.6.1 Şebeke planlama yaklaşımı 122
6.6.2 Dağıtım ve iletim şebekesi işbirliğinin iyileştirilmesi 122
6.6.3 Akıllı şebeke yaklaşımının eksikliği 123
6.6.4 Alternatif şebeke yaklaşımlarının eksikliği 123
6.6.5 Gerilim seviyelerinin düzenlenmesi 125
6.6.6 Elektrikli araçların sisteme getirdiği yük artışı 126
6.7 Kentsel gelişim 127

7. Sonuç 129

Kaynakça 135

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: SHURA'nın daha önceki çalışmalarından bazı öne çıkan sonuçlar 28
Şekil 2: Dijitalleşmenin faydaları 36
Şekil 3: Sektörlere göre ortalama dijital olgunluk 37
Şekil 4: Bugünün ve yarının elektrik değer zinciri 38
Şekil 5: Temel dijital teknolojiler 40
Şekil 6: IoT ve büyük veri ve AI yetenek yelpazesi 45
Şekil 7: Blok zincir yetenek yelpazesi 47
Şekil 8: İş modeli zorlukları 50
Şekil 9: İş modellerinin yapılandırılması 58
Şekil 10: Arz toplayıcılar alt iş modelleri 59
Şekil 11: Talep toplayıcılar alt iş modelleri 62
Şekil 12: P2P alt iş modelleri 63
Şekil 13: EaaS alt iş modelleri 65
Şekil 14: ESCO alt iş modelleri 68
Şekil 15: PAYG alt iş modelleri 70
Şekil 16: Ortak topluluk mülkiyeti alt iş modelleri 72
Şekil 17: Toplayıcıları ve P2P işletmecilerini ilgili teknolojiler ile eşleştirme 74
Şekil 18: EaaS ve ESCO modellerini ilgili teknolojilerle eşleştirme 75
Şekil 19: PAYG ve ortak topluluk mülkiyeti modellerini ilgili teknolojilerle eşleştirme 76
Şekil 20: Toplayıcıları ve P2P işletmecilerini temel dijitalleşme teknolojileriyle eşleştirme 77
Şekil 21: EaaS ve ESCO modelini temel dijitalleşme teknolojileriyle eşleştirme 77
Şekil 22: PAYG ve topluluk mülkiyet modelini temel dijitalleşme teknolojileriyle eşleştirme 78
Şekil 23: Toplayıcılar ve P2P işletmecilerini enerji sistemi dönüşüm unsurları ile eşleştirme 79
Şekil 24: EaaS ve ESCO modelini enerji sistemi dönüşüm unsurları ile eşleştirme 80
Şekil 25: PAYG ve topluluk mülkiyeti modelini enerji sistemi dönüşüm unsurları ile eşleştirme 81
Şekil 26: Alt iş modellerinde önceliklendirilme matrisi 84
Şekil 27: İş modellerinin değerlendirilmesi 84
Şekil 28: İş modelleri üzerindeki engeller ve genel etki seviyeleri 88
Şekil 29: Statik (önceden belirlenmiş) ile Dinamik (gerçek sistem koşullarına göre gerçek zamanlı olarak belirlenmiş) çok zamanlı fiyatlandırmaların karşılaştırılması 91
Şekil 30: Mahsuplaşma uygulaması 93
Şekil 31: Türkiye elektrik ticareti piyasası 96
Şekil 32: 2020 yılının bir ayında Türkiye'deki 4 rüzgâr santrali için farklı zaman dilimlerinde saatlik üretim tahmin sapmaları 97
Şekil 33: Mevcut piyasa yapısının iş modelleri üzerindeki engelleyici etkileri 99
Şekil 34: 25 kW ve altı için lisanssız güneş enerjisi santrali başvuru süreci 100
Şekil 35: Enerji kavramlarının mevzuattaki durumları 102
Şekil 36: İş modellerinde mevzuat engelinin kapsamı 103
Şekil 37: Bir enerji tüketicisinin yolculuğu 105
Şekil 38: Sosyo-kültürel engellerin iş modelleri üzerindeki etkileri 108
Şekil 39: Türkiye enerji konuları haritası 109
Şekil 40: Türkiye genelinde güneş sistemleri yatırım geri ödeme süreleri ve diğer göstergeler 111

Şekil 41: Farklı portföylere dayalı yapay zekâ fiyatlandırması 113
Şekil 42: Elektrik enerjisi sektörünün kârlılık oranlarının yıllara göre gelişimi 114
Şekil 43: İş modelleri bazında finansal engeller 116
Şekil 44: IoT sensörlerinin ortalama maliyeti (ABD doları) 117
Şekil 45: Dağıtım şirketlerinin OSOS tüketim limiti, MWh/yıl 118
Şekil 46: Şebeke ölçekli batarya depolama yatırımları (milyon), 2015-2019 119
Şekil 47: Sayaç arkası batarya depolama yatırımları (milyon), 2015-2019 119
Şekil 48: İş modelleri üzerindeki teknolojik altyapı engelinin kapsamı 121
Şekil 49: Temsili bir mikro şebeke 124
Şekil 50: Akıllı şarj ile kontrolsüz şarjın oluşturduğu aylık puant talebi, kW 126
Şekil 51: İş modelleri üzerinde şebeke planlaması ve altyapı engelinin kapsamı 127
Şekil 52: Kentsel gelişim engelinin iş modelleri üzerindeki etkileri 128

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AI	Yapay Zekâ
AR	Artırılmış Gerçeklik
AR-GE	Araştırma ve Geliştirme
BİT	Bilgi ve İletişim Teknolojileri
BT	Bilgi Teknolojileri
DSG	Dengeden Sorumlu Grup
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
C-O	Topluluk-Mülkiyet
DEK	Dağıtık Enerji Kaynakları
DMI	Deloitte Dijital Olgunluk Endeksi
EaaS	Hizmet Olarak Enerji
EBC	Kömürün Ötesinde Avrupa
EDAŞ	Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
EHS	Enerji Hizmet Sağlayıcı
ELDER	Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği
EMO	Elektrik Mühendisleri Odası
EPC	Mühendislik, Satın Alma ve İnşaat
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ESCO	Enerji Hizmet Şirketi
ETSI	Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
EXIST/EPİAŞ	Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
EYS	Enerji Yönetim Sistemi
FV	Fotovoltaik
GW	Gigavat
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IoT	Nesnelerin İnterneti
İK	İnsan Kaynakları
İSO	İletim Sistemi Operatörü
KVKK	Kişisel Verilerin Korunması Kanunu

kW	Kilovat
kWh	Kilovat saat
LCOE	Seviyelendirilmiş Elektrik Maliyeti
LTE	Uzun Vadeli Gelişim
MFA	Maliyet-Fayda analizleri
ML	Makine Öğrenimi
MW	Megavat
MWh	Megavat saat
OSB	Organize Sanayi Bölgeleri
OSOS	Otomatik Sayaç Okuma Sistemi
OT	İşletme Teknolojileri
P2P	Eşler Arası Ticaret
PAYG	Kullandıkça Öde
ROI	Yatırımın Getirisi
RPA	Robotik Proses Otomasyonu
SaaS	Hizmet Olarak Yazılım
SG	Sera Gazları
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TOGG	Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu Sanayi ve Ticaret A.Ş.
ToU	Dinamik Tarife
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TWh	Teravat Saat
UNDP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
V2G	Araçtan Şebekeye
VPP	Sanal Enerji Santralleri
VR	Sanal Gerçeklik
Wi-Fi	Kablosuz Bağlantı
YAL/YAT	Yük Alma/Yük Atma
YBBO	Yıllık Bileşik Büyüme Oranı
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
YEK-G	Yenilenebilir Enerji Kaynak Garantisi

Ana Mesajlar

- Türkiye'de enerji dönüşümüne hız verecek dijitalleşme kapsamındaki yenilikçi iş modelleri, enerji sektöründe üretim, dağıtım ve tüketim değer zincirlerini değiştirerek çok yönlü faydalar sunmaktadır.

- Dağıtık enerji kaynak yönetimi, elektrifikasyonun yönetimi, şebeke altyapısı, artan enerji tüketimi, değişen tüketici beklentileri ve daha iyi veri yönetimi gerekliliği, enerji sektörünün dijitalleşmesi ihtiyacının önemli etkenlerindendir.

- Enerji sektörünün dijitalleşme yoluyla dönüşümünü hızlandırabilecek iş modelleri arasında arz/talep toplayıcılar, eş taraflar arası ticaret, hizmet olarak enerji sağlayıcıları, enerji hizmeti şirketleri, kullandıkça öde ve ortak topluluk mülkiyeti öne çıkmaktadır.

- Yenilikçi iş modellerinin hayata geçmesinde ihtiyaç duyulabilecek eylem alanları mevcut piyasa yapısı, mevzuat, sosyo-kültürel koşullar, finansman, teknolojik altyapı, şebeke planlaması ve kentsel gelişim başlıkları altında değerlendirilebilir.

Yönetici Özeti

Enerji sistemi dönüşümünün ana bileşenleri ve çalışmanın amacı

Türkiye, enerji kullanımı ve sera gazı salımı açılarından küresel olarak en hızlı büyüyen ülkeler arasında yer almaktadır. Artan enerji kullanımı, bu durumun çevresel ve sosyo-ekonomik etkileriyle birlikte teknolojik gelişmelerin paralelinde, enerji sistemini bir dönüşüm yaşamaya zorlamaktadır. Bugün enerji dönüşümüne öncülük eden etkenler arasında, enerji verimliliği potansiyelleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde yaygınlaşması ve elektrifikasyon uygulamaları ön plana çıkmakta olup, bilgi ve iletişim teknolojileri, dijitalleşme, yenilikçi politikalar, piyasa araçları ve finansman modelleri de bu dönüşüm sürecini desteklemektedir.

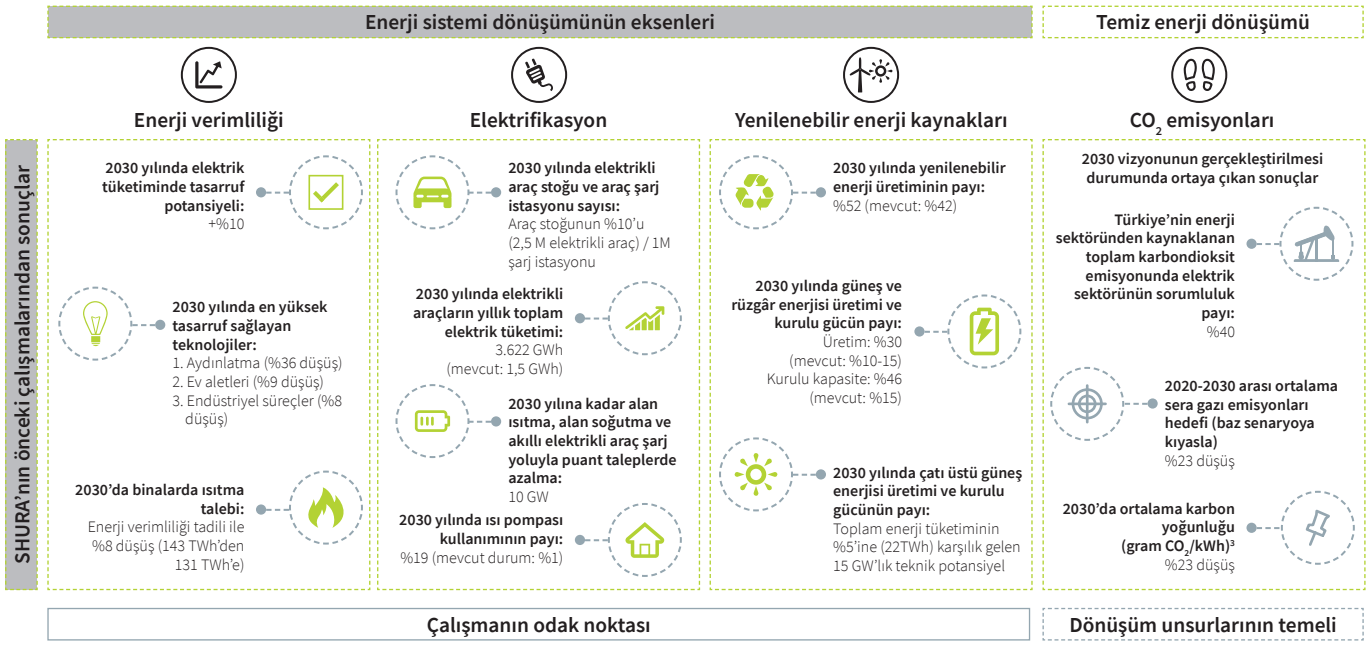
SHURA tarafından yapılan pek çok çalışmada enerji dönüşümünün ana eksenleri olan enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve elektrifikasyon konuları detaylı olarak işlenmiş, enerji dönüşümü, sosyo-ekonomik faydaları da dâhil olmak üzere tüm yönleriyle analiz edilmiştir.

Bu çalışmalardan olan "Türkiye Elektrik Sistemi için En Ekonomik Katkı: Enerji Verimliliği ve Yeni İş Modelleri" raporu kapsamında enerji dönüşümünün önemli bileşenlerden biri olan enerji verimliliği konusunda maliyet etkin verimlilik seçeneklerinin hayata geçirilmesi sonucunda 2030 yılı itibariyle Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı projeksiyonları temel alınarak hazırlanan baz senaryoya kıyasla elektrik tüketiminde %10 tasarruf potansiyeli olduğu ortaya konulmuştur (SHURA, 2020c).

Enerji verimliliği uygulamalarıyla talebin yönetilmesinin yanında, enerji arzının da çevreye olumsuz etkilerinin en aza indirgenmesi önem teşkil etmektedir. Bu anlamda "2030 Yılına Doğru Türkiye'nin Optimum Elektrik Üretim Kapasitesi" çalışmasında yapılan analizler, Türkiye elektrik sisteminin 2030 yılı itibariyle, %30'u rüzgâr ve güneş enerjisinden olmak üzere, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik arzındaki payını %50 seviyesine kadar artırmasının teknik ve ekonomik açıdan mümkün olduğunu göstermektedir. Ayrıca, "Binalarda Çatı Üstü Güneş Enerjisi Potansiyeli" çalışmasında dağıtık enerji kaynaklarının ana unsuru olan çatı üstü güneş fotovoltaik sistemlerinde 15GW'lık teknik potansiyelin olduğu hesaplanmıştır (SHURA, 2020a-b).

Enerji dönüşümünün diğer bir unsuru ise; emisyon salımından en büyük paylara sahip olan ulaştırma, binalar ve sanayi sektörlerinin elektrifikasyonu olarak düşünülebilir. Elektrifikasyon potansiyelinin yüksek olduğu ulaştırma sektöründe, elektrikli araçlara ilişkin olarak 16 Ocak 2020 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca 2030 yılına kadar 1 milyon adet elektrikli otomobil olacağı öngörüsü ifade edilmiştir (Anadolu Ajansı, 2020). Elektrikli araçların şebekeye olası etkilerinin incelendiği "Türkiye Ulaştırma Sektörünün Dönüşümü" isimli SHURA çalışmasında ise 2030 yılında toplam araç stokunun en az %10'unun elektrikli araçlara dönüşebileceği ve Türkiye'de planlanan şebeke yatırımlarının yapılması durumunda 2,5 milyon adet elektrikli binek aracın şebekeye entegrasyonunun mümkün olabileceği ortaya konulmaktadır. Rüzgâr ve Güneşin Şebekeye Entegrasyonu için Sektör Eşleştirme çalışmasında öne çıktığı üzere, hızlı bir şekilde yaygınlaşacağı düşünülen elektrikli araçlar ve ısı pompaları gibi elektrifikasyon unsurlarının elektrik tüketimini daha da artıracağı beklenmekte olup; akıllı şarj, talep tarafı katılımı gibi yeni eğilimlerin puant taleplerde azalma sağlayacağı ve şebekeyi bu anlamda rahatlatacağı düşünülmektedir (SHURA, 2019).

SHURA'nın bahsedilen dönüşüm unsurlarıyla ilgili yaptığı bazı çalışmaların sonuçları aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.



Bu çalışmanın en temel amacı, enerji dönüşümü kapsamında oluşan bu vizyonların hayata geçme sürecinde dijitalleşme ve yeni iş modellerinin önemini ortaya koymak ve Türkiye'deki enerji sektörü için geçerli olabilecek öneriler geliştirmek olarak özetlenebilir. Dünya çapında artan sera gazı emisyonu endişeleri ile birlikte enerji tüketimi ve tüketilen enerjinin elde edildiği kaynaklar sorgulanmaya başlanmış ve bu doğrultuda enerji verimliliği, nesnelerin ve süreçlerin elektrikli hale gelmesi ve elektriğin temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi gibi konular ön plana çıkmıştır. Bu doğrultuda, enerji verimliliği çalışmaları, yenilenebilir enerji kullanımı, dağıtık enerji kaynakları ve elektrifikasyon önemli ölçüde artmaktadır.

Enerji sistemlerindeki dönüşüme paralel olarak, elektrik sektörü değer zincirini dönüştürmeye yardımcı olmak üzere dijitalleşme faaliyetleri ve dijital teknolojiler de daha yaygın hale gelmektedir. Dijitalleşme teknolojilerini enerji varlıklarına ve süreçlerine entegre etmenin faydaları sonsuz olup, enerji sektörünün dijitalleşme devriminden yararlanan son sektörlerden biri olması, henüz keşfedilmemiş bir potansiyeli ortaya koymaktadır. Bazı dijital teknolojiler, işletmelerdeki yönetim şekillerinde dönüşüme yol açarken, diğerleri ise yeni iş fırsatlarının oluşturulmasına imkân verecektir.

Enerji sektöründe dönüşüm yaşandıkça ve dijital teknolojiler enerji sektörüne yeni çözümler kattıkça, daha önce var olmayan yeni fırsatlar ile birlikte bazı ihtiyaçlar da ortaya çıkabilecektir. Karşılaşılabilecek bazı ihtiyaçlar arasında yaygınlaşan dağıtık enerji kaynaklarının (DEK) sisteme entegrasyonu, artan elektrifikasyon yükünün yönetilmesi, elektrik şebekesinin güvenilirliğinin sürdürülebilirliği için tüketicilerin artan enerji tüketim seviyelerini yönetebilmek, değişen tüketici ihtiyaçlarının karşılanması ve son olarak ise, dijitalleşme potansiyelini ortaya çıkarmak için verileri etkin bir şekilde yönetmek yer almaktadır.

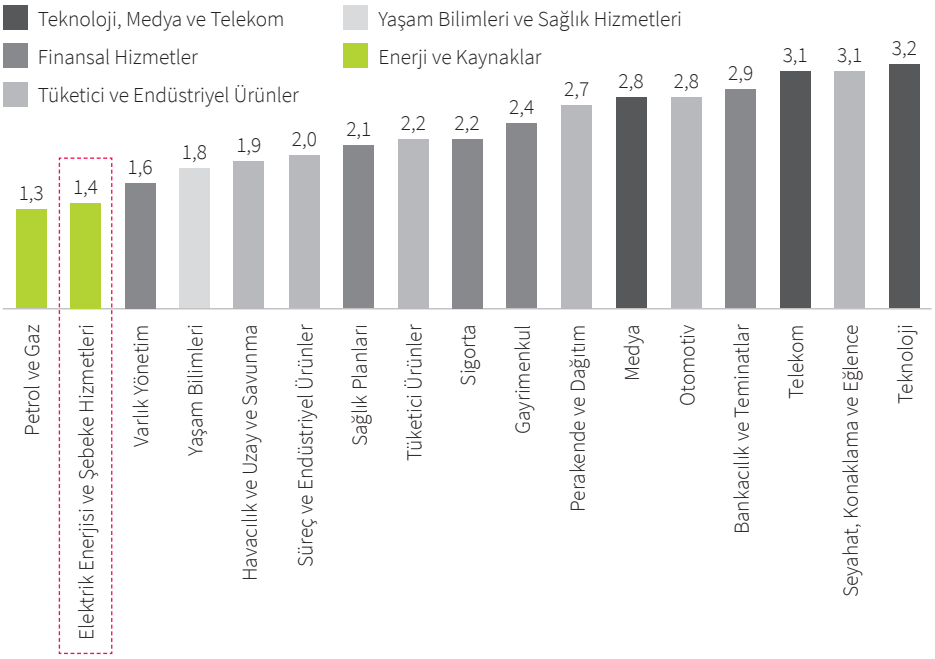
Dijital teknolojileri kullanan yenilikçi iş modelleri, belirtilen bu yeni ihtiyaçları ve zorlukları yönetmek için bir çözüm olarak görülmektedir. Bu tür modellerle farklı amaçlara ve hedef müşterilere odaklanılsa bile, hepsinin ortak amacı dönüşen enerji sektörüne sağlıklı bir geçiş sağlanmasıdır. Yeni iş modellerinin enerji sektörüne entegrasyonu, son tüketicilere sağlanan yüksek esneklik imkânları ve yenilikçi enerji çözümlerinin yanı sıra dengeli bir elektrik şebekesinin sağlanmasına hizmet edecektir.

Dünyada yeni uygulamaya konulan iş modelleri, enerji sistemini birçok yönden iyileştirme imkânı sunmalarına rağmen, Türkiye'deki mevcut piyasa yapısı, mevzuat, sosyo-kültürel, finansal ve altyapısal koşullar gibi nedenlerle sistem üzerinde nispeten daha az etkiye sahip olabilecekleri veya uygulamalarının zor olabileceği için öncelikler arasında yer almayabilirler. Yeni iş modellerinin Türkiye piyasasında sorunsuz bir şekilde uygulanabilmesi için, modellerin enerji sektörü üzerindeki potansiyel etkileri (son tüketiciler, hizmet sağlayıcılar, finansal etkiler) ve fizibiliteleri kapsamında önceliklendirme yapılması esastır. Sonuç olarak, yakın gelecekte Türkiye'nin enerji dönüşümünde, enerji sektöründeki tüm paydaşlar için büyük potansiyele sahip uygulanabilir iş modellerine öncelik verilmelidir. Bu çerçevede, yeni iş modellerinin geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi sürecinde Türkiye enerji piyasasını da dikkate alarak, yeni iş modellerinin fizibilitesini daha iyi anlamak için modellerin uygulanmasında ve yaygınlaşmasında karşılaşılan engeller daha detaylı olarak incelenmelidir. Paydaş görüşmeleri kapsamında alınan değerlendirmeler doğrultusunda kurulan yapıda Türkiye enerji sektöründe karşılaşılan başlıca engeller arasında ülkenin mevcut piyasa yapısı, mevzuat, sosyo-kültürel koşullar, finansal koşullar, teknolojik altyapı, şebeke planlaması ve altyapısı ile kentsel gelişim seviyesi yer almaktadır. Bu engellerin kapsamlı şekilde değerlendirmesi, küresel örnek ve uygulamaların araştırılarak önerilerin geliştirilmesi ile enerji dönüşümünün kolaylaştırılması için bu raporun hazırlanmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Dijitalleşmede son eğilimler

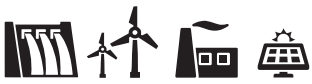
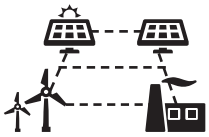
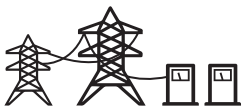
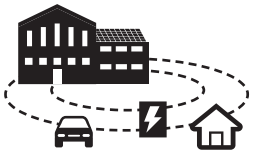
Enerji sisteminin dönüşümü ve temiz enerjiye geçiş, sektörde yaşanan dijital devrime paralel olarak gerçekleşmektedir. Bir yandan dağıtık üretim çoğalmakta, elektrifikasyon artmakta ve verimlilik uygulamaları daha yaygın hale gelmekteyken, diğer yandan da dijital teknolojiler tüm elektrik değer zincirini yeniden yapılandırmaktadır. Dijital teknolojiler ve yeni iş modellerinin, enerji sistemi dönüşümüyle ortaya çıkması muhtemel zorlukları aşmaya yardımcı olurken, aşılması gereken bazı yeni zorlukları da birlikte getirmesi muhtemeldir. Dijitalleşmenin artırılması veri, analitik ve bağlantı unsurlarındaki gelişmelerle mümkün olmaktadır. Bu gelişmeler sırasıyla veri hacimlerinin artması, gelişmiş analitik ve bilgi işlem kabiliyetlerinin ilerlemesi ve bağlantı imkânlarının artması olarak tanımlanmaktadır.

Dijitalleşme teknolojilerinin enerji varlıklarına ve operasyonlarına entegrasyonu, (i) tüm dünyadaki enerji sistemlerinin güvenliğinin, (ii) üretkenliğinin/verimliliğinin, (iii) erişilebilirliğinin ve (iv) sürdürülebilirliğinin artırılması ve (v) beklentilerinin daha iyi şekilde karşılanması için tüketicilerin enerji sisteminin merkezine konulması için fayda sağlamaktadır. Ancak, Deloitte'un S&P 100'deki şirketlere ilişkin Dijital Olgunluk Endeksi (DMI) çerçeve çalışmasına göre enerji sektörü, sektörleri dönüştürme kabiliyetine sahip dijitalleşme dalgasıyla karşılaşan son sektörlerden biri olmuştur. Enerji sektöründe faaliyet gösteren büyük şirketlerin çoğu dijital stratejiler geliştirmekte ve uygulamaya başlamış olmalarına rağmen, işletmelerde hala erişim ve kullanım potansiyeli olan verilere dokunulmamış birçok alan bulunmaktadır.



Kaynak: Deloitte Dijital Olgunluk Endeksi (DMI)
Not: Monitor Deloitte, DMI'yi S&P 100 şirketlerinin dijital kabiliyetleri üzerine yaptığı bir araştırmayı esas alarak geliştirmiştir.

Dijital devrim, elektrik değer zincirini her düzeyde dönüştürmektedir. Yenilenebilir enerji, dağıtık enerji kaynakları, enerji verimliliği uygulamaları, akıllı şebekeler ve akıllı müşteri çözümleri, yeni yetkinliklere gerek duymakta ve yeni iş modellerine zemin oluşturmaktadır. Dijital ekonomi oyuncuları, yeni ürünler ve yönetim seçenekleriyle endüstriyel ortamı yapılandırırken, kamu ve düzenleyici kurumlar daha akıllı ölçüm sistemlerini ve enerji üretimi ve tüketimi için daha yeşil standartları genelleştirmeyi hedeflemektedir. Tamamen dijital hale getirilecek yarının elektrik değer zinciri ile tedarik, gelişmiş izleme ve kontrollere sahip olan daha kompleks ve merkezi olmayan bir şebeke yapısına doğru gelişecek, dağıtım, iki yönlü enerji akışlarını yönetecek ve son olarak gelişmiş self-servis olanakları, iletişim ve enerji yönetimi çözümleri uygulanarak müşteri ilişkileri gelişecektir.

Elektrik şebeke hizmeti değer zinciri	**BUGÜN**	**YARIN**
Tedarik		 Gelişmiş izleme ve kontrollere sahip akıllı üretim
Teslimat		Akıllı iletim ve dağıtım
Müşteri yönetimi	Ticari tüketiciler Konut tüketicileri	 Gelişmiş birbirine bağlı çözümler ve tüketicilerin üreten tüketiciler haline geldiği kendi kendine hizmet

Kaynak: Deloitte analizi

Enerji sektörünün dijital dönüşümüne yönelik fırsatlar arasında robotik süreç otomasyonu (RPA), artırılmış gerçeklik (AR) ve giyilebilir teknolojiler, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi (ML) ile büyük veri ve blok zincir olmak üzere beş dijital teknoloji, sektörde yaygın kullanımlarıyla öne çıkmaktadır. IoT, AI & ML ve büyük veri ve blok zinciri teknolojileri verilerin değere dönüştürülmesinde kritik rol oynarken, RPA ile artırılmış gerçeklik ve giyilebilir teknolojiler çoğunlukla arka ofis ve saha süreçlerinde sistem optimizasyonu amacıyla kullanım bulmaktadır.

Daha veri odaklı ve bağlantılı bir sisteme dönüşümle birlikte, Türkiye enerji sektörü, dijital yetkinlikler oluşturmanın önemini kabul etmeye başlamıştır. Dijital teknolojileri enerji değer zincirine entegre etmek için, özellikle son beş yılda çok sayıda teknoloji hizmet sağlayıcısı Türkiye enerji piyasasına girmiştir. Türkiye enerji sektörü, küresel eğilimleri görece geriden takip etmesine rağmen, özellikle son tüketicilere odaklanırken yönetilebilir ve verimli bir sistem sürdürmek için adeta bir zorunluluk haline gelen dijitalleşme için büyük çaba sarf etmektedir. Enerji sektörünün odak noktası özellikle sistem optimizasyonu olmuştur ve bu amaçla RPA tekrarlayan işlemler için en geniş uygulama alanlarına sahiptir. Türkiye'de özellikle 2016 yılının başında daha yüksek etki potansiyeline sahip dijital teknolojilerin benimsenmesi hızlanmış olsa da, bu teknolojilerin olgunluk seviyesi henüz istenilen seviyelerde değildir. Mevcut çabalar, teknoloji önceliklendirme çalışmaları ile dijitalleşme teknolojilerinin kullanımının teşvik edilmesine ve Türkiye'de enerji ile ilgili veri analitiği projelerinin desteklenmesine bağlıdır.

Türkiye'de enerji dönüşümü ile ortaya çıkan olası zorluklar ve yeni ihtiyaçlar

Enerji sistemi bir dönüşüm geçirmektedir ve sektörün dijital teknolojiler ile entegrasyonu arttıkça çeşitli yeni ihtiyaçlar ortaya çıkmaktadır. Genel değer zincirinde, enerjinin nasıl üretildiğinden, nasıl iletildiğine, dağıtıldığına ve nasıl tüketildiğine kadar uzanan büyük değişimler bulunmaktadır. Değişken ve dağıtık bir üretim yapısına sahip olan dağıtık üretim başta olmak üzere diğer tüm dağıtık enerji kaynaklarının çoğalmasıyla birlikte, piyasa ve varlıklar üzerindeki etkilerinin yönetimi açısından yeni zorluklar ortaya çıkmaktadır. Benzer şekilde hem mobilitede hem de binalarda elektrifikasyon arttıkça, şebeke üzerindeki etkilerin yönetilmesi ve yeni ortaya çıkan talebi karşılamak için fosil yakıtlara olan ihtiyacın ortadan kaldırılması gibi yeni ihtiyaçları da beraberinde getirmektedir. Bunların tümü dijitalleşme teknolojilerini kullanan daha akıllı sistemlerle yönetilebilmektedir. Diğer yandan, yeni elektrik talebi doğuran elektrifikasyon uygulamalarının yanı sıra, hem ekonomi büyüdükçe hem de sanayi faaliyetleri hızlandıkça toplam enerji talebi artmaktadır. Bu toplam artış, son tüketicileri enerjiyi verimli tüketirken talep yönetiminde sorumluluk almaya yönlendirmektedir. Buna ilaveten, her sektörde görüldüğü üzere, tüketiciler hizmet alma konusunda daha talepkâr hale gelmekte olup, enerji sektörüne de bu talebini yöneltmektedir. Basitçe söylemek gerekirse, tüketiciler, artık sadece enerjiyi bir meta olarak almak istememekte, bunun yerine enerji yönetimi sorunlarının ortaya çıkabileceği ve yeni çözümlerin uygulanabilir olabileceği alanlarda yardımcı olacak şebeke hizmet şirketleri istemektedirler. Yeni zorlukları beraberinde getiren tüm bu değişimlerin yanı sıra dijitalleşme, özellikle veri ile ilgili alanlarda yeni ihtiyaçları beraberinde getirirken bir çözüm olarak ön plana çıkmaktadır. Veri ve verilerin nasıl ele alındığı, karar verme süreçlerinin ayrılmaz bir parçası haline gelecektir. Bu nedenle, daha verimli ve güvenli bir enerji sistemi için veri kalitesinin, standardizasyonun, idare ve araçların etkin kullanımının sağlanması gerekmektedir.

Daha bütünleşik, dijitalleştirilmiş, merkezi olmayan ve müşteri odaklı bir enerji sistemi; enerji kaynaklarının, elektrik tüketiminin, elektrik şebekesinin, verilerin ve enerji piyasalarının eş zamanlı olarak yönetilmesini gerektirmektedir. Bu amaçla, enerji sektöründeki zorluklar altı ana başlık altında sınıflandırılmaktadır: (1) dağıtık enerji kaynaklarının yönetimi, (2) elektrifikasyonun yönetilme ihtiyacı, (3) şebeke altyapısı üzerindeki etkiler, (4) artan enerji tüketimi, (5) değişen tüketici beklentileri ve (6) daha iyi veri yönetimi ihtiyacı.

Enerji sistemi dönüşümü kapsamında iş modelleri

Enerji sektörünün dönüşümü ile ortaya çıkabilecek olası zorluklar, dijital teknolojilerin mümkün kıldığı yenilikçi çözümlere ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Bu yenilikçi çözümler, enerji sektöründeki mevcut veya potansiyel zorlukları adreslemektedir.

Yenilikçi ve problem çözücü olarak nitelendirilebilecek hedef iş modelleri, yapılanma, ürün ve deneyim açısından gereksinimlere bağlı olarak yedi kategori altında toplanmaktadır. Aynı zamanda bu iş modelleri, benzer temel faaliyetlerde bulunan, ancak temel faydalara odaklanan ve farklı müşteri segmentlerini hedefleyen ikinci seviye alt-kategorileri içermektedir.

1. Arz toplayıcılar / Sanal enerji santralleri; farklı enerji kaynaklarını birleştirmekte ve merkezi bilgi teknolojileri sistemi kullanarak DEK operasyonlarını kontrol ederken, üretimlerini optimize etmektedirler. Arz toplayıcıların enerji sistemi için sunduğu faydalar arasında dengeleme faaliyetleri için büyük ölçekli enerji santrallerinin gerçek zamanlı optimasyonunu, küçük ölçekli üreten tüketicilerin enerji piyasalarına entegrasyonunu, iletim sistem işletmecisi için yan hizmetler sağlanmasını ve DEK'lerin kendi içlerindeki optimizasyonunu içermektedir. Ek olarak, sanal enerji santralleri, büyük ölçekli enerji santrallerine olan ihtiyacı ortadan kaldırarak marjinal enerji maliyetini azaltabilmektedir. Bu iş modeli, enerji dönüşümünde ortaya çıkan beş zorluğu ele almaktadır. DEK yönetimi ve daha iyi

veri yönetimi ihtiyacı tüm alt iş modelleri tarafından adreslense de, değişen tüketici beklentileri, artan enerji tüketimi ve şebeke altyapısı üzerindeki etkiler farklı alt kategoriler tarafından desteklenmektedir.

2. Talep toplayıcılar; artan enerji tüketimi ile puant saatlerden kaçınmak için talebi zamana yayma ihtiyacını şebeke işletmecilerine talep tarafı yönetim hizmetleri sağlayarak gidermektedir. Talep toplayıcılar tarafından yaratılan değer, aynı zamanda enerji tüketicilerinin de esnekliğini ortaya çıkarmaktadır. Bunu yapmak için talep toplayıcılar, enerji tüketiminin gerçek zamanlı optimizasyonu için ağırlıklı olarak IoT ve AI teknolojilerini kullanmaktadır. Talep toplayıcılar altında yer alan tek iş modeli "yük kaydırıcılar", enerji dönüşümünde ortaya çıkan dört zorluğu ele almaktadır. Bu zorluklar, DEK yönetimi, şebeke altyapısı üzerindeki etkiler, artan enerji tüketimi ve daha iyi veri yönetimi ihtiyacıdır.

3. Eş taraflar arası ticaret (P2P işletmecileri); blok zincir tabanlı bir platform mimarisi aracılığıyla DEK'lerin faydalarını paylaşmak için tüketiciler ve üreticiler arasındaki doğrudan etkileşime dayanmaktadır. P2P modelleri, dağıtık üretimin yaygınlaşmasını ve desteklemesinin yanı sıra, dengeleme faaliyetlerinde, kısıt yönetiminde ve şebeke yan hizmetlerinde kullanılabilmektedir. P2P işletmecilerine başlığı altında yer alan her üç alt iş modeli de DEK yönetimi ve daha iyi veri yönetimi ihtiyacı zorluğunu ele almakta olmasına karşılık, elektrifikasyonun yönetilme ihtiyacı, şebeke altyapısı üzerindeki etkiler ve değişen tüketici beklentileri farklı alt kategoriler tarafından desteklenmektedir.

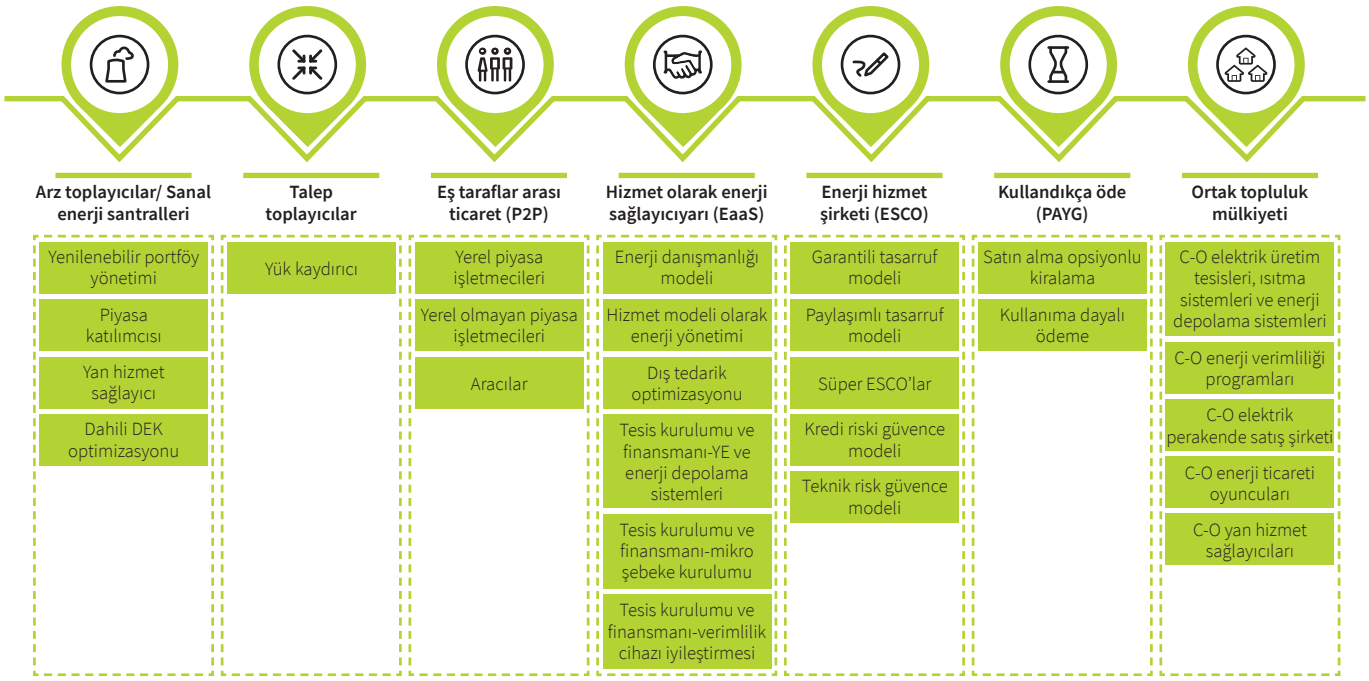
4. Hizmet olarak enerji sağlayıcıları (EaaS) modeli; müşterilere enerjiyle ilgili çeşitli hizmetler sunmaktadır. EaaS, artan dijitalleşme ile birlikte müşteri ihtiyaçları için donanım, yazılım ve ilgili hizmetleri birleştiren bütünsel bir yaklaşım sunmaktadır. EaaS'ın temel faydaları, dağıtık üretimin yaygınlaşması, yönetimi ve verimlilik çözümlerinin yanı sıra, talep tarafı katılımı yoluyla artan şebeke esnekliği olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, müşteriler nezdinde enerji hizmetlerinin basitleşmesini sağlamaktadır. Diğer iş modellerinden farklı olarak EaaS, değişen tüketici beklentileri zorluğunu her bir alt iş modelinde üstlenmektedir. Altı alt iş modelinin karşıladığı diğer zorluklar arasında DEK yönetimi, elektrifikasyonun yönetilme ihtiyacı, artan enerji tüketimi ve daha iyi veri yönetimi ihtiyacı yer almaktadır.

5. Enerji hizmeti şirketi (ESCO); enerji verimliliği projelerinin uygulanmasını veya anahtar teslimi DEK kurulmasını içerebilecek enerji hizmetleri sunan bir şirkettir. Sunduğu uçtan uca çözümlerle enerji maliyetlerinin düşürülmesi birincil amaçları arasında yer almaktadır. Buna ek olarak, müşterilerine sadece kendi temel faaliyetlerine odaklanma imkânı sunmaktadır. ESCO modellerinin en ayırt edici özelliği, gelir modelinin, projenin yarattığı enerji tasarrufu üzerine kurulu olmasıdır. ESCO modelinin altında yer alan beş alt iş modeli de aynı üç zorluğu ele almaktadır: artan enerji tüketimi, değişen tüketici beklentileri ve daha iyi veri yönetimi ihtiyacı.

6. Kullandıkça öde (PAYG) modeli; genellikle, müşterilerin mobil ödeme teknolojileri ve cep telefonu kredileriyle ödediği, kiralanan veya satılan konut güneş enerjisi sistemini içermektedir. Enerjiye erişim sorununu çözmek ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriği uygun fiyatlarla sağlamak için ortaya çıkmış bir yeniliktir. PAYG modeli, şebeke genişletme yatırımlarına olan ihtiyacı ortadan kaldırırken, ayrıca P2P enerji ticareti veya ortak mülkiyet gibi diğer yenilikçi iş

modellerini de mümkün kılmaktadır. PAYG modeli altında yer alan her iki alt iş modeli de şebeke altyapısı üzerindeki etkiler ve değişen tüketici beklentileri zorluklarını ele almaktadır.

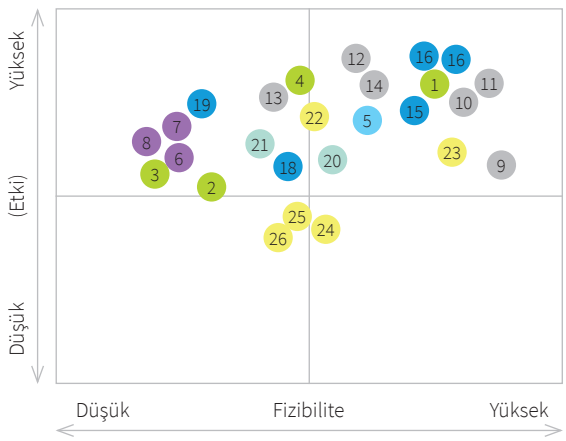
7. Ortak topluluk mülkiyeti (C-O) modeli; haneler, bireyler ve işletmeler dâhil olmak üzere tüm piyasa aktörlerinin DEK, batarya sistemleri, bölgesel soğutma ve ısıtma sistemleri gibi enerjiyle ilgili tesisleri elde etmede birleşmesini sağlamaktadır. Bu tesislerin mülkiyeti, tüm üyelere ait olup, sahip olunan sistemler işbirliği içinde yönetilmektedir. Topluluk sahipliği, topluluktaki katılımcı sayısına bağlı olarak DEK'in ilk yatırım maliyetlerini büyük ölçüde azaltmakta, ölçek ekonomisinden yararlanmayı sağlamakta ve sonuç olarak, DEK kurulumunu yaygınlaştırmaktadır. Azalan ilk yatırım maliyetlerine ek olarak, topluluk üyeleri ana şebekeye bağlı kalmak yerine, sürdürülebilir düşük maliyetli enerji çözümlerine ulaşabilmektedir. C-O modeli enerji dönüşümünde ortaya çıkan toplam beş zorluğu ele almaktadır. Daha iyi veri yönetimi ihtiyacı tüm alt iş modelleri tarafından üstlenilmektedir. En sık ele alınan ikinci zorluk ise değişen tüketici beklentileri olup, DEK yönetimi ve şebeke altyapısı üzerindeki etkiler ele alınan diğer zorluklar arasında yer almaktadır.



Kaynak: Deloitte Analizi

İş modellerine ait uygulama alanlarının önceliklendirilmesi

Çalışma kapsamında ele alınan hedef iş modelleri ve bunların alt modelleri, enerji sektörü üzerindeki potansiyel etkileri ve Türkiye'de uygulanabilme potansiyelleri dikkate alınarak önceliklendirilmiştir. Değerlendirme sürecinde etki analizi için son tüketiciler, sektördeki enerji ve hizmet sağlayıcıları ve finansal durumlar belirleyici faktörler olarak ele alınmıştır. Uygulanabilme potansiyeli için ise teknik gereklilikler, mevzuatsal gereklilikler ve paydaşların rol ve sorumlulukları dikkate alınmıştır.



1 Arz toplayıcılar: Yenilenebilir portföy yönetimi
2 Arz toplayıcılar: Piyasa katılımcısı
3 Arz toplayıcılar: Yan hizmet sağlayıcı
4 Arz toplayıcılar: Dahili DEK optimizasyonu
5 Talep toplayıcılar: Talep tarafı katılımı-Yük kaydırıcı
6 2P2 işletmecileri: Yerel piyasa işletmecileri
7 2P2 işletmecileri: Yerel olmayan piyasa işletmecileri
8 2P2 işletmecileri: Aracılar
9 EaaS: Enerji danışmanlığı modeli
10 EaaS: Hizmet modeli olarak enerji yönetimi
11 EaaS: Dış tedarik optimizasyonu
12 EaaS: Tesis kurulumu ve finansmanı - YE ve enerji depolama sistemleri
13 EaaS: Tesis kurulumu ve finansmanı - Mikro şebeke kurulumu
14 Tesis kurulumu ve finansmanı - Verimlilik cihazı kurulumu
15 ESCO: Garantili tasarruf modeli
16 ESCO: Paylaşımlı tasarruf modeli
17 ESCO: Süper ESCO'lar
18 ESCO: Kredi riski güvence modeli
19 ESCO: Teknik risk güvence modeli
20 PAYG: Satın alma opsiyonlu kiralama
21 PAYG: Kullanıma dayalı ödeme
22 Ortak topluluk mülkiyeti: Elektrik üretim tesisleri, ısıtma sistemleri ve enerji depolama sistemleri
23 Ortak topluluk mülkiyeti: Enerji verimliliği programları
24 Ortak topluluk mülkiyeti: Elektrik perakende satış şirketi
25 Ortak topluluk mülkiyeti: Enerji ticareti oyuncuları
26 Ortak topluluk mülkiyeti: Yan hizmet sağlayıcıları

Önceliklendirme çalışması, (9) EaaS: Enerji danışmanlığı modeli ve (11) EaaS: Dış tedarik optimizasyonu alt iş modellerinin fizibilite ve etki açısından en öncelikli modeller olduğunu göstermektedir. Hedef yedi iş modelinin her biri için derinlemesine bir değerlendirme yapıldığında, daha net bir resim ortaya çıkmaktadır. Toplayıcı alt modellerinin farklılaşan etki ve uygulanabilirlik seviyeleri nedeniyle önceliklendirme matrisi boyunca dağıldığı görülmektedir. P2P işletmecileri alt iş modelleri ise II. bölgede birbirine yakın kümelenmekte ve uygulanmasının zor olduğu anlaşılmaktadır. Üçüncü olarak, mikro şebeke kurulumu ve finansmanına odaklanan model dışındaki EaaS alt modellerinin yüksek fizibilite ve yüksek etkili bölgede konumlandığı dikkat çekmekte olup, tüketicilerin günlük yaşamlarına girmek üzere olduğunu göstermektedir. ESCO ve PAYG alt iş modellerinin farklılaşan fizibiliteleri nedeniyle birinci ve ikinci bölgeler arasında bölündükleri anlaşılmaktadır. Son olarak, topluluk mülkiyeti modelleri arasında (24), (25) ve (26) alt iş modellerinin tüm modellere görece düşük etkili olduğu düşünülmekte ve III. bölge çevresinde kümelenmeleriyle sonuçlanmaktadır.

Yeni iş modellerinin yaygınlaşmasının önündeki engeller ve çözüm önerileri

Dijital teknolojileri odağına alan yenilikçi iş modelleri enerji dönüşümü ile ortaya çıkan fırsatları değerlendirmek ve yine enerji dönüşümünden kaynaklı zorluklarla başa çıkmak için bir çözüm olarak görülmektedir. Dünyada yeni uygulamaya konulan iş modelleri, enerji sistemini birçok yönden iyileştirme imkânı sunmasına rağmen, bazı engeller sebebiyle hiç hayata geçememe, kısıtlı uygulanma ya da sahip olduğu potansiyeli ortaya koyamama gibi durumlarla karşı karşıya kalabilmektedir. Bu raporun hazırlanması sırasında yapılan araştırmalar ve paydaş görüşmeleri sonucunda Türkiye enerji sektöründe yeni iş modellerinin hayata geçmesi konusunda mevcut piyasa yapısı, mevzuat, sosyo-kültürel koşullar, finansal koşullar, teknolojik altyapı, şebeke planlaması ve altyapısı ile kentsel gelişim seviyelerinin ön plana çıkan ana engeller olduğu tespit edilmiştir.

Tespit edilen bu engellerin ortadan kaldırılmasına ilişkin öneriler geliştirilmesi amacıyla, bu engeller detaylı olarak analiz edilmiş ve sonuçları kapsamlı şekilde ortaya konmuştur.

		Arz toplayıcılar	Talep toplayıcılar	P2P	EaaS	ESCO	PAYG	Ortak topluluk mülkiyeti
Mevcut piyasa yapısı	Serbest piyasa koşullarının sağlanmasına yönelik iyileştirme ihtiyaçları	x	x		x	x		x
	Dengesizlik maliyetlerinin caydırıcı olmaması	x	x		x			x
	Sınırlı tarife seçenekleri		x		x			x
	Yenilenebilir enerji teşvikleri		x		x	x	x	
	Lisanssız üretimde mahsuplaşma uygulaması	x		x	x		x	x
	Tüketici fiyatlarına uygulanan sübvansiyonlar	x	x	x	x	x	x	x
	Ek teknoloji yatırımlarının tüketici tarifelerine yansıtılmaması		x		x	x	x	x
	Tüketicilerin piyasaya katılımının önündeki engeller		x		x			x
	Kapasite mekanizması uygulanması	x	x		x			
	Organize toptan satış piyasalarında işlem sürelerinin kısaltılması ihtiyacı	x			x			x
	Dengeden sorumlu grup uygulamasındaki gelişime açık alanlar	x	x	x	x			x
	Organize sanayi bölgeleri ve yenilikçi iş modelleriyle ilgili çıkar çatışmaları	x	x	x	x	x	x	x
	Dağıtık üretim yönetimiyle yapılan elektrik ticaretinde perakende satış şirketlerinin sorumluluğu	x	x	x	x		x	x
	Batarya sistemlerini teşvik edecek bir mekanizmanın olmaması	x	x	x	x		x	x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	◕	◕	◕	●	◑	◑	◕
Mevzuat	Mevzuat kalitesi ve mevzuat tutarlılığında gelişime açık noktalar	x	x	x	x	x		x
	Bürokratik süreçlerin karmaşıklığı	x		x	x	x	x	x
	Eksik düzenlemeler	x	x	x	x	x	x	x
	Yetkilendirme gereksinimleri	x	x	x	x	x		x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	●	◕	●	◑	◑	◔	◑
Sosyo-kültürel koşullar	Mesken tüketicilerinin mevcut dijital okuryazarlık ve farkındalık düzeylerinin düşük olması	x	x	x	x	x	x	x
	Ticari ve sanayi tüketicilerinin mevcut yaklaşımları ve dijital olgunluk seviyeleri	x	x	x	x	x	x	x
	Kamu sektöründeki operasyonel uygulamalar, dijitalleşme perspektifleri ve farkındalık düzeyi	x	x	x	x	x	x	x
	Nitelikli işgücü eksikliği	x	x	x	x	x		
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	◕	◕	●	●	●	◕	◕

Finansal koşullar	Enerji tesislerinin yatırım maaliyeti ve uzun geri dönüş süreleri	x		x	x	x	x	x
	Altyapı yatırımı ihtiyacı ve maliyetlerinin yüksekliği	x	x	x	x	x	x	x
	Teknoloji yatırımı ihtiyacı ve maliyetlerinin yüksekliği	x	x	x	x	x	x	x
	Döviz kurlarından kaynaklanan baskı	x	x	x	x	x	x	x
	Elektrik sektöründeki düşük kar marjları	x			x		x	x
	Sınırlı şirket bütçeleri	x			x	x		
	Bankacılık ve enerji sektörleri arasında sinerji eksikliği	x	x	x	x	x	x	x
	Yetersiz finansman	x	x	x	x	x	x	x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	●	◑	◕	●	◕	◕	◕
Teknolojik altyapı	Donanıma erişim ve kullanımındaki engeller	x	x	x	x	x	x	x
	Yazılıma ilişkin engeller	x	x	x	x	x	x	x
	İletişim protokollerine ilişkin engeller	x	x	x	x	x	x	x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	◕	◑	◕	◑	◑	◑	◔
Şebeke planlaması ve altyapı	Şebeke planlama yaklaşımında etkinliğin arttırılması ihtiyacı	x	x	x	x		x	x
	Dağıtım ve iletim şebekesi işbirliğinin iyileştirilmesi ihtiyacı	x	x	x	x		x	x
	Akıllı şebeke yaklaşımının eksikliği	x	x	x	x		x	x
	Alternatif (yerel ve özerk) şebeke yaklaşımlarının eksikliği	x		x			x	x
	Gerilim seviyelerinin düzenlenmesi ihtiyacı	x	x	x			x	x
	Elektrikli araçların sisteme getirdiği yük artışının yönetilmesi ihtiyacı	x	x	x	x			x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	●	◑	●	◔	○	◕	●
Kentsel gelişim	Dikey yapılaşmanın artması, kentsel dönüşüm projelerinin yenilenebilir enerji kurulumuna yönelik planlanmaması ve altyapı gereksinimleri	x		x	x	x	x	x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	◑	○	◕	◑	◔	◑	◕

Yapılan çalışmalar sırasında tespit edilen engellerin hemen hemen tüm iş modellerini etkilediğini söylemek mümkün olmakla birlikte bu engellerin kapsamı ya da etkisinin her bir iş modelinde farklı olabildiği görülmektedir. P2P modeli çalışmada ele alınan diğer iş modellerine göre engellerden en çok etkilenen, dolayısıyla Türkiye'de uygulanması en zor olup, kentsel gelişim hariç her kategoride en çok etkilenen model olarak öne çıkmaktadır. Bunun nedeni, bu modelin, piyasa katılımının sağlandığı ve tüketicilerin akıllı şebekelerden elde edilen enerjiyi bilinçli olarak bir platformda satmasına/satın almasına izin verildiği, hem teknolojik hem de şebeke altyapısıyla ve ilgili düzenlemeler ile desteklenen bir yapı gerektirmesidir. Tüketici katılımı, ayrıca belirli bir düzeyde farkındalık ve iş modelinin sunduğu faydaların tanınmasını gerektirmektedir. Ancak, P2P işletmecilerinde olduğu gibi, EaaS ve ESCO'lar da sosyo-kültürel koşullardan en fazla etkilenen modellerdir; çünkü bu modeller, tüketicilerin çabalarını ve aktif katılımını gerektirmektedir. Diğer yandan, son tüketiciler için bireysel enerji çözümlerini içeren EaaS modelinin, mevzuat ve şebeke planlamasının etkilerinin en az olduğu model olması ve ortalamanın altında bir etkiye sahip olmasıyla, uygulama için en fazla potansiyeli sunduğuna inanılmaktadır. Ayrıca, kentsel gelişim engelinin kapsamının diğer engellerle karşılaştırıldığında en düşük olduğu, ancak topluluk mülkiyeti modeli için önemli bir tehdit oluşturduğu görülmektedir. Türkiye'deki dikey yapılaşma, topluluk mülkiyeti modelinin temel gereksinimi olan daha küçük yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulmasını engellemektedir. Ayrıca, kategoriler arasında farklılıklar olsa da, toplu olarak düşünüldüğünde arz ve talep toplayıcıların benzer oranda etkilendiği anlaşılmaktadır. Bu modellerin, dengeleme faaliyetlerini desteklemek için alım satım faaliyetleri yoluyla piyasaya katılmalarını engelleyici rol oynayan mevzuattaki tanım eksikliği nedeniyle yaygınlaşmada güçlükler yaşadığı anlaşılmaktadır. Piyasalardaki düşük öngörülebilirlik ve sübvansiyonlu elektrik fiyatları, sektörde değer yaratılması potansiyelini engellemektedir. Türkiye'de ihtiyaç duyulan teknolojiler henüz tam olarak benimsenmediği için, toplayıcılar teknolojik altyapıdan en olumsuz etkilenen iş modelleridir. Arz toplayıcılar, teknolojik altyapının tüm bileşenlerinden oluşan merkezi bir BT sisteminden yararlanırken, talep toplayıcılar, önemli dijital teknolojilerden olan IoT ve AI'dan yararlanmaktadırlar.

Yeni iş modellerinin hayata geçmesinin önündeki engellerin detaylı analizi bu engellerin giderilmesi konusunda kapsamlı şekilde fikir vermektedir. Burada ele alınan görüşleri tamamlar şekilde, Türkiye'nin enerji dönüşümünün getirdiği yeni iş modellerinin enerji sektörüne entegrasyonunu hızlandırabilecek adımlar aşağıda ele alınmaktadır.

Mevcut piyasa yapısı

Herhangi bir iş modelinin etkin işleyişi piyasayı oluşturan tüm dinamiklerin (başta rekabeti etkileyen hususlar olmak üzere) ayrı ayrı doğru işleyişine bağlıdır. Enerji sektörü gibi büyük oranda düzenlemeye tabi bir sektörde rekabetçilik ile piyasa izleme unsurlarının etkin işleyişi ve diğer taraftan düzenlemeye tabi alanların rekabetçiliği olumsuz etkilememesi önemli unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu raporun 7.1 bölümünde ele alınan mevcut piyasa yapısına ilişkin engellerin ortadan kaldırılması için oluşturulan öneriler aşağıda belirtilmektedir.

- Enerji fiyatlarının tüm maliyetleri içerecek şekilde belirlenmesi esas olmalıdır. Son tüketici fiyatlarına sübvansiyon uygulamalarından mümkün olduğunca uzak durulmalı, desteklenmesi gereken kırılgan tüketici gruplarına doğrudan destekler sağlanmalıdır.

- Toptan satış piyasalarında oluşan fiyatların gerçek koşullarda oluşacak arz-talep dengesine göre belirlenmesi sağlanmalı, fiyat öngörülebilirliğini olumsuz yönde etkileyecek fiyat tavanın belirlenmesinde kayıp yük değeri hesaplamaları esas alınmalı, diğer fiyat müdahalelerinden uzak durulmalıdır.
- Hızla gelişmekte olan teknolojiler için (yenilenebilir enerji kaynakları gibi) sağlanan desteklerin devamlılığı kapsamında, bu teknolojilerde meydana gelen maliyet düşüşlerinin piyasada rekabet edilebilir düzeylere gelmesi durumunda piyasalarda rekabetçi şekilde yer almaları sağlanmalıdır. Uygulanan doğrudan teşviklerin, ihtiyaç ortadan kalktıktan sonra, yeni iş modellerinin önünde engel oluşturabileceği değerlendirilmelidir.
- Piyasa oyuncularının maruz kaldıkları dengesizlik cezalarının, gerçek dengesizlik maliyetini yansıtır şekilde olması gerekmektedir. Piyasa katılımcılarının kendi dengesizliklerini azaltmasını teşvik edecek caydırıcı dengesizlik maliyetleri yenilikçi iş modellerinin önünü açacaktır.
- Enerji emtia fiyatlarının rekabetçi şekilde belirlenmesi sağlanmalı, düzenlemeye tabi tarifelerin en aza indirilmesi esas olmalıdır. Düzenlemeye tabi perakende satış tarifelerinin uygulanması halinde çok zamanlı ve dinamik tarife seçenekleri sunulabilir.
- Lisanssız elektrik üretiminde hâlihazırda kullanılan aylık mahsuplaşma uygulamasında anlık üretim/tüketim gereksinimleri dikkate alınamamakta, dengesizliklerin giderilmesi için teşvik unsuru ortadan kalkmaktadır. Aylık mahsuplaşma uygulaması belirli bir miktar dağıtık üretim entegrasyonundan sonra, yerini sistemin gerçek maliyetlerini dikkate alacak farklı yöntemlere bırakabilir.
- Yeni iş modellerinin sunduğu değeri en üst düzeye çıkarmak üzere gerekli olan enerji izleme cihazları, akıllı sayaçlar ve diğer ekipman maliyetlerinin tarifelere yansıtılabilmesi sağlanabilir.
- Tüketicilerin piyasada aktif oyuncu olmalarını sağlayacak mevzuat değişiklikleri hayata geçirilmelidir .
- Her ne kadar sistem güvenilirliği için rezerv kapasitenin sağlanması ve bunu temin edecek bir kapasite mekanizması uygulaması önemli olsa da, kapasite mekanizmasının esnek kaynakları ön plana çıkaracak şekilde tekrar değerlendirilmesi ve verimsizlik yaratmayacak bir yapıda olması sağlanmalıdır.
- Yeni iş modellerinin işlerlik kazanması açısından tüm toptan satış piyasalarının etkin işleyişi ve bunlar arasında yenilenebilir kaynakların dengesizliklerini azaltması açısından özelikle Gün İçi Piyasası önem taşımaktadır. Bu piyasadaki işlemlerin gerçek zamana daha yakın zaman dilimlerinde gerçekleşmesi durumunda oluşan dengesizliklerin ticarete konu olması mümkün olabilecek, üretim tahminlerinin doğruluğu artacak ve piyasadaki dengesizlikler azalacaktır. Bu kapsamda organize toptan satış piyasalarında işlem yapılabilme süreleri gerçek zamana yakın bir seviyeye indirilmelidir.
- Dengeden sorumlu grup (DSG) uygulaması her ne kadar finansal dengesizliklerin yönetilmesi için iyi bir enstrüman olsa da fiziksel dengeleme açısından olumsuz sonuçlar doğurabilmekte ve sistem işletmecisi için ek maliyetlere sebep olabilmektedir. DSG tanımı tekrar gözden geçirilerek fiziksel dengeleme açısından yükümlülükler getirilebilir.
- Organize sanayi bölgelerinin kendi bölgelerinde dağıtım tesislerinin kurulması, işletilmesi, elektrik enerjisinin dağıtımı ve ilgili diğer hizmetlerin yerine getirilmesi haklarına sahip olmaları, bu bölgelerde yenilikçi iş modellerinin uygulanması başarısını OSB'lerin bu alandaki başarıları ile sınırlanmasına sebep olabilecektir. İleriki dönemlerde bu konuya ilişkin kısıtlar ve faydalar yeniden değerlendirilmelidir.

- Dağıtık üretim yöntemiyle yapılan elektrik ticaretinde üreticilerin aktif birer piyasa oyuncusu olmalarının önü açılmalıdır.
- Batarya teknolojilerinin şebeke ölçeğinde ve sayaç arkasında kullanımının önünü açacak mevzuat çalışmaları tamamlanmalı ve henüz rekabetçi olmayan bu teknolojiyi destekleyecek teşvikler sağlanmalıdır.

Mevzuat

Diğer birçok sektöre kıyasla enerji sektörünün büyük oranda düzenlemelere tabi olması sebebiyle faaliyetlerinin çoğunluğu mevzuat hükümlerine göre yürütülmektedir. Bu rapor kapsamında ele alınan yeni iş modellerinin bir kısmının hayata geçmesi için yeni mevzuat geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca yeni alanların tanımlanması ile birlikte hâlihazırda yürürlükte olan mevzuat ile uyumlaştırma ve/veya mevzuat işleyişlerinin iyileştirilmesi gibi konular da gündeme gelmektedir. Yen iş modellerinin hayata geçmesi için mevzuat alanında atılması gereken adımlar aşağıda özetlenmektedir.

- Sadece yeni iş modellerinin hayata geçmesi ve etkin işleyişi için değil, enerji sektöründe mevcut uygulamaların etkin işleyişi için de mevcut mevzuatta yer alan verimsizliklere sebep olan düzenlemelerin gözden geçirilerek uyumlaştırılması önem arz etmektedir. Bu, aynı zamanda, düzenleyicinin sorumlu tarafları belirlemesine ve iletişim ve koordinasyonlarını iyileştirmesine de olanak sağlayacaktır.
- Enerji sektöründe yeni iş modellerinin önünü açacak olan yatırımların yapılması bürokratik süreçlere tabidir. Özellikle lisanssız güneş enerjisi santrallerinin hayata geçirilmesinde tanımlı olan bürokratik süreçlerin sadeleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Dokuz adımlık ve yaklaşık 4 ay süren GES kurulum izin süreci gibi detaylı ve uzun olan mevcut bürokratik işlemlerin sürecinin basitleştirilmesi, tüketicilerin enerji ile ilgili yeni uygulamaları benimseme motivasyonunu artırmak için de faydalı olacaktır.
- Yeni iş modellerinin hayata geçmesi birçok yeni kavramın ortaya çıkmasını, bunlara ilişkin gerekli düzenlemelerin geliştirilmesini ve bu yeni düzenlemelerin hayata geçmesini sağlayacak uygulamaların geliştirilmesini gerekli kılacaktır.
- Yeni kavramların ve sorumluluk çerçevesinin belirlenmesi, bu modellerin yaygınlaştırılmasını kolaylaştıracaktır; toplayıcılar ve yap-işlet-devret modeli düzenlemelerde açıkça tanımlanmalı, enerji depolama faaliyetlerine ilişkin düzenlemeler küçük katılımcıları içerecek ve fazla enerjinin paylaşılmasına izin verecek şekilde iyileştirilmeli ve son olarak ESCO tanımlanmış olsa da, bu modelin ihtiyaç duyduğu hakem mekanizması gibi mekanizmalar düzenlemelere dâhil edilmelidir.
- Enerjide dijitalleşme uygulamaları önemli teknik altyapı ve uygulamaları gerekli kılmaktadır. Bu tür sistemlerin teknik standartlarının belirlenmesi ve bu sistemleri denetleyecek üçüncü tarafların yetkilendirilmesi katma değerli sistemlerin hızla hayata geçmesi ve güvenilir şekilde işletilmesi için gereklidir. EPC'lerin ilgili eğitim ve testlerden sonra kurumsallaşmayı sağlayacak yeterlilik önkoşulları ile belgelendirilmesi, enerji projelerinin başarısını da sağlayacak ve EDAŞ'ların her EPC uygulamasını denetleme yükünü hafifletmeye yardımcı olacaktır.

Sosyo-kültürel koşullar

Her ne kadar teknolojik imkânlar sağlansa da iş modellerinin geniş çaplı olarak hayata geçebilmesi enerji sistemi kullanıcılarının enerji dönüşümünün faydalarına duydukları inanç ve yeni hizmetleri talep etmeleri ile mümkün olabilecektir. Türkiye'de enerji sektörünün dönüşümünün tam anlamıyla benimsenmesi için piyasadaki tüketiciler, sektör oyuncuları ve kamu kurumlarının belirli bir bilince ulaşması kritik olacaktır. Bu, dijital okuryazarlık becerileri, enerji dönüşümünün kendisi ve yeni iş modellerinin potansiyel faydaları hakkında bilinç düzeyinin artırılması ile başarılabilir. Ayrıca, son tüketicilerin ihtiyaç duyduğu operasyonel çabayı en aza indiren kullanıcı dostu çözümler geliştirmek için sektör oyuncularının işbirliği büyük önem taşımaktadır. Bu aynı zamanda, yeni ve mevcut sektör oyuncuları arasında işbirliğine izin vererek piyasanın rekabet ortamını iyileştirecektir. Kamu sektörünün çabasının da çok önemli olduğunun altı çizilmelidir; sektör için tutarlı ve uzun vadeli bir yol haritasının geliştirilmesi ve şeffaf bir şekilde paylaşılması, yeni modellerin ortaya çıkmasına olanak tanıyacaktır. Yol haritasının hazırlanması sırasında küresel vakaların ve uygulamaların incelenmesi fayda sağlayacaktır. Son olarak, nitelikli işgücünün sektöre çekilmesi ve elde tutulması, sektörün ilerlemesi için önemlidir ve bu konuda önlemler alınması büyük önem taşımaktadır.

Sosyo-kültürel alanda yapılması gerekenler aşağıda özetlenmektedir.

- Enerji tüketicilerinin dijital okuryazarlık seviyelerinin artırılmasına yönelik programlar geliştirilmelidir.
- Kamuoyunda enerji dönüşümü hakkında farkındalık seviyesini arttıracak programlar uygulanmalıdır.
- Ticarethane ve sanayi tüketicilerinin enerji dönüşümü ile sağlanacak fayda konusunda bilinçlendirilmeleri büyük önem taşımaktadır.
- Kamunun sektörde öncü rolü sebebiyle enerji dönüşümü ve yeni dijital teknolojilerin enerji sektöründe uygulanması ile ilgili net hedefleri olan yol haritalarının geliştirilmesi, bunun kamuoyu ile paylaşılması ve uygulamasının yakından takip edilmesi gerekmektedir.
- Sektör çalışanlarının yetkinliklerini geliştirmek için mesleki konularda ve özellikle yazılım geliştirme konusunda eğitimlerin verilmesi gerekmektedir.
- İşgücünün korunmasına önem verilerek, başta Ar-Ge personeli olmak üzere tüm insan kaynağının işinde mutlu olmasını sağlayacak destekler ve teşvikler sağlanmalıdır.

Finansal koşullar

Her türlü yatırım ve bunu destekleyen iş modellerinin hayata geçmesi finansal koşulların doğru şekilde kurgulanması ile mümkün olabilmektedir. Enerji sektöründeki finansal zorlukların getirdiği engeller, yeni iş modellerinin uygulanmasını geciktirmekte ve yeni çözümlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Teknik/kredi riskinden korunma mekanizmalarını içeren yenilikçi finansman modelleri, özellikle ESCO şirketleri için iş modellerinin yaygınlaşmasında çok önemli olacaktır. Bu projelerin mali ve performansa dayalı risklerini hafifletmek için, bankaların yatırımcılardan aldıkları teminat miktarını nihayetinde azaltacak bir teminat ve sigorta mekanizması oluşturulması ihtiyacı bulunmaktadır. Ayrıca, enerji tesisleri, altyapısı ve teknolojisinin yüksek yatırım maliyetleri, kur baskısı ve sınırlı bütçelerle mücadele eden potansiyel yatırımcılar için finansal teşvikler büyük önem taşımaktadır.

Yeni iş modellerinin hayata geçmesinde en kritik alanlardan olan finansal koşulların iyileştirilmesine ilişkin öneriler aşağıda belirtilmektedir.

- Yeni iş modellerinin hayata geçmesi için gereken finansal koşulların sağlanması ancak enflasyon, döviz kuru ve emtia fiyatları gibi temel parametrelerin öngörülebilir olması ile mümkün olabilecektir.
- Yeni iş modellerine imkân tanıyacak yeni tesis ve altyapıların ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle potansiyel yatırımlara yönelik teşvikler tanımlanmalıdır. Ancak daha önce de belirtildiği gibi misyonu sona eren teşvik mekanizmalarının zamanında sona erdirilmesi de ayrıca önemlidir.
- Enerjide dijitalleşme uygulamaları için gerekli olan kritik teknolojik altyapıların kurulumu için gerekli bütçelerin tarifelerde yer alması değerlendirilebilir.
- Enerji dönüşümünün ihtiyaç duyduğu finansman imkânlarının sağlanması için bankacılık ve enerji sektörü arasında eşgüdüm sağlanmalıdır.

Teknolojik altyapı

Enerji sektöründe dönüşüm ve sektörün dijitalleşmesi büyük bir teknolojik dönüşümü gerekli kılmaktadır. Bu büyük teknolojik dönüşümün gerçekleşmesi için aşağıda belirtilen adımların atılması gerekmektedir:

- Enerji sektöründe dönüşümü destekleyecek olan üç teknolojik uygulamanın – nesnelerin interneti, akıllı sayaç altyapısı ve batarya depolama – yaygınlaştırılması desteklenmelidir.
- Standart sayaç gereksinimlerinin belirlenmesi ve pilot uygulamaların hayata geçirilmesi için "Türkiye'nin Akıllı Şebeke Yol Haritası"nda akıllı sayaçlarla ilgili oluşturulan yol haritası izlenmelidir.
- Uzaktan ölçüm uygulamalarının benimsenmesini artırmak için OSOS kurulumu için minimum sınır azaltılmalıdır.
- Enerji depolama sistemlerinin şebekedeki rolünün yanı sıra mülkiyet haklarının belirlenmesine yönelik düzenlemeler ve daha küçük tüketicilerin enerji sınırlamalarının azaltıldığı bir ortamın oluşturulması için gerekli adımlar atılmalıdır.
- Yazılım, veri paylaşımı için standartlar ve referans dil belirlenmeli, veri doğrulama ve kalite kontrol süreçleri geliştirilmeli, Kişisel Verilerin Korunması Kanunu ile uyuşmazlıkların çözümüne yönelik mevzuat değişiklikleri ile desteklenmelidir.

Şebeke planlaması ve altyapı

Türkiye'de dağıtık enerji kaynaklarının artan kullanımı ve elektrifikasyon eğilimleri ile birlikte, şebeke altyapısının nasıl dönüşeceği tartışmaları başlamıştır. Bundan sonraki dönemde dağıtım şebekesi planlaması kapsamının dağıtık üretim, yeni talep biçimleri ve esneklik seçeneklerini içerecek şekilde yapılması gerekliliği ortadadır. Şebeke altyapısının yeni iş modellerini destekleyecek şekilde gelişmesi için atılması gereken adımlar aşağıda belirtilmektedir.

- Şebeke gelişim planı; talep tarafı katılımı, enerji verimliliği, enerji depolama tesisleri veya dağıtım sistemi işletmecisinin sistem genişletmeye alternatif olarak kullanacağı diğer kaynakların kullanımını da içermelidir.

- Şebeke gelişim planlaması için dağıtım ve iletim sistem işletmecilerinin işbirliğini ve koordinasyonu artırması gerekmektedir.
- Akıllı şebeke gelişimine ilişkin bütünsel planlamalar yapılmalı ve hayata geçirilmelidir. Bu kapsamda akıllı sayaç kurulumu, tüketim verilerine tüketici erişimi, şebekenin gerçek zamanlı izlenmesi, ortak sensör ve büyük veri analitiği uygulamaları, şebeke kapasitesinin ve kısıtlamalarının piyasa platformları aracılığıyla giderilmesi gibi uygulamalar akıllı şebeke şemsiyesi altında ele alınmalıdır.
- Hızla dönüşen enerji sektöründe mikro şebekeler, yerel ve merkezi olmayan şebekeler gibi alternatif şebeke yaklaşımları tanımlanmalı ve hayata geçirilmelidir.
- Çok yönlü enerji akışlarını mümkün kılacak altyapı yatırımları gerçekleştirilmelidir.
- Sistem planlamasında elektrikli araç şarj altyapısının getireceği yük dikkate alınarak planlama yapılmalıdır.

Kentsel gelişim

Son olarak kentsel alanları daha temiz enerji kaynaklarıyla elektriklendirmek ve artan enerji talebini karşılamak için, yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması ve elektrifikasyon eğilimleri (örneğin, ısı pompaları ve elektrikli araçlar) büyük ölçüde gerekli altyapının oluşturulmasına bağlıdır. Türkiye'nin kentsel dönüşüm projelerinin oldukça fazla olduğu bir ülke olması nedeniyle, hem güneş sistemlerinin yaygınlaşması gibi dağıtık enerji kaynaklarından maksimum verim elde etmek, hem de elektrikli araç şarj istasyonları ve ısı pompalarının yaygın kullanımı dâhil olmak üzere elektrifikasyon hedefleri için, bu kentsel dönüşüm projelerinde enerji dönüşümü dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak, yeni yapılarda çatı üstü güneş enerjisi sistemleri, batarya sistemleri, elektrikli araç şarj istasyonları ve ısı pompaları gibi teknolojilerin uygulanması, bu yeniliklerin genele yayılmasının önünü açacaktır.

Giriş

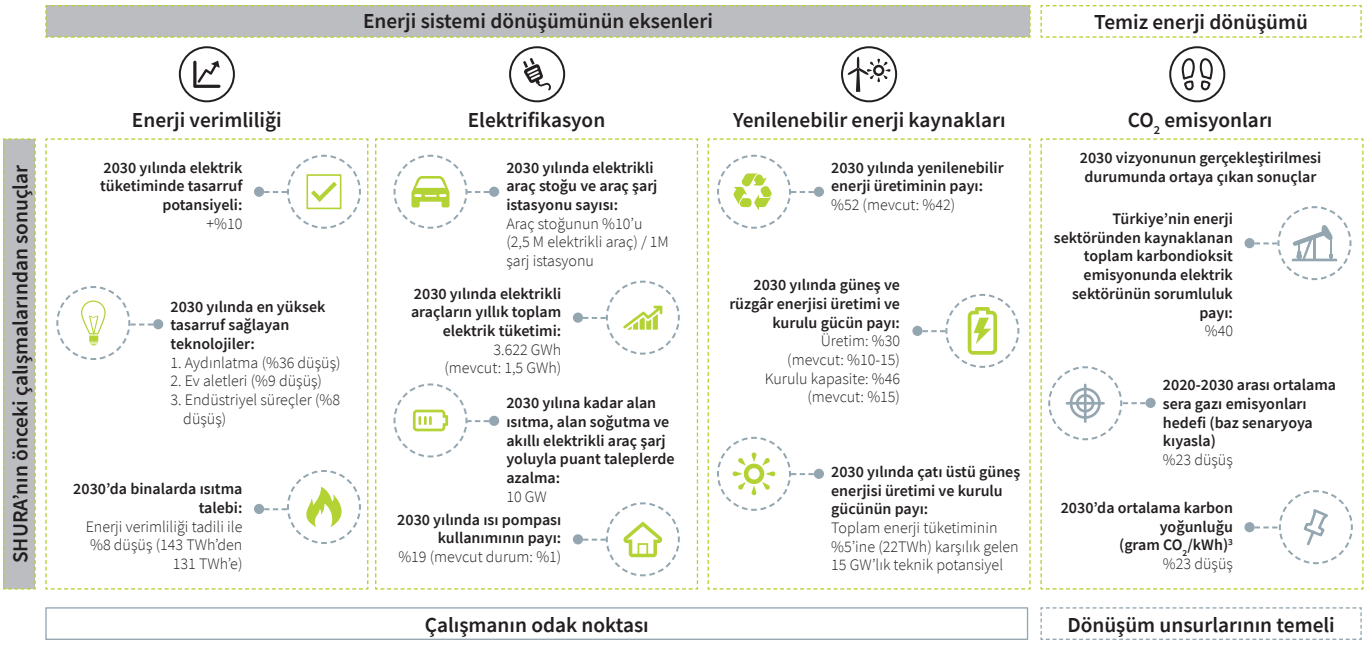
Türkiye, enerji tüketimi ve sera gazı salımı açılarından küresel düzeyde en hızlı büyüyen ülkeler arasında yer almaktadır. Artan enerji tüketimi, çevresel ve sosyoekonomik etkileriyle birlikte teknolojik gelişmelerin paralelinde, enerji sistemini bir dönüşüm yaşamaya zorlamaktadır. Bugün enerji dönüşümüne öncülük eden etkenler arasında, enerji verimliliği potansiyelleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde yaygınlaşması ve elektrifikasyon uygulamaları ön plana çıkmakta olup, bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT), dijitalleşme, yenilikçi politikalar, piyasa araçları ve finansman modelleri de bu dönüşüm sürecini desteklemektedir.

Kyoto Protokolü gibi küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi hedefleyen çerçeve anlaşmalar bu dönüşümü tetikleyici adımlar olmakla birlikte, Türkiye'nin de öncelikle 2008 yılında ilgili protokolü imzalayacağını belirtmesi ve 2009 yılında atılan adımlar sonucunda kanun tasarısının yasalaşması bu yönde önemli kilometre taşlarından biri olmuştur. Buna ek olarak, ilerleyen dönemlerde dünyadaki enerji dönüşümü inisiyatiflerini içeren kapsamlı bir iklim anlaşması olan Paris Anlaşması'nın ülkemiz tarafından 22 Nisan 2016 tarihinde imzalanması ve akabinde Cumhurbaşkanlığı Kararı ile 7 Ekim 2021 tarihinde onaylanması ile ülkemiz de bu dönüşüm yolculuğunda önemli adımlar atmayı hedefleri arasına resmi olarak koymuştur.

SHURA tarafından yapılan pek çok çalışmada enerji dönüşümünün ana eksenleri olan enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve elektrifikasyon konuları detaylı olarak işlenmiş, enerji dönüşümü sosyo-ekonomik faydaları da dâhil olmak üzere, tüm yönleriyle analiz edilmiştir. Öncelikle, dönüşümün önemli bileşenlerinden biri olan enerji verimliliği çalışmaları ile birlikte 2030 yılı itibariyle Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı projeksiyonları temel alınarak hazırlanan baz senaryoya kıyasla elektrik tüketiminde %10 tasarruf potansiyeli olduğu ve en yüksek tasarrufun aydınlatma (%36), ev aletleri (%9) ve endüstriyel süreçler (%8) alanlarında olduğu ortaya konulmuştur. Enerji verimliliği çalışmalarıyla binalardaki ısınma talebinin de %8 oranında azalabileceği öngörüler arasındadır (SHURA, 2020c). Enerji verimliliği uygulamalarıyla talebin yönetilmesinin yanında enerji arzının da çevreye olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi önem teşkil etmektedir. Bu anlamda yapılan çalışmalar, Türkiye'de elektrik sisteminin 2030 yılı itibariyle %30'u rüzgâr ve güneş enerjisinden olmak üzere, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik arzındaki payını %50 seviyesine kadar arttırmasının teknik ve ekonomik açıdan mümkün olduğunu göstermektedir (SHURA, 2020a). Dağıtık enerji kaynaklarının ana bileşenlerinden olan çatı üstü güneş fotovoltaik sistemlerinde 15GW'lık teknik potansiyelin olduğu hesaplanmıştır (SHURA, 2020b). Enerji dönüşümünün diğer önemli unsurlarından biri ise; emisyon salımından en büyük paylara sahip olan ulaştırma, binalar ve sanayi sektörlerinde enerjinin son kullanım alanlarında elektrifikasyonun yaygınlaşması olarak düşünülebilir. Elektrifikasyon potansiyelinin yüksek olduğu ulaştırma sektöründe elektrikli araçlara ilişkin olarak 16 Ocak 2020 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca 2030 yılına kadar 1 milyon adet elektrikli otomobil olacağı öngörüsü ifade edilmiştir (Anadolu Ajansı, 2020). Elektrikli araçların şebekeye olası etkilerinin incelendiği SHURA çalışmasında ise 2030 yılında toplam araç stokunun en az %10'unun elektrikli araçlara dönüşebileceği ve Türkiye'de planlanan şebeke yatırımlarının yapılması durumunda 2,5 milyon adet elektrikli binek aracın şebekeye entegrasyonunun mümkün olabileceği ortaya konulmuştur (SHURA, 2019). Hızlı bir şekilde yaygınlaşacağı düşünülen elektrikli araçlar

ve ısı pompaları gibi elektrifikasyon unsurlarının elektrik tüketimini daha da arttıracağı beklenmekte olup, akıllı şarj, talep tarafı katılımı gibi yeni eğilimlerin puant taleplerde azalma ve şebekede esneklik sağlayacağı düşünülmektedir (SHURA, 2021a). SHURA'nın bahsedilen dönüşüm unsurlarıyla ilgili yaptığı bazı çalışmaların sonuçları Şekil 1'de özetlenmiştir.

Şekil 1: *SHURA'nın daha önceki çalışmalarından bazı öne çıkan sonuçlar*



Bu çalışmanın en temel amacı, yukarıda özetlenen enerji dönüşümü kapsamında oluşan bu vizyonun hayata geçme sürecinde dijitalleşme ve yeni iş modellerinin önemini ortaya koymak ve Türkiye enerji sektörü için faydalı olabilecek öneriler geliştirmek olarak özetlenebilir.

Dünya çapında artan sera gazı emisyonu ve küresel ısınma endişeleriyle birlikte enerji tüketimi ve tüketilen enerjinin elde edildiği kaynaklar sorgulanmaya başlanmış, bu doğrultuda enerji verimliliği, sistemlerin elektrikli hale gelmesi ve elektriğin temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi gibi konular ön plana çıkmıştır. Bu doğrultuda, enerji verimliliği çalışmaları, yenilenebilir enerji kullanımı, dağıtık enerji kaynakları ve elektrifikasyonun yaygınlaşma hızı önemli ölçüde artmaktadır.

Günümüzde artan enerji tüketimiyle birlikte hem sanayide hem de meskenlerde hayata geçebilecek enerji tasarrufu hedefleri ile enerji verimliliği çalışmaları, enerji dönüşümünde önemli bir rol oynamaktadır. Diğer taraftan, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması, dağıtık enerji üretimi ve sayaç arkası bataryalar gibi diğer unsurların geliştirilmesi ve desteklenmesi için zemin hazırlamaktadır. Ayrıca, Türkiye'de çatı üstü güneş enerjisi mevcut potansiyelinin, dağıtık enerji kaynaklarının benimsenmesi seviyesini artırabileceği ve enerji dönüşümüne önemli bir katkıda bulunabileceği öngörülmektedir. Benzer şekilde, ulaştırmanın ve binaların elektrifikasyonuna yönelik yapılan çalışmalarla, elektrikli araçların adaptasyonu ve binalarda artan ısı pompası kullanımı yoluyla büyük ilerleme kaydedileceği beklenmektedir.

Enerji sistemindeki dönüşüme paralel olarak, elektrik sektörü değer zincirini dönüştürmeye yardımcı olmak üzere dijitalleşme uygulamaları ve dijital teknolojiler de daha yaygın hale gelmektedir. Dijitalleşme teknolojilerini enerji sistem ve süreçlerine entegre etmenin faydaları sonsuz olup, enerji sektörünün dijitalleşme evriminden yararlanan son sektörlerden biri olması, henüz keşfedilmemiş bir potansiyeli ortaya koymaktadır. Bazı dijital teknolojiler, işletmelerdeki yönetim şekillerinde dönüşüme yol açarken, diğerleri ise yeni iş modellerinin oluşturulmasına imkân verecektir.

Enerji sektöründe dönüşüm yaşandıkça ve dijital teknolojiler enerji sektörüne yeni çözümler kattıkça, daha önce var olmayan yeni fırsatlar ile birlikte bazı zorluklar da ortaya çıkabilecektir. Karşılaşılabilecek bazı olası zorluklar arasında, yaygınlaşan dağıtık enerji kaynaklarının (DEK) sisteme entegrasyonu, artan elektrifikasyonun yükünün yönetilmesi, elektrik şebekesinin güvenilirliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanması, tüketicilerin artan enerji tüketim seviyelerini yönetilmesi, değişen tüketici ihtiyaçlarının karşılanması ve son olarak, dijitalleşme potansiyelini ortaya çıkarmak için verileri etkin bir şekilde yönetilmesi yer almaktadır.

Dijital teknolojileri kullanan yenilikçi iş modelleri, belirtilen bu yeni ihtiyaçları ve zorlukları yönetmek için bir çözüm olarak görülmektedir. Bu tür modellerle farklı amaçlara ve hedef müşterilere odaklanılsa bile, hepsinin ortak amacı dönüşen enerji sistemine sağlıklı bir geçiş sağlanmasıdır. Yeni iş modellerinin enerji sektörüne entegrasyonu, son tüketicilere sağlanan yüksek esneklik imkânlarına ve yenilikçi enerji çözümlerinin yanı sıra dengeli bir elektrik şebekesinin sağlanmasına hizmet edecektir.

Dünyada uygulamaya konulan yeni birçok iş modeli, enerji sistemini farklı yönlerden iyileştirme imkânı sunarken, Türkiye'de mevcut piyasa yapısı, mevzuat, sosyo-kültürel, finansal ve altyapısal koşullar gibi nedenlerle sistem üzerinde nispeten daha az etkiye sahip olabileceği veya uygulamalarının zor olabileceği için öncelikler arasında yer almayabilir. Yeni iş modellerinin Türkiye piyasasında sorunsuz bir şekilde uygulanabilmesi için, modellerin enerji sektörü üzerindeki potansiyel etkileri (son tüketiciler, hizmet sağlayıcılar, finansal etkiler) ve fizibiliteleri kapsamında önceliklendirme yapılması esastır. Sonuç olarak, yakın gelecekte Türkiye'nin enerji dönüşümünde, enerji sektöründeki tüm paydaşlar için büyük potansiyele sahip uygulanabilir iş modellerine öncelik verilmelidir. Bu çerçevede, yeni iş modellerinin geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi sürecinde Türkiye enerji piyasasını da dikkate alarak, yeni iş modellerinin fizibilitesini daha iyi anlamak için modellerin uygulanmasında ve yaygınlaşmasında karşılaşılan engeller daha detaylı olarak incelenmelidir. Paydaş görüşmeleri kapsamında alınan değerlendirmeler doğrultusunda, Türkiye enerji sektöründe karşılaşılan başlıca engeller arasında ülkenin mevcut piyasa yapısı, mevzuat, sosyo-kültürel koşullar, finansal koşullar, teknolojik altyapı, şebeke planlaması ve altyapısı ile kentsel gelişim seviyesi yer almaktadır. Bu engellerin kapsamlı şekilde değerlendirmesi, küresel örnek ve uygulamaların araştırılarak önerilerin geliştirilmesi ile enerji dönüşümünün kolaylaştırılması için bu raporun hazırlanmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Bu kapsamda, 2. Bölüm'de enerji dönüşümünün ana bileşenleri, bu bileşenlerin tetikleyici unsurları ve 2030 yılına doğru gidilen süreçte enerji sektöründe Türkiye'yi bekleyen yenilikler değerlendirilmektedir. Enerji dönüşümünün önemli bir parçası olan ve bu dönüşümde mümkün kılıcı faktör olarak değerlendirilen dijitalleşme eğilimlerinin dünyadaki ve Türkiye'deki gelişimi 3. Bölüm'de detaylı olarak incelenmekte olup,

sonrasında Türkiye özelinde potansiyel etkilerinin neler olabileceği tartışılmaktadır. Enerji dönüşümü ile birlikte ortaya çıkan zorluklar, ihtiyaçlar ve bu zorlukların üstesinden gelmek için ortaya çıkabilecek yeni iş modelleri ise 4. ve 5. Bölüm'lerde ortaya konulmaktadır. Bu yenilikçi iş modelleri, yaratacakları etki ve uygulanabilirlikleri açısından sektör paydaşları ile gerçekleştirilen görüşmeler ve çalıştaylarla birlikte değerlendirilmiş ve önceliklendirmeler yapılmıştır. Dünyadaki gelişmelerin, dijital teknolojilerin, mevcut durumdaki zorlukların ve yeni iş modellerinin detaylı incelenmesinin ardından raporun son kısmında (7. ve 8. Bölüm) Türkiye'de bu modellerin yaygınlaşmasının önündeki engeller değerlendirilmiş bu engellerin aşılması için öneriler geliştirilmiştir.

1. Enerji sistemi dönüşümünün ana bileşenleri

Enerji ekosisteminin çevreye zararlarını en aza indirme hedefleri doğrultusunda ortaya çıkan ve diğer unsurların merkezinde yer alan "karbonsuz enerji sistemine geçiş" dünyadaki enerji dönüşümünde temel teşkil eden ve geleceği şekillendiren ana unsurlara altlık oluşturmaktadır. Enerji sistemi dönüşümünün ana bileşenleri;

(1) Enerji tüketiminin hızla artmasından dolayı uzun süredir odak noktasında olan "enerji verimliliği",

(2) Karbonsuz enerji üretimini destekleyen, daha yerel bir üretim ve tüketim dengesi sağlayan ve tüketicilere daha fazla bağımsızlık sağlama alanında faydalar sunan "yenilenebilir enerji" ve

(3) Karbonsuz elektrik sistemiyle paralel olarak, elektrik kullanımının artmasıyla fosil yakıtların kullanılmasını azaltan ve yenilenebilir enerji kullanım potansiyelini artıran "elektrifikasyon" olarak özetlenebilir.

Bu unsurlar enerji sektöründe ortaya çıkan dijitalleşme eğilimleri ile birlikte yeni iş modellerinin ortaya çıkmasındaki temel sebepler ve tetikleyici faktörler olarak değerlendirilebilir.

1.1 Karbonsuz enerji sistemine geçiş

Enerji sisteminin karbonsuzlaşması kapsamında, fosil yakıtların kullanımını ortadan kaldırmak ve karbondioksit, metan, nitröz oksit ve hidroflorokarbonlar gibi kirleticileri bertaraf etmek tüm ülkeler için küresel bir gereklilik olmuştur. Ülkeler ve yetkili kurumlar bu amaçla, sera gazı emisyonlarının zararlı etkilerini hafifletmek üzere orta/uzun vadeli stratejiler ve hedefler belirlemektedir. Örneğin, ısıtma/soğutma kapsamında yenilenebilir enerji kullanımı için %1,3'lük bir büyüme oranı hedefi belirlenmiştir (Avrupa Parlamentosu, 2021). Sera gazı emisyonlarının oluşmasında elektrik üretim, imalat sanayi ve ulaştırma sektörleri büyük rol oynarken, başta elektrik sektörü olmak üzere tüm enerji sisteminin karbonsuzlaşması büyük önem teşkil etmektedir. Karbonsuzlaşma aynı zamanda, toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmak, karbondioksit ve diğer sera gazlarını salan sektörlerde elektrifikasyonu sağlamak ve elektriğin verimli şekilde kullanımı ile talebi azaltmak için motivasyon sağlamaktadır. Bu nedenle, temiz enerjiye geçiş yapılarak enerji sisteminin karbonsuzlaştırılması genel sistem dönüşümü için de temel oluşturmaktadır.

Türkiye'de elektrik sektörü, sera gazı emisyonlarının en önemli parçası olan toplam karbondioksit emisyonunun %40'ından sorumludur. Bu nedenle, elektrik sektöründe atılacak adımların, çevreye olan zararlı etkilerin azaltılmasında önemli sonuçları olacaktır.

1.2 Enerji verimliliği

Yenilenebilir enerji kaynakları, Türkiye'nin enerji stratejisinde son yıllarda önemli yer edinmiş olmasına rağmen, enerji verimliliği aslında çok daha uzun süredir odak noktasındadır. Bunun nedeni, enerji verimliliği teknolojilerinin ve çözümlerinin çeşitliliği, düşük maliyeti ve büyük faydalarıdır. Ayrıca, Türkiye gibi enerji tüketiminin hızla arttığı ülkeler için yeni santrallerde, endüstriyel tesislerde ve binalarda enerji verimliliğine ulaşmak teknik olarak çok daha kolaydır.

Öncelikli olarak ana ihracat pazarları olmak üzere pek çok ülkenin koymakta olduğu 2050 yılına kadar sıfır karbon emisyonu hedeflerinin Türkiye'deki iş yapış şekillerini etkilemesi beklenmektedir. Önce endüstriyel tesislerde, daha sonra ticari binalarda ve son olarak da konutlarda enerji verimliliği çözümlerine aktif olarak katılmak, iklim hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olacaktır. Bu bağlamda, SHURA tahminleri Türkiye'nin 2030 yılına kadar elektrik tüketiminde %10 tasarruf edebileceği yönündedir (SHURA, 2020c). En fazla tasarruf sağlanan alanların ise aydınlatma (%36 tasarruf), ev aletleri (%9 tasarruf) ve endüstriyel süreçler (%8 tasarruf) olması beklenmektedir. Bunun dışında, ısıtma da enerji verimliliğinin artırılabileceği bir alan olarak görülmekte olup, enerji sistemi iyileştirmeleri ile birlikte 2030 yılına kadar %8 enerji tasarrufu sağlanabileceği tahmin edilmektedir (SHURA, 2021a).

1.3 Yenilenebilir enerji

Enerji sistemi dönüşümünün temel unsurlarından biri olan yenilenebilir enerji üretimi, karbonsuz enerji üretimini destekleme, daha yerel bir üretim ve tüketim dengesi sağlama ve tüketicilere daha fazla bağımsızlık sağlama alanlarında çok yönlü faydalar sunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları şebeke ölçeğindeki tesisler ve dağıtık enerji kapasite kurulumları olarak düşünülebilmektedir. Dağıtık enerji tesisleri, şebekeye bağlı enerji tesisleri ve yeni iletim hatlarının kurulmasına kıyasla daha hızlı ve daha ucuz seçeneklerdir. Enerjinin geleceği göz önüne alındığında dağıtık enerji kaynaklarının oldukça hızlı şekilde yaygınlaşacağı öngörülmektedir (IRENA, 2019). Dağıtık enerji üretimi yatırım maliyetlerini düşürme, hizmet güvenilirliğini iyileştirme ve enerji kalitesini artırma potansiyeline sahiptir. Dağıtık enerji üretimine yönelik 2030 yılı öngörüleri, öncelikle yenilenebilir enerji üretiminin payının artırılması ile başlayıp, güneş ve rüzgar kaynaklarının hem enerji üretimi içindeki hem de kurulu güç içindeki payının artırılması ile devam eden ve çatı üstü güneş enerjisi santrallerinin potansiyeli ile son bulan yukarıdan-aşağıya bir yaklaşımla ele alınabilir.

Türkiye'de karbonsuzlaşmanın nihai hedefi tüm dünya ile aynı olup, temiz enerji dönüşümü için yenilenebilir enerji kaynaklarının rolünün artırılmasıdır. Bu doğrultuda 2020'de elektrik enerjisi arzındaki payı %42 olan yenilenebilir enerjinin, 2030 yılına kadar %50'nin üzerine çıkarılmasının teknik ve ekonomik açıdan mümkün olduğu ortaya konulmaktadır (SHURA, 2021) .

Mevcut durumda en uygun maliyetli elektrik üretim seçenekleri olan güneş ve rüzgar, en umut verici yenilenebilir enerji kaynakları olmalarına rağmen, Türkiye'de hala kullanılmayan yüksek bir potansiyel barındırmaktadır. Güneş ve rüzgar santrallerinin kurulum maliyeti azaldıkça, gelecekte bu kaynaklar enerji üretiminde daha da önemli bir rol oynayacak ve %46 kurulu kapasite payı ile toplam enerji üretiminin yaklaşık üçte birini oluşturabileceklerdir (SHURA, 2020a).

Türkiye'nin nihai enerji tüketiminde binalar, sanayi sektöründen sonra ikinci büyük paya sahiptir. Artan kentleşme ve nüfus artışı nedeniyle, binalardaki toplam enerji talebinin daha da artması muhtemeldir. Fotovoltaik sistemlerle çatı üstü güneş enerjisi üretimi, şebeke elektriğine olan bağımlılığı en aza indirirken, yerinde üretimle dağıtım kayıplarını azaltarak, sistem verimliliğini artırmaya yardımcı olacaktır. Çatı üstü güneş enerji sistemleri için kurulu kapasite teknik potansiyeli halihazırda 15 GW olup, bu kapasitenin toplam enerji üretimi içerisinde 22 TWh seviyesinde bir paya sahip olabileceği öngörülmektedir (SHURA, 2020b).

1.4 Elektrifikasyon

Fosil yakıtlara bağımlı yoğun enerji kullanan sektörlerin elektrifikasyonu, Türkiye'nin enerji dönüşüm stratejisinin kritik bir bileşeni olacaktır. Karbonsuz bir gelecek için fosil yakıtların kullanıldığı alanların elektrifikasyonu ve artan elektrik talebinin yenilenebilir enerji ile karşılanması elektrik sistemi için önem arz edecektir.

Elektrifikasyonun seçenek olarak sunulabileceği başlıca alanlar ulaştırma, binalar ve sanayidir. Genel olarak bakıldığında, Türkiye'de bu alanlardaki elektrifikasyon oranının yüksek olacağı öngörülmektedir. Elektrikli araç (EV) stoku, 2030 yılına kadar 2,5 milyon araca ulaşma potansiyeline sahip olup, Türkiye'nin toplam araç stokunun yaklaşık %10'unu oluşturabilecektir. Elektrikli araçların yıllık elektrik tüketimi yaklaşık 4-5 TWh olacak ve bu tüketim ülke genelindeki 1 milyon şarj istasyonu üzerinden sağlanabilecektir (SHURA, 2019). Diğer yandan, ısı pompalarının uygulanma oranı artarsa, bulundukları iklim bölgelerinden bağımsız olarak, yeni binaların %50'si ve mevcut binaların %10'unda ısı pompaları kullanılabilecektir. 2030 yılına kadar Türkiye genelinde yaklaşık 1,9 milyon ısı pompasının kullanıma alınması ve binalardaki paylarının %1'den %19'a yükselmesi muhtemeldir. Isıtma ve soğutma için ısı pompalarının ve ulaşımda elektrikli araçların kullanımı sonucu tüketimin artacağı bir gerçek olsa da, talep tarafı katılımının 2030 yılına kadar puant talebi 10 GW kadar azaltabileceği öngörülmektedir (SHURA, 2021a).

Enerji sistemi dönüşümünün bu üç ana bileşeni bütüncül olarak değerlendirildiğinde, bu dönüşümü mümkün kılacak veya hızlandıracak yenilikçi çözümlere ve iş modellerine ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Dijitalleşme ve ilgili teknolojiler bu dönüşüm ile doğabilecek yeni ihtiyaçlara birer çözüm olabilecek en önemli unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu kapsamda, neden dijitalleşmenin önem arz ettiğinin anlaşılması, dünyadaki dijitalleşme eğilimlerinin enerji sektörü açısından ayrıntılarıyla değerlendirilmesi ve dijital teknolojilerin kullanım alanlarının ortaya konulması gerekmektedir. Bölüm 2'de bu konular ele alınmaktadır.

2. Dijitalleşmede güncel eğilimler

Enerji sisteminin dönüşümü ve temiz enerjiye geçiş, sektörde yaşanan dijital devrime paralel olarak gerçekleşmektedir. Bir yandan dağıtık enerji üretimi çoğalmakta, elektrifikasyon artmakta ve verimlilik uygulamaları daha yaygın hale gelmekteyken, diğer yandan da dijital teknolojiler tüm elektrik değer zincirini yeniden yapılandırmaktadır. Dijital teknolojiler ve yeni iş modellerinin, enerji sistemi dönüşümüyle ortaya çıkması muhtemel zorlukları aşmaya yardımcı olurken, aşılması gereken bazı yeni zorlukları da beraberinde getirmesi muhtemeldir.

Dijitalleşme teknolojilerini ve bunları genel dönüşümde katalizör olarak kullanan yeni iş modellerini anlayabilmek için, öncelikle çeşitli kavramsal başlıkların ve Türkiye'deki mevcut durumun analiz edilmesi gereklidir. Öncelikle neden dijitalleşmeye ihtiyaç duyulduğunun, enerji ve şebeke hizmet sektörünün diğer sektörlere kıyasla dijital olgunluk eğrisinde nerede durduğunun anlaşılması gerekmektedir. Ancak bundan sonra dijitalleşmenin enerji sektörünü şekillendiren yerini alması mümkündür. Bu durum, yarının elektrik değer zincirinin ve bu yeni değer zincirinde önemli teknolojik gelişmelerin farklı kullanım amaçlarının anlaşılmasını sağlayacaktır. Son olarak ise, Türkiye enerji sektörünün dijitalleşme açısından olgunluk değerlendirmesinin de yapılması gerekmektedir.

2.1 Neden dijitalleşme?

Dijitalleşme, dijital ve fiziksel dünyalar arasındaki artan etkileşim ve yakınsama olarak tanımlanabilir (IEA, 2017). Dijital dünyanın; veri, analitik ve bağlantı olmak üzere üç temel unsuru bulunmaktadır. Dijitalleşmenin artırılması, bu üç unsurdaki gelişmelerle mümkün olmaktadır:

- Veri: Sensörlerin ve veri depolama maliyetlerinin düşmesi sayesinde veri hacimlerinin artması,
- Analitik: Gelişmiş analitik ve bilgi işlem kabiliyetlerinde hızlı ilerleme ve son olarak,
- Bağlantı: Daha hızlı ve daha ucuz veri iletimi ile bağlantı imkânlarının artması.

Bu gelişmeler sayesinde dijital teknolojiler, enerji sektörü de dâhil olmak üzere tüm sektörlerde daha yaygın hale gelmektedir (IEA, 2017).

Dijitalleşme teknolojilerinin enerji varlıklarına ve operasyonlarına entegrasyonu, beş ana alanda fayda sağlamaktadır. Bunlar tüm dünyadaki enerji sistemlerinin güvenliğinin, üretkenliğinin/verimliliğinin, erişilebilirliğinin ve sürdürülebilirliğinin artırılmaya yardımcı olunması ve beklentilerinin daha iyi şekilde karşılanması için müşterilerin enerji sisteminin merkezine konulması olarak sıralanabilir. (IEA, 2017).

Şekil 2: *Dijitalleşmenin faydaları*

Kaynak: Deloitte analizi

Dijitalleşme, enerji sektörü için hızlı ve otomatik yanıtlar almayı kolaylaştıran güvenilir ve gerçek zamanlı verilere erişim sağlanmasına imkân tanımaktadır. Aynı zamanda, hem enerji güvenliğinin sağlanması hem de düzgün işleyen bir piyasa ortamının oluşturulması açısından sistemin güvenliğini artıran enerji kaynaklarına daha güvenilir erişimi mümkün kılmaktadır. Ayrıca, geri ödeme süreleri daha kısa olan önemli enerji tasarruflarına imkân tanıyan daha gelişmiş süreç kontrolleri oluşturmaktadır. Enerji sisteminin, dijitalleşme teknolojilerini esas alan altyapı yönetimini de kullanarak sürdürülebilir olması gerekmektedir. Dijital teknolojiler, tüm bu faydalarının yanı sıra, genel müşteri deneyimini iyileştirmeye yönelik daha iyi hizmetler sunmayı hedeflemektedir.

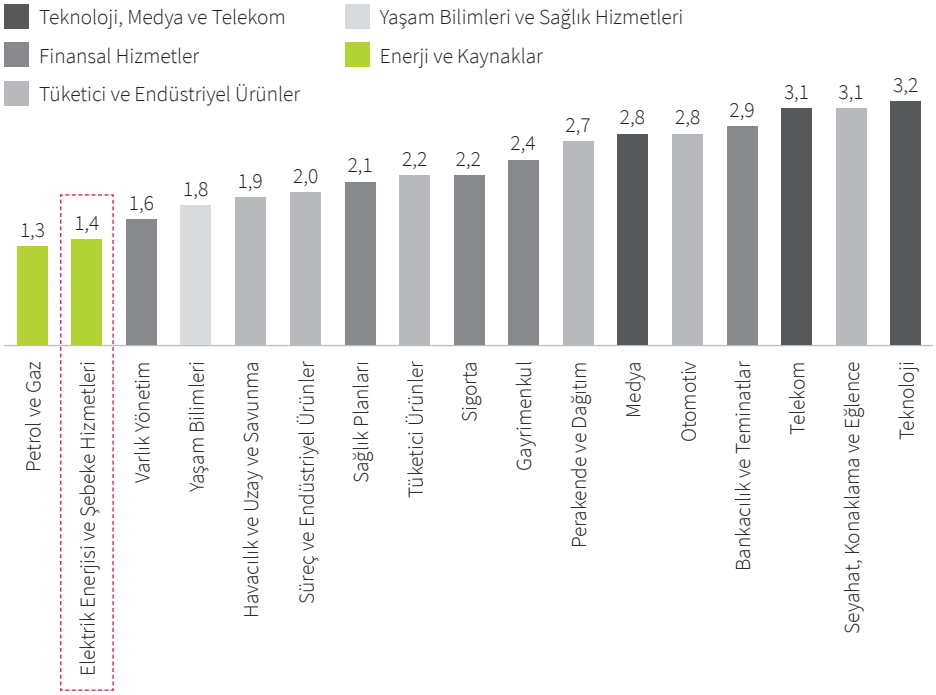
Dijital teknolojiler, enerji sektörünün rekabet ortamını da değiştirmektedir. Dijitalleşme, iş risklerini en aza indirirken gelirleri artıran maliyet avantajları sunmaktadır. Sonuç olarak, önemli dönüşüm fırsatlarıyla karşı karşıya kalan sektör oyuncuları, geleneksel yöntemler yerine dijitalleşme yoluyla başarıya ulaşabilmektedir.

2.2 Enerji sektörünün dijital olgunluk seviyesi

Dijitalleşmenin beraberinde getirdiği önemli avantajlar olsa da, bu tür teknolojilerin benimsenme oranı sektörler arasında farklılık göstermektedir. Dijital olgunluk, sektörlerin ve kuruluşların hedeflerine ulaşmada dijital teknolojileri ne kadar iyi kullandıklarını ve farklı sektörlerden sayıları artmakta olan şirketlerin, bu teknolojileri ana faaliyet alanlarına entegre ederek dijital dönüşüme ne kadar yatırım yaptığını gösteren bir ifadedir. Buna karşın, dijitalleşme, sadece mümkün olan en ileri teknolojiye yatırım yapmak demek değildir. Başarılı dijital dönüşümün yolu, kuruluşların istenen iş sonuçlarını en düşük maliyetle elde etmelerini sağlayan optimum bir dijital olgunluk düzeyine ulaşmaktan geçmektedir.

Deloitte'un S&P 100'deki şirketlere ilişkin Dijital Olgunluk Endeksi (DMI) çerçeve çalışmasına göre enerji sektörü, sektörleri dönüştürme kabiliyetine sahip dijitalleşme dalgasıyla karşılaşan son sektörlerden biri olmuştur. Enerji sektöründe faaliyet gösteren büyük şirketlerin çoğu dijital stratejiler geliştirmiş ve uygulamaya başlamış olmasına rağmen, işletmelerde hala erişim ve kullanım potansiyeli olan verilere dokunulmamış birçok alan halen bulunmaktadır.

Şekil 3: *Sektörlere göre ortalama dijital olgunluk*



Kaynak: Deloitte Dijital Olgunluk Endeksi (DMI)
Not: Monitor Deloitte, DMI'yi S&P 100 şirketlerinin dijital kabiliyetleri üzerine yaptığı bir araştırmayı esas alarak geliştirmiştir.

2.3 Yıkıcı güçler ve dijitalleşme

Enerji sistemi dönüşümünün üç ekseni, yeni enerji sisteminin temelini oluşturmaktadır. On yıldan uzun bir süredir gelişen yıkıcı güçler bu dönüşümü yeniden şekillendirmekte ve süreci yeni bir geleceğe doğru yönlendirmektedir. Bunlar;

- Akaryakıt fiyatlarındaki değişiklikler,
- Güneş enerjisi kullanımdaki artış,
- Değişen yük seviyeleri,
- Değişen tüketici davranışları,
- Yeni performans zorlukları ve beklentileri,
- Öngörülemeyen hava koşulları,
- Yeni piyasa katılımcıları ve
- Artan siber saldırılar

olarak sıralanabilir.

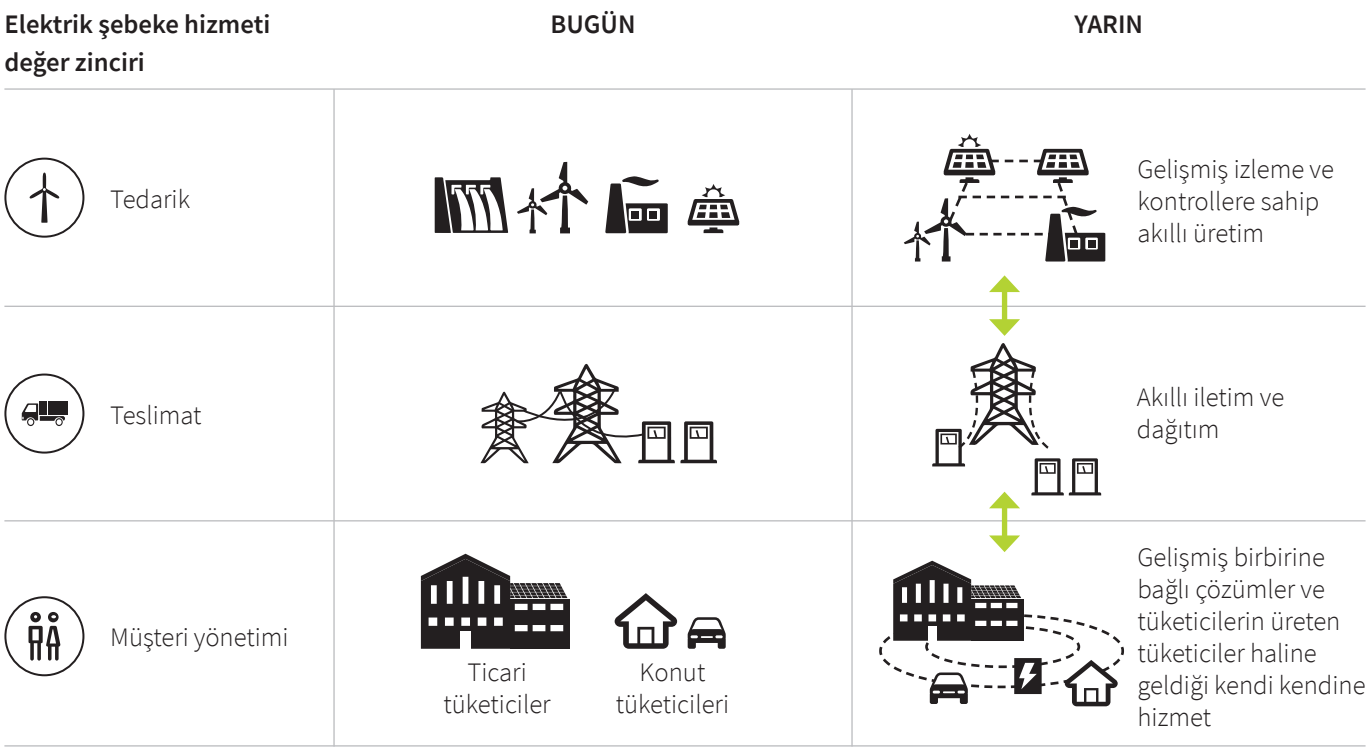
Bu yıkıcı güçler, dijital teknolojiler, dijital inovasyon modelleri, kültür ve değişim yönetimi, çevikliği desteklemeye ve değeri daha hızlı yönlendirmeye yönelik çekirdek bir dijital ekip kurulması, siber güvenlik, iş gücü yönetimi ve bulut çözümleri gibi farklı çözümlerle yönetilebilmektedir. Dijital teknolojilerin bu çözümler arasında oldukça önemli bir rolü bulunmaktadır. Daha hızlı, daha ucuz, daha güçlü bilgi işlem ve gelişmiş bağlantı imkânları; sensörler, mobil kullanım, gelişmiş analitik, robotik, katmanlı üretim, bulut bilişim, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi (ML), blok zincir ve sanal/artırılmış gerçeklik (VR ve AR) gibi teknolojilerin giderek artan yayılımını körüklemektedir.

2.4 Elektrik değer zincirinin dijital dönüşümü

Dijital devrim, elektrik değer zincirini her düzeyde dönüştürmektedir. Yenilenebilir enerji, dağıtık enerji kaynakları, enerji verimliliği uygulamaları, akıllı şebekeler ve akıllı müşteri çözümleri, yeni yetkinliklere gerek duymakta ve yeni iş modellerine zemin oluşturmaktadır. Dijital ekonomi oyuncuları, yeni ürünler ve yönetim seçenekleriyle endüstriyel ortamı yapılandırırken, kamu ve düzenleyici kurumlar daha akıllı ölçüm sistemlerini ve enerji üretimi ve tüketimi için daha yeşil standartları genelleştirmeyi hedeflemektedir.

Bu beklentileri karşılamak için yarının elektrik değer zinciri tamamen dijital hale getirilecektir. Dijitalleşme, arz ve talep arasındaki geleneksel sınırları yıkmak da dâhil olmak üzere, enterkonnekte enerji sistemlerinin yeni mimarilerini inşa etme potansiyeline sahiptir. Tek yönlü enerji ve bilgi akışı, değer zincirinin farklı seviyeleri arasında geliştirilmiş iletişim yoluyla iki yönlü bir akışa dönüştürülecektir.

Şekil 4: *Bugünün ve yarının elektrik değer zinciri*



Kaynak: Deloitte analizi

Değer zincirinin tedarik ile ilgili ilk seviyesi, kendini geliştirme, kendini dengeleme/stabilize etme ve kendi kendine teşhis etme zekâsına sahip daha düşük kapasiteli, daha esnek birimlerden oluşan, daha çeşitli ve merkezi olmayan bir şebekeye doğru gelişeceğini göstermektedir. Isı oranlarını, emre amadeliği ve talebe yanıt verme hızını artıran kapsamlı izleme, zekâ ve otomatik kontroller bu dönüşümün destekçileri olacaktır. Enerji dağıtımı, iletişim özellikli ve kendi kendini iyileştiren bir ağ aracılığıyla gerçekleşecektir. Enerji dağıtımı böylelikle, iki yönlü enerji akışlarını, karmaşık talep yönetimini ve şebeke varlıklarının sorunsuz bir şekilde çalışmasını sağlayarak dengeleyici olarak hareket edebilecektir. Varlıkların operasyonlarını etkin bir şekilde sürdürmesi ile şebekenin güvenilirliği artarken işletme maliyetleri önemli ölçüde azalacaktır.

Enerji dönüşümüyle birlikte müşteri yönetiminde de büyük değişiklikler gerçekleşecektir. Şebeke hizmet şirketleri; gelişmiş müşteri olanakları, mobil uygulamalar, veri analitiği, iletişim ve enerji yönetimi çözümlerini uygulayarak müşterileriyle olan ilişkilerini ve sahip oldukları müşteri bilgilerini geliştirecektir.

2.5 Değer zinciri boyunca dijitalleşme teknolojileri uygulamaları ve faydaları

Enerji sektöründe dijitalleşme, verileri değere dönüştürmek anlamına gelmektedir. Bu açıdan bakıldığında, birkaç temel dijital teknoloji, enerji sektöründe yeni fırsatları mümkün kılmakta, endüstrinin sınırlarını ve dinamiklerini değiştirmekte ve işletmelerin varlıklarını optimize etmelerine yardımcı olmaktadır. Enerji sektörünün dijital dönüşümüne yönelik fırsatlar arasında robotik süreç otomasyonu (RPA), artırılmış gerçeklik (AR) ve giyilebilir teknolojiler, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI) ve makine öğrenimi (ML) ile büyük veri ve blok zincir olmak üzere beş dijital teknoloji sektörde yaygın kullanımlarıyla öne çıkmaktadır. RPA tekrarlayan görevleri otomatikleştirmek için kullanılan bir yazılım teknolojisiyken, AR ses, görsel öğeler veya diğer duyusal uyarıcıların eklenmesiyle gerçek yaşam ortamının değiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Diğer taraftan IoT, cihazlar ve sistemlerin veri alışverişi yapmak için sensörler, yazılımlar ve diğer teknolojilerle donatılan fiziksel nesnelerin ağını tanımlamaktadır. Bu fiziksel nesnelerden toplanan veriler ise insan düşünme kabiliyetini ve davranışını simüle edebilen akıllı makineler (AI) yardımıyla anlamlandırılabilmekte ve hatta makinelerin açıkça programlanmadan verilerden öğrenmesini sağlayan bir yapıyı (ML) besleyebilmektedir. Verilerin, bilgilerin ve işlemlerin transferinin ve kaydının sağlandığı dağıtık yapıdaki bir veritabanı sistemi olan blok zincir teknolojisi de bu halkanın en sonu olarak düşünülebilir. Yenilenebilir enerjinin kullanılması, enerji sektörünün karmaşıklığını ve esneklik ihtiyacını artırdığından dolayı, bu teknolojilerden üçü öne çıkmaktadır: (1) IoT, (2) AI & ML ve büyük veri ve (3) blok zincir (IRENA, 2019). Diğer yandan, RPA ile artırılmış gerçeklik ve giyilebilir teknolojiler, şirketlerin tüketiciye dönük olmayan işlevlerinden oluşan insan kaynakları, bilişim teknolojileri ve muhasebe gibi bölümleri kapsayan arka ofis ve enerji varlıkları kurulumu, bakımı ve onarımını kapsayan saha süreçlerinde kullanılabilecek teknolojiler olarak değerlendirilmektedir. Yeni iş modellerinin ortaya çıkmasında rol oynayan üç öncü teknolojinin aksine, arka ofis ve saha süreçlerinde kullanılan teknolojiler, mevcut iş modellerini daha teknolojik hale getirerek verimliliği artırmaya ve mevcut sistemleri optimize etmeye yardımcı olmaktadır.

2.5.1 Yüksek etki potansiyeline sahip temel dijital teknolojiler

Dijital teknolojiler büyük miktarda verinin toplanması, analiz edilmesi, kontrol edilebilirliğin ve sistem esnekliğinin arttırılması ile birlikte enerji sistemini yeniden şekillendirmektedir. Büyük miktarda verinin toplanmasında fiziksel nesnelerin birbirleriyle bağlantısını sağlayan IoT teknolojisi, bu verinin depolanmasında, analizinde, sistem kontrolünün sağlanmasında ve esneklik opsiyonlarının değerlendirilmesinde yaygın kullanım alanına sahip AI ve ML teknolojileri ve son olarak eşler arası ticaretin ve diğer işlemlerin merkezi olmayan bir sistemde kayıt altına alınmasına izin veren blok zincir teknolojisi enerji sektöründe yüksek etki potansiyeline sahip temel dijital teknolojiler olarak konumlanmaktadır.

Şekil 5: *Temel dijital teknolojiler*

Kaynak: Deloitte analizi

Nesnelerin interneti (IoT)

IoT, birbirleriyle sorunsuz bir şekilde iletişim kurmalarına olanak sağlamak suretiyle cihazları, insanları, verileri ve süreçleri birbirine bağlamaktadır. IoT, uygun sensörler ve iletişim ağları aracılığıyla büyük miktarda veri toplayarak, işleyerek ve değiş tokuş ederek farklı işlemlerin daha ölçülebilir olmasını sağlamaya yardımcı olabilmektedir. Bu değiş tokuş, elektrik son kullanıcı sektörleri (mesken, ticarethane ve sanayi tesisleri) ve elektrik şebekeleri arasında gerçekleşmekte ve elektrik sistemlerini daha verimli, güvenilir ve "akıllı" hale getirerek enerji sektöründe yeni fırsatlar yaratmaktadır. Elektrikli araçların entegre kontrolü ve araçtan şebekeye bağlanma (V2G) çözümleri, IoT'nin şebeke operasyonlarındaki diğer uygulama alanları arasında yer almaktadır.

IoT'ye dayalı bir enerji yönetim sisteminde, değer zincirinin herhangi bir adımında gerçek zamanlı enerji üretim ve tüketim seviyeleri izlenebilmektedir. Bu durum, sadece arz güvenliğini iyileştirmekle kalmamakta, aynı zamanda varlık kullanımını ve yönetimini kolaylaştırmakta, yük kayıplarına müdahaleyi hızlandırmaktadır. Buna ek olarak, IoT sistemleri, işletimdeki herhangi bir arızayı veya enerji verimliliğindeki anormal düşüşü ayırt ederek, bakım ihtiyacını alarma geçirmek suretiyle hizmet güvenilirliğini artırmaktadır. Ayrıca IoT, üretimi talep ile dengelemede esneklik sunarak

yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında karşılaşılan zorlukları azaltmaktadır. Sonuç olarak IoT, tüketiciler için sürdürülebilir, ekonomik ve güvenli elektrik kaynaklarının verimli bir şekilde sunulmasını sağlamaktadır.

Değer zincirinin tüketici yönü için IoT teknolojisinin oynayacağı kritik bir rol vardır. Değer zincirinin merkezinde konumlanan enerji müşterilerine, IoT donanımlı akıllı evler aracılığıyla, varlıkları üzerinde kapsamlı bir konfor ve tam kontrol imkânı sağlanmaktadır. Bunun sonucunda, enerji varlıklarını kontrol etme yeteneği, şebeke için yeni esneklik seçenekleri sunmaktadır. IoT aracılığıyla merkezi kontrol (cihazların yükünü ve işleyişini analiz ederek birçok tüketicinin yükünü atarak, değiştirerek veya dengeleyerek), talep tarafı yönetimi ile tüketicilerin enerji tüketiminin değiştirilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, IoT'nin diğer önemli uygulama alanları arasında, batarya enerji yönetimi, gelişmiş ölçüm altyapısı ve akıllı binalar, ayrıntılı yük varyasyonlarına erişim sağlamak, cihazları en iyi şekilde kontrol etmek, bataryaları şarj/deşarj etmek için en uygun stratejiyi belirlemek ve sonuç olarak enerji verimliliğini artırmak sayılabilir.

Yapay zeka (AI) ve Makine öğrenimi (ML), Büyük veri

Büyük veri ve AI, mobil sanal asistanlardan görüntü tanıma ve çeviriye ve diğer birçok kullanıma kadar modern hayatımızda giderek daha önemli bir rol oynamaya başlamıştır. Büyük veri, enerji şirketlerinin analitik araçlar aracılığıyla çok büyük miktarda bilgiyi (enerji üretimi/tüketimi vb.) toplamasına, depolamasına ve analiz etmesine olanak tanımaktadır. Önümüzdeki yıllarda, bu teknolojilerin yenilikçi kullanımlarının, açıkça talimat almaksızın sistemin davranışını değiştirebilmek suretiyle enerji sistemlerinde yaygınlaşması beklenmektedir.

Gelişmelerle birlikte AI teknolojisi, çeşitli paydaşların (örneğin tüketiciler, üreticiler, iletim ve dağıtım işletmecileri, perakende şirketleri) ihtiyaçlarına yanıt veren birçok otomatik olarak kontrol edilebilir kaynağın kullanımını mümkün kılacaktır. Bu gelişmiş kontrol düzeyi, sistem esnekliğini en üst düzeye çıkarırken ve yüksek DEK paylarına sahip sistemi çalıştırma maliyetini düşürürken, sistemin daha fazla dağıtık kaynakla optimizasyonunu sağlamaktadır. Her ne kadar mevcut ilerlemelerin çoğu hava ve yenilenebilir enerji üretimi tahmini ve bakım faaliyetlerinin ihtiyaçların önden tahmin edilmesi yöntemiyle yapılan kestirimci bakım alanlarında olsa da, diğer alanlarda da AI ve büyük veri için büyük bir potansiyel bulunmaktadır. Bunlar arasında talep katılımı faaliyetlerini geliştirme, durum izleme, inceleme, tedarik zinciri optimizasyonu, karar verme ve enerji yönetimi faaliyetlerinin planlanmasını yer almaktadır. Enerji varlıklarının ve enerji akışının bazen gerçek zamanlı olan bu otomatik kontrolü, enerji yönetimi çözümleri sunan yenilikçi iş modelleri tarafından büyük ölçüde kullanılabilecektir.

AI'nın bir alt alanı olan makine öğrenimi, bilgisayarların açıkça programlanmadan aksiyon almalarını sağlamaktadır. ML sayesinde makineler büyük veri kümelerine erişime sahip olarak bu veri kümelerinden öğrenmekte ve karar almaktadırlar (IEA, 2017). ML enerji sektöründe; enerji tüketiminde anormallik tespiti, enerji talebi tahmini, optimum enerji fiyatı belirleme, enerjinin gerçek zamanlı izlenmesi, enerji üretiminin kontrolü gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Çok sayıda uygulama alanı arasında, AI ve ML ve büyük veri, yenilenebilir enerji üretimi tahminlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, şebeke hizmet şirketlerinin, hizmetlerinin toptan ve dengeleme piyasalarında daha iyi

konumlanmasına ve yük tevzi verimliliğinin artırılmasına ve sistem işletmecileri için işletme rezervlerine olan ihtiyacın azaltılmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca AI, fayda değer zincirinin tedarik yönünde kestirimci bakım ve saha değerlendirmesi ile planlamasında da kullanılabilir.

AI yoluyla varlık kullanımı optimizasyonu, genişleme yatırımları sermaye harcaması yapılması ihtiyacını ortadan kaldırabilir ve hava koşullarını daha iyi değerlendirerek mevcut şebekenin daha iyi kullanılması suretiyle şebeke kısıtlarını azaltabilir. Optimal yük hesaplama ve bozulma tespiti, şebekede gelişmiş güvenlik, güvenilirlik, verimlilik ve kararlılık sağlayan büyük veri ve AI teknolojisinin diğer ana uygulama alanlarıdır. Karmaşık yapıda enerji sistemleri, gerçek zamanlı operasyonel tehditlere maruz kalan karmaşık algoritmalar ve ekipman karşısında doğal olarak arz güvenliği riskleriyle karşı karşıya kalmaktadır. Yenilikçi iş modeli olan sanal enerji santralleri (VPP), kesinti risklerini azaltmak için, AI tarafından etkinleştirilen akıllı sistemleri kullanarak yan piyasalara katılabilen, gerçek zamanlı işletme rezervi kapasitesi sağlamak için DEK'leri bir araya getirebilmekte ve kontrol edebilmektedir (IRENA, 2020).

Daha da önemlisi, değer zincirinin tüketici etkileşimi kısmı, AI'dan yararlanabilecek çok kritik alanlara sahiptir. AI, IoT ile birlikte talep tarafı yönetimini iyileştirebilmekte ve talep tahmininde kullanılarak ekonomik yük dağıtımını optimize edebilmektedir. AI, talep tahmini dışında, hava durumu tahminlerini, doluluk, kullanım, enerji fiyatları ve tüketici davranışında tanımlanan eğilimleri kullanarak enerji yönetimini optimize edebilmektedir. Bunlar sayesinde AI, son tüketicilerin faturalarını önemli ölçüde azaltabilme kapasitesine sahiptir. Örneğin, bir akıllı ev hizmet sağlayıcısı, evlerindeki cihazlar ve elektrik kullanımı hakkında akıllı bilgiler vererek, fatura tutarlarının düşürülmesine yardımcı olmak suretiyle karbon ayak izini azaltarak ve evlerini güvende tutarak mesken tüketicilerine enerji desteği sunmaktadır. Hizmet olarak enerji (EaaS) iş modeli, tüketim verilerini toplamak için IoT'yi ve çok uzun süre maruz bırakıldıklarında bir uyarı vererek tüketicilere yeni cihazların enerji tüketim davranışı hakkında bilgi vermek için ML'yi kullanmaktadır (Cambridge, 2019). Ayrıca müşteri segmentasyonu ve kişiselleştirme, enerji perakende şirketlerinin, müşterilerini daha iyi hedeflemesine ve tüketim davranışlarına göre kişiselleştirilmiş çözümler sunmasına olanak tanımaktadır.

Blok zincir

Enerji sistemi değiştikçe, güvenilir hizmetleri sürdürmek, yeni hedeflere ulaşmak ve artan karmaşıklığı ele almak, yeni çözümlerin hayata geçmesine zemin hazırlamaktadır. Blok zincir teknolojisi, merkezi kuruluşa ihtiyaç duymadan işlemleri kaydetmenin ve doğrulamanın bir yoludur. Ayrıca, temiz enerji dağıtımını ve karbon emisyonunun azaltılmasını hızlandırmak için sürdürülebilirliğin (örneğin, karbon kredileri) kayıt ve ticaret özelliklerinin blok zincir aracılığıyla kullanılması mümkündür.

Blok zincir teknolojisinin, elektrik ticaretine yönelik mevcut piyasaları geliştirmesi ve hatta yeni piyasalar oluşturması beklenmektedir. Blok zincir teknolojisinin enerji sektörü için en uyumlu sezgisel - ve en popüler - uygulaması, enerji şebekesini, müşterilerin, örneğin merkezi şebekeyi veya perakende enerji şirketini dışarıda bırakarak, artan çatı güneş enerjisi alıp satarak birbirleriyle elektrik ticareti yapmalarına olanak sağlayan, bağlı bir ağa dönüştürmesidir. Bu yeni tasarlanmış sistem, tüketicilerin varlıklarının yarattığı değeri (güneş enerjisi, elektrik araç şarjı vb.) otomatik, anında, güvenli ve şeffaf bir şekilde finansal faydaya çevirmelerini ve ticaret yapmalarını sağlamaktadır (Cambridge, 2019). Aynı zamanda fiyatları düşürerek rekabetin artmasına ve DEK'leri optimize ederek şebeke verimliliğinin artmasına imkân tanımaktadır.

Blok zincir teknolojisinin bir diğer uygulama alanı de elektrikli mobilite uygulamalarıdır. Yani, elektrikli araç şarj altyapısının özel sahipleri, blok zincir aracılığıyla elektrikli araç sahiplerine şarj hizmetleri satabilmektedir. Örnek vermek gerekirse, böylesi platform, bir ev sahibinin Airbnb aracılığıyla misafire oda kiralamasına benzer şekilde, şarj cihazlarına sahip hanelerin şarj istasyonlarını elektrikli araçlara kiralamasına imkân tanıyacaktır. Bu yaklaşım, işlem maliyetlerini azaltabilecek ve akıllı sözleşmeler aracılığıyla otomatik ve güvenli P2P ödemelerini mümkün kılacaktır. Ayrıca, yeterince kullanılmayan şarj cihazlarını işlevsel hale getirecek ve elektrikli araçların ve hatta dağıtık yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yüksek oranda benimsenmesine olanak sağlayacaktır.

Kontrollü enerji ve depolama akışı, esneklik seçenekleri de yaratarak otomatik olarak arz-talep dengesi sağlamaktadır. Aynı zamanda, enerji sisteminin farklı taraflarının güvenli, şeffaf, hızlı ve ucuz ticaret yapmasına olanak tanımaktadır. Örneğin, sanal enerji santralleri, artan yenilenebilir enerji ticareti ile faaliyetleri dengeleyebilirken, iletim sistemi işletmecisi ve elektrik dağıtım anonim şirketleri (EDAŞ) blok zincir platformu aracılığıyla işlemleri takip edebilmekte ve gerektiğinde müdahale edebilmektedir.

Bu teknoloji aynı zamanda temiz enerji üretimini izlemek için de kullanılabilecektir. Ayrıca, blok zincir kullanmak, elektrikli araç şarj etmek için ödeme yapmayı, sermaye sağlayan potansiyel yatırımcılar havuzunu genişleterek temiz enerji kullanımı için fon toplamayı, müşteri cihazlarını yönetmeyi ve daha da ötesini kolaylaştırmanın bir yolu olabilecektir. Enerji sektörü, büyük oranda düzenlemeye tabi olduğundan, politika yapıcıların blok zincir potansiyelinin ne kadarının hayata geçirilebileceğini belirlemede çok önemli bir rol oynayacağını vurgulamak önemlidir.

2.5.2 Sistem optimizasyonu için gerekli diğer dijital teknolojiler

Yeni iş modellerinin ortaya çıkmasında rol oynayan öncü dijital teknolojilerin yanında mevcut iş modellerini daha teknolojik hale getirerek operasyonları ve sistemleri verimli hale getiren RPA ve artırılmış gerçeklik ve vücut hareketlerini takip eden akıllı sensörlerle yüklü giyilebilir teknolojiler sistem optimizasyonu için gerekli teknolojiler olarak konumlanmaktadır. Bu teknolojiler enerji şirketlerinin arka ofis olarak nitelendirilen müşteriye dönük olmayan işlevlerinde ve saha süreçlerinde yaygın kullanım alanına sahiptir.

Robotik süreç otomasyonu

Dijitalleşme, artan karmaşıklık ve verimliliği artırma hedefi, otomasyonun ana itici güçleridir. Ağırlıklı olarak arka ofis süreçlerinde kullanılan RPA teknolojisi, yinelenen ve kural tabanlı süreçlerde otomasyona odaklanmakta ve veri işleme, veri kontrolü ve çıkarma, form doldurma, rapor oluşturma, işletim sistemleri ve basit sorguları işleme gibi faaliyetleri üstlenmektedir.

Enerji sektörü, mevcut birçok standart sürece sahip olması nedeniyle RPA'dan yararlanabilme kapasitesine sahiptir. Şebeke hizmet şirketleri, RPA'yı uygulayarak, daha az hatanın gözlendiği, daha hızlı ve daha iyi yönetilen süreçler aracılığıyla artan üretkenliği fark edebilmektedir. Otomatikleştirilmiş süreçler, daha iyi müşteri deneyimi, afetler ve krizler sırasındaki yüksek hacimlerde bile basit ölçeklenebilirlik ve enerji şirketlerinin piyasada rekabet avantajına sahip olmaları için çok önemli olan, sektördeki politika değişikliklerine daha fazla uyum sağlamaktadır. RPA kullanılarak otomatikleştirilebilen görevlerden bazıları şunlardır:

- Sayaç okuma doğrulaması: RPA, müşteriyi faturalandırmadan önce hataların tespit edilmesini sağlamakta ve revizyon ihtiyaçlarını ortadan kaldırmaktadır.
- Yanlış okumaları düzeltme: Müşteri sayacının yanlış okunması, RPA ile sadece birkaç adımda düzeltilebilmektedir.
- Faturalandırma ve bildirimler: RPA, ödeme isteklerini otomatikleştirerek alacakları yönetebilmekte, fazla ücretlendirmeleri düzeltebilmekte veya ödemeleri işleme alabilmektedir.
- Yeni hesap açılışı: RPA, müşteriler tarafından sağlanan yanlış bilgi gibi hataları azaltarak hesap açılışlarını hızlandırabilmektedir.
- Şikâyet yönetimi: RPA, belirli sorunlarla ilgili müşteri şikâyetlerini çözebilmekte, şebeke hizmet şirketlerinin müşteri ihtiyaçların daha iyi anlamasına imkân tanımaktadır.
- Satın alma: RPA, envanter kaydının tutulmasına, müşteri/tedarikçi taleplerine yanıt verilmesine ve sözleşme yenileme bildirimlerine yardımcı olabilmektedir.
- İnsan kaynakları (İK): RPA, çalışan yönetimi, İK uyumluluğu ve raporlama gibi İK operasyonlarındaki süreçleri otomatikleştirebilmektedir.

Artırılmış gerçeklik ve giyilebilir teknolojiler

Şirketler, pilot uygulamaların ötesinde yeni kullanım senaryolarını keşfettikçe AR'nin potansiyeli büyümeye devam etmektedir. AR'nin temel değeri, bir ortamın doğal parçaları olarak algılanan duyumların entegrasyonunu sağlayarak dijital dünyanın bileşenlerini, insanların gerçek olarak algılayabilecekleri duruma getirebilmesidir. AR, operasyonları düzene sokmada, genel güvenlik seviyesini artırmada ve işletme giderlerini önemli ölçüde azaltmada fayda sağlayabilmektedir.

Kıyafet olarak giyilen ağ bağlantılı multimedya bilgisayar aracılığıyla gerçek dünyaya sanal bir katman ekleyen giyilebilir teknolojiler (örneğin, görüntüleyiciler, lensler veya gözlükler) kullanıcı ile daha yakın ilişki kurmak için AR teknolojisini kullanabilir.

Kullanım alanlarından bazıları aşağıdaki şekildedir:

- Üretim sürecinde artırılmış gerçeklik: Artırılmış gerçeklik, işçilere görsel ipuçları ve göstergelerle onarım operasyonlarını yönetmede yardımcı olmaktadır. Bu yardım, sahada daha hızlı, daha güvenli ve daha kaliteli onarım ve mühendislik operasyonları sağlamaktadır.
- Güvenlik için coğrafi sınırlama: Sensör özellikli giyilebilir cihazlar, çalışan güvenliğinin korunmasına yardımcı olmak için saha çalışanlarının konumlarını ve sağlıklarını düzenli olarak izlemektedir.
- Sanal/artırılmış gerçeklik eğitimleri: Kullanıcı deneyimini geliştirmek adına, saha operasyonlarına odaklanan çalışanlara daha düşük maliyetlerle simülasyonlu eğitimler sunulabilmektedir. Bu eğitimler, acil durumda uyulması gereken güvenlik ve uyum protokollerini daha düşük maliyetlerle test etmek için gerçekçi tehlike senaryolarının uygulanmasına imkân sağlamaktadır.

2.6 Dijitalleşme teknolojilerine ilişkin Türkiye'deki mevcut durum

Enerji dönüşümü ve daha veri odaklı ve bağlantılı bir sisteme dönüşümle birlikte, Türkiye enerji sektörü, dijital yetkinlikler oluşturmanın önemini kabul etmeye başlamıştır. Dijital teknolojileri enerji değer zincirine entegre etmek için, özellikle son beş yılda çok sayıda teknoloji hizmet sağlayıcısı Türkiye enerji piyasasına girmiştir. Türkiye enerji sektörü, küresel eğilimleri görece geriden takip etmesine rağmen,

özellikle son tüketicilere odaklanırken yönetilebilir ve verimli bir sistem sürdürmek için adeta bir zorunluluk haline gelen dijitalleşme için büyük çaba sarf etmektedir.

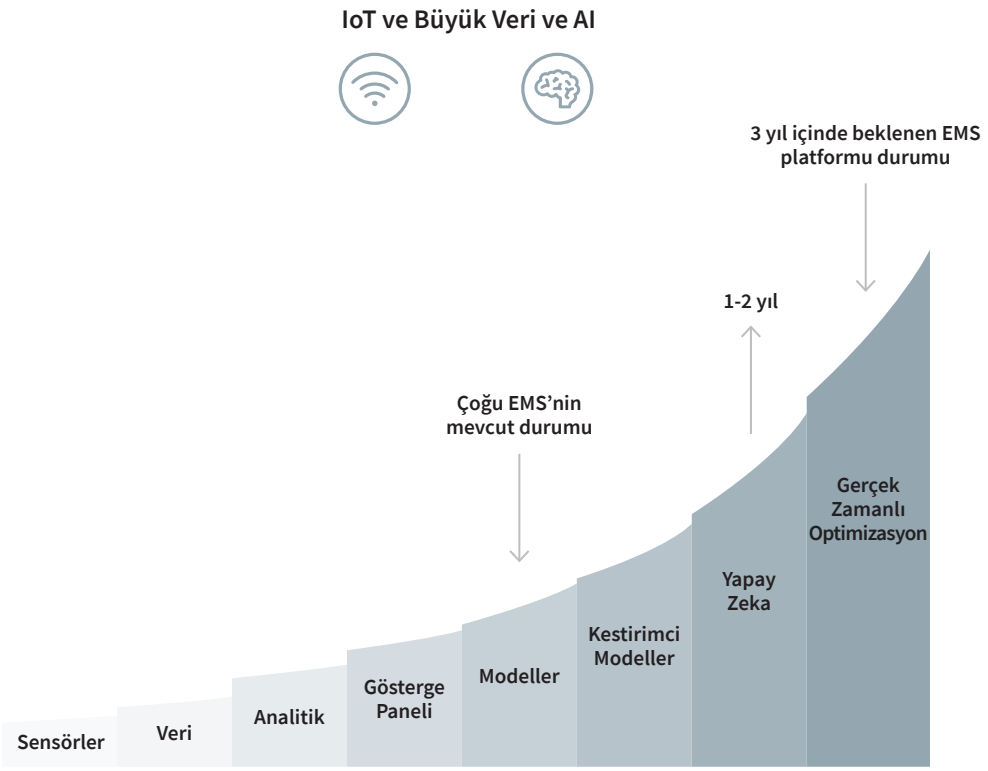
2.6.1 Türkiye'de yüksek etki potansiyeline sahip temel dijital teknolojiler

Türkiye'de özellikle 2016 yılının başında daha yüksek etki potansiyeline sahip dijital teknolojilerin benimsenmesi hızlanmış, ülkenin bulut tabanlı gelişmiş dijital, varlık performans yönetimi ve operasyon optimizasyon çözümleri ile entegre ilk dijital enerji santralinin hizmete girmesiyle sonuçlanmıştır (International, 2017). Benzer şekilde IoT, büyük veri ve AI & ML gibi dijital teknolojiler de enerji sektöründe Türkiye'de farklı oyuncular tarafından halihazırda kullanılmaktadır. Ancak, bu teknolojilerin olgunluk seviyesi henüz istenilen seviyelerde değildir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artmasıyla birlikte sensörler aracılığıyla veri toplanması, analiz edilmesi ve bu verilerin tüketim ve üretim tahminleri için anlamlandırılması, her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Türkiye'de doğru ve sürekli veri toplamayı sağlayan sayaç ve sensör gibi ürünler sunmak için Türkiye piyasasında faaliyet gösteren birçok donanım sağlayıcı bulunmaktadır. Ancak, genel enerji değer zincirinin en zorlu kısmı, bu verileri, daha fazla değer yaratmak ve tahmin edilebilir ve otomatikleştirilmiş eylemlere dönüştürmektir. Enerji yönetim sistemlerinin (EYS/EMS) durumu, gerçek zamanlı optimizasyon yoluyla yetenek yelpazesinin son aşamasına ulaştığında, Türkiye'de yenilikçi iş modellerinin daha yaygın hale gelmesi beklenmektedir.

Anlaşılması gereken bir diğer kritik nokta da, hesaplamayı veri merkezlerinden ağın uçlarına doğru hareket ettiren, akıllı nesnelerden ve ağ kapılarından yararlanan buluttan uç analitiğine geçiş eğilimi olmasıdır. Türkiye'deki donanım ve yazılım sağlayıcılar, hesaplama ve veri depolamayı veri kaynağına yaklaştıran dağıtık bilgi işlem paradigmasına odaklanan bu tür yeteneklerle daha donanımlı hale gelmektedir.

Şekil 6: *IoT ve büyük veri ve AI yetenek yelpazesi*



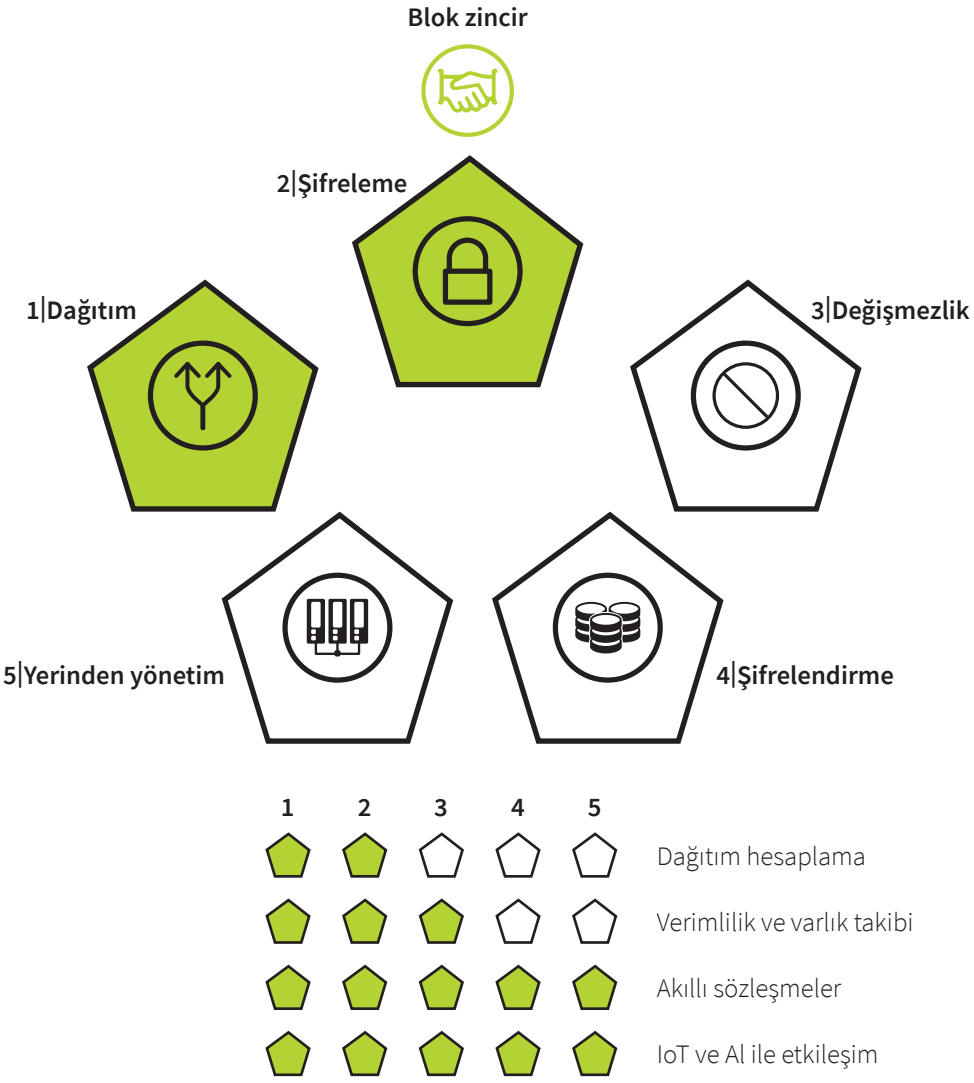
Kaynak: Gartner büyük veri analizi raporu

IoT, AI ve ML gibi dijital teknolojilere göre blok zincirin Türkiye'de daha dar bir uygulama yelpazesine sahip olduğu görülmektedir. Enerji sektöründe birçok uygulama alanı olmasına rağmen, blok zincir henüz başlangıç aşamasındadır. Blok zincirin yeni iş modellerini etkinleştirmesi ve sektörde sunabileceği değerin en üst düzeyde olması için, teknolojinin dağıtım, şifreleme, değişmezlik, şifrelendirme (tokenisation) ve merkezi olmayan yönetim (decentralization) olmak üzere beş unsurunun tamamının kullanılması gerekmektedir. Türkiye'de, halen blok zincirin en uygulanabilir alanının, yakın gelecekte P2P ticareti veya diğerleri gibi yenilikçi alanlardan ziyade varlık yönetimi olacağı öngörülmektedir. Teknolojinin bu tür uygulamaları, EDAŞ'ların ekipman arızalarını ve bakım faaliyetlerini izleme gibi çeşitli zorlukların üstesinden gelmesine yardımcı olabilir; yine de bu sınırlı alan blok zincirin potansiyelini ortaya çıkarmak için yeterli değildir.

Ancak Türkiye'deki son gelişmeler, blok zincir teknolojisinin enerji sektöründe daha da yaygınlaşacağının bir işareti olarak yorumlanabilmektedir. Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPİAŞ) tarafından geliştirilen blok zincir tabanlı Yenilenebilir Enerji Kaynak Garantileri (YEK-G) Sistemi ile enerji herkes tarafından erişilebilir hale getirilecektir. YEK-G Sistemi, enerji üretimi ve tüketimi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını tüm aşamalarda enerji tedarik ve dağıtım şirketlerinin sürdürülebilirlik raporlarında belgelemenin yanı sıra, tüketicilerin, satın alacakları enerji kaynağını seçmelerine olanak tanıyacaktır (EPİAŞ, 2021).

Orta ve uzun vadede, P2P ticaretinin yaygınlaşması ve enerji dönüşümünün ilerlemesiyle birlikte blok zincir teknolojisi, Türkiye'deki enerji sektörünün yapı taşı haline gelebilecektir. Dağıtık enerji kaynaklarının daha yüksek entegrasyon oranlarına ulaşması ile, son tüketiciler aynı anda hem enerji tüketicisi hem de üreticisi olan üreten tüketiciler (türeticiler) olmaya başlayacaklardır. Türeticilerin, ürettikleri enerji ve bilgilerin ticaretini yapabilmeleri için blok zincirin rol oynayabileceği ortak bir platforma ihtiyaç duyulacaktır. Blok zincir teknolojisi, enerji ticaretini mümkün kılmanın yanı sıra, Türkiye'de de veri yapılandırması veya paylaşımı gibi veri protokollerini standartlaştırarak, farklı taraflar arasında ölçüm ve doğrulama süreçlerine olanak tanıyabilecektir.

Şekil 7: *Blok zincir yetenek yelpazesi*



Kaynak: Gartner blok zinciri spektrumu

Bu dijital teknolojilerin enerji sektöründe kullanımını teşvik etmek için TÜBİTAK, Türkiye'de üst düzey bir teknoloji önceliklendirme çalışması yürütmüştür. TÜBİTAK, hedef odaklı bu çalışmada, dijital teknolojilerin iki kategorisi altında öncelikli Ar-Ge ve yenilik alanlarını incelemektedir: akıllı enerji ağları ve büyük veri ve veri analitiği teknolojileri. Çalışma, IoT teknolojisinin – gelişmiş ölçüm altyapısıyla birleştiğinde – blok zincir tarafından yaratılan yeni türetici fırsatlarına ek olarak, veri yönetimini ve talep tarafı katılımını destekleyeceğini göstermektedir. Ayrıca TÜBİTAK, enerji kullanım davranış analizi, enerjide kendi kendine yeten binalar, büyük ölçekli yenilenebilir enerji tesislerinin şebeke entegrasyonunun izlenmesi ve yönetimi ile farklı ulaşım türlerinin (ör. elektrikli araçlar) entegrasyonuna odaklanan büyük veri ve veri analitiği projelerini destekleyecektir (TUBITAK, 2020).

2.6.2 Türkiye'de sistem optimizasyonu için gerekli diğer dijital teknolojiler

Hâlihazırda sistem optimizasyonuna odaklanan dijital teknolojiler, Türkiye piyasasında oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Türkiye'de en geniş uygulama alanlarından birine sahip ilk dijital teknoloji, RPA'dır. Özellikle finans, satın alma, çağrı merkezi, bilgi teknolojisi arka ofisi ve fatura itirazı gibi çoklu ve tekrarlayan arka ofis işlemlerini otomatikleştirmeyi amaçlayan şebeke hizmet şirketleri tarafından kullanılmaktadır. Şebeke hizmet şirketlerinin RPA teknolojisini kullanmadaki temel amacı, sektörde yeni iş modellerinin oluşmasına destek olmaktan ziyade, sistemlerini daha verimli hale getirmek olarak öne çıkmaktadır. Benzer şekilde, AR ve giyilebilir teknolojiler, şebeke hizmet şirketlerinin, saha operasyonları sırasında karşılaşabilecekleri iş kazalarının üstesinden gelmede umut verici araçlardır. Bu tür olaylar ülkedeki en büyük tehditler arasında yer aldığından, bu riskleri en aza indirmek için dijitalleşme araçlardan yararlanılması, farklı sektör oyuncuları tarafından değerlendirilmektedir.

3. Türkiye'de enerji dönüşümü ile ortaya çıkabilecek olası zorluklar ve yeni ihtiyaçlar

Enerji sistemi bir dönüşüm geçirmektedir ve sektörün dijital teknolojiler ile entegrasyonu arttıkça çeşitli zorluklar adreslenirken bazı yeni ihtiyaçlar ortaya çıkmaktadır. Bu raporun önceki bölümlerinde tartışıldığı gibi, genel değer zincirinde, enerjinin nasıl üretildiğinden, nasıl iletildiğine, dağıtıldığına ve nasıl tüketildiğine kadar tüm süreçleri kapsayan büyük değişimler yaşanmaktadır. Değişken ve dağıtık bir üretim yapısına sahip olan dağıtık üretim başta olmak üzere diğer tüm DEK'lerin çoğalmasıyla birlikte, piyasa ve varlıklar üzerindeki etkilerinin yönetimi açısından yeni zorluklar ortaya çıkmaktadır. Benzer şekilde hem ulaşımda hem de binalarda elektrifikasyon arttıkça, şebeke üzerindeki etkilerin yönetilmesi ve yeni ortaya çıkan talebi karşılamak için fosil yakıtlara olan ihtiyacın ortadan kaldırılması gibi yeni ihtiyaçları da beraberinde getirmektedir. Bunların tümü dijitalleşme teknolojilerini kullanan daha akıllı sistemlerle yönetilebilmektedir. Diğer yandan, yeni elektrik talebi doğuran elektrifikasyon uygulamalarının yanı sıra, hem ekonomi büyüdükçe hem de sanayi faaliyetleri hızlandıkça toplam enerji talebi artmaktadır. Bu toplam artış, son tüketicileri enerjiyi verimli tüketirken talep yönetiminde sorumluluk almaya yönlendirmektedir. Buna ilaveten, her sektörde görüldüğü üzere, tüketiciler hizmet alma konusunda daha talepkâr hale gelmekte olup, enerji sektörüne de bu talebini yöneltmektedir. Basitçe söylemek gerekirse, tüketiciler, artık sadece enerjiyi bir meta olarak almak istememekte, bunun yerine enerji yönetimi sorunlarının ortaya çıkabileceği ve yeni çözümlerin uygulanabilir olabileceği alanlarda yardımcı olacak şebeke hizmet şirketleri istemektedirler. Yeni zorlukları beraberinde getiren tüm bu değişimlerin yanı sıra dijitalleşme, özellikle veri ile ilgili alanlarda yeni ihtiyaçları beraberinde getirirken bir çözüm olarak ön plana çıkmaktadır. Veri ve verilerin nasıl ele alındığı, karar verme süreçlerinin ayrılmaz bir parçası haline gelecektir. Bu nedenle, daha verimli ve güvenli bir enerji sistemi için veri kalitesinin, standardizasyonun, yönetim ve araçların etkin kullanımının sağlanması gerekmektedir.

Daha bütünleşik, dijitalleştirilmiş, merkezi olmayan ve müşteri odaklı bir enerji sistemi, enerji kaynaklarının, elektrik tüketiminin, elektrik şebekesinin, verilerin ve enerji piyasalarının eş zamanlı olarak yönetilmesini gerektirmektedir. Bu amaçla, enerji sektöründeki olası zorluklar, aşağıda ayrıntılı olarak açıklanan altı ana başlık altında sınıflandırılmaktadır: (1) dağıtık enerji kaynaklarının yönetimi, (2) elektrifikasyonun yönetilme ihtiyacı, (3) şebeke altyapısı üzerindeki etkiler, (4) artan enerji tüketimi, (5) değişen tüketici beklentileri ve (6) daha iyi veri yönetimi ihtiyacı.

Şekil 8: *İş modeli zorlukları*

3.1 Dağıtık enerji kaynak yönetimi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının tahmin edilmesi kolay olmayan ve değişken doğası, kaçınılmaz olarak özellikle yönetim açısından çeşitli zorluklar yaratabilmektedir. Dağıtık küçük ölçekli yenilenebilir enerji kaynakları çoğaldıkça (ki bu bir hedef olarak değerlendirilmektedir) çok yönlü faydalarının yanında genel değer zinciri üzerindeki etkileri de artmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir bir enerji sektörü için bu kaynakların niteliğini ve etkilerini yönetmek daha önemli hale gelmektedir. Geniş anlamda yeni oluşan bu zorluklar altı ana başlık altında sınıflandırılmaktadır:

Sistem dengesinin korunması (kısmen şebeke altyapısı üzerindeki etkiler kapsamında ele alınmaktadır), tüketim ve üretimin eşleştirilmesi, enerji üretiminin doğru bir şekilde tahmin edilmesi ve piyasa operasyonları için etkilerinin yönetilmesi, yeni ve küçük ölçekli oyuncuların (türeticiler) piyasalara entegre edilmesi, DEK'lerin artan şekilde benimsenmesini tarifelere yansıtmanın yollarının bulunması ve varlık mülkiyeti sorunlarından kaynaklanan zorlukların yönetilmesi.

Öncelikle yenilenebilir enerji kaynaklarının doğası gereği, değişen hava koşulları enerji üretiminde kesintilere neden olabilmekte, buna bağlı olarak zaman zaman arz talepten farklı oluşabilmektedir. Bu durum, iki alanda zorluk yaratabilir; Birincisi, genel sistem dengesini korumak oldukça kritik olduğundan, talep enerji arzını aştığında ya da yenilenebilir enerji üretimini kısıtlayan olumsuz hava koşulları olduğunda şebekede enerji kesintileri olabilmektedir. Dağıtık enerji yatırım maliyetlerinin düşmesiyle birlikte yoğun enerji gerektiren sanayi tesisleri, sürekli enerji arzının gerekli olduğu üretim sahalarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulmasıyla enerji yönetimi ihtiyacının ortaya çıkmasıdır. Demir, çelik, çimento ve diğer üreticiler gibi yüksek enerji tüketen işletmeler, ana işlerinin devamını sağlamak için enerji yönetimi, enerji arzı, depolama ve talep tahmini kapsamındaki gereksinimleri için üçüncü taraf hizmetlerine ihtiyaç duyabilirler. İkincisi ise, hava koşullarının göreceli zor öngörülmesi, yenilenebilir enerji

üretim tahminini zorlaştırmaktadır. Bunun sonucunda, tüketim ve ticaret miktarları sapmalara maruz kalabilmekte ve olası problemlere neden olabilmektedir.

Arzın artan değişkenliği, gün öncesi piyasasında alınan pozisyonlardan kaynaklanan sapmaları ve fiili talebi dengelemek için kullanılabilecek gün içi piyasaların önemini artırmıştır. Bu durum, aynı zamanda elektrik ve şebeke hizmeti şirketlerinin hacim risklerine karşı kendilerini korumak üzere yenilenebilir enerji için yüksek meblağlar ödemeye daha az istekli olmalarıyla sonuçlanmıştır. Dağıtık üretimin dağınık ve kompleks yapısını ele almak için, genelleştirilmiş ve birleşik bir yönetim sistemine ihtiyaç vardır. Dağıtık üretim sistemleri, Türkiye'de IoT tarafından izlenebilse de, enerji akışlarının AI aracılığıyla otomatik olarak kontrol etme ve yönetiminde zorluklarla karşılaşılmakta ve halen yönetimleri için insan müdahalesine gereksinim bulunmaktadır. Bu durum, elektrik şebekesinin ve son tüketicilerin sürekli değişen ihtiyaçlarını karşılamak için enerji üretiminin gerçek zamanlı optimizasyonunu zorlaştırabilmektedir.

Diğer yandan, dağıtık yenilenebilir enerji kaynaklarının kapasiteleri, geleneksel enerji santrallerine kıyasla çok daha küçüktür ve dağıtık üretim daha yaygın hale geldikçe, üretici sayısı ve ticaret işlemlerine katılımcı sayısı artmaktadır. Bunun gibi türeticiler, mevcut varlıklarından en iyi şekilde yararlanmak isteyecek, ancak düzenleyici engeller ve ölçekle ilgili sorunlar nedeniyle piyasa katılımcıları olarak hareket edemeyeceklerdir. Bu durum, çok sayıda küçük oyuncunun piyasaya entegrasyonunun önünü açan bir yeniliği zorunlu kılmaktadır. Küçük ölçekli üreticilerin piyasalara entegrasyonu, piyasa rekabet gücünü artırma ve hem türeticilerin kendileri hem de şebeke işletmecileri için fırsatlar sunma konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte, bu küçük ve dağıtık oyuncuları, piyasadaki daha büyük alıcılarla/satıcılarla bir araya getirirken, halen küçük miktarlarda enerji ticareti yapabilmelerine ilişkin zorluk devam etmektedir.

Küçük ölçekli enerji üreticilerinin piyasaya katılımının yanı sıra, DEK entegrasyonu nedeniyle olası masrafların, bu kaynaklardan faydalanan tüm tüketicilere yansıtılması da ayrı bir zorluktur. Mevcut durumda kırsal alanlarda artan sayıda dağıtık üretim ile bölgesel maliyetler giderek daha önemli hale gelmektedir. Bölgede kurulu bir mikro şebeke olmaması halinde, çok sayıda yenilenebilir enerji tesisini şebekeye bağlamak maliyetli hale gelebilmektedir. Dağıtım şirketine özgü tarifelerin temelinde ilgili bölgedeki şebeke kullanıcılarının kendilerinin neden olduğu tüm maliyetleri üstlenmeleri yer almaktadır. Ancak, Türkiye'deki tarife yapısı nedeniyle, EDAŞ'lar bu giderleri dağıtık üretimin fazla olduğu bölgelerin elektrik tarifelerine yansıtamamaktadır (SHURA, 2021b).

Son olarak, elektrikli cihazlar, elektrikli araçlar, batarya enerji depolama, çatı üstü güneş PV olması fark etmeksizin, sayaç arkasında yer alan üretim ve tüketim şebeke işletmecileri tarafından görülememektedir. Bu nedenle, tüm bu uygulamalar enerji sistemi için tek bir net yük olarak kabul edilmektedir. Bu net yükün şebekeye hizmet etmek üzere izlenebilmesi ve kontrol edilebilmesi için bir mekanizma kurulmadıkça, bu durum sistemde (SHURA, 2021b) yönetilmesi zor bir yük olacaktır. Enerji tesislerinin, enerji yönetimlerine dışarıdan müdahale edilmesine izin vermemeleri halinde, enerji şebekesi enerji kesintilerine karşı savunmasız kalabilir. Son olarak, bu tesisler üzerinde enerji verimliliği ve yük kaydırma gibi amaçlar için tam kontrole sahip olunmaması, varlıkların sunduğu çok yönlü potansiyelleri de engellemektedir.

3.2 Elektrifikasyonun yönetilme ihtiyacı

Ulaştırma sektörünün, binaların ve sanayi tesislerinin elektrifikasyonu, karbonsuzlaşma çabalarının temelini oluştursa da, düzgün yönetilmediği takdirde, son tüketiciler ve şebeke altyapısı için tehdit oluşturabilmektedir. Elektrikli araçların kullanımının artması sebebiyle artan elektrik talebiyle birlikte, trafo kapasitesinde ve dağıtım şebekesi hatlarında gerekli genişleme gerçekleştirilmediği takdirde, dağıtım şebekelerinde aşırı yüklenme ve gerilim düşümü sorunlarının ortaya çıkması olasıdır (SHURA, 2019). Ancak Türkiye'de elektrikli araçlar için elektrik şebekesi altyapısının genişletilmesi, dikey bina yapısı ve şehirlerde şarj istasyonlarının kurulması için gereken binalardaki altyapının yetersiz olması nedeniyle oldukça zordur. Şarj istasyonu kurulacak alanlar, şebeke kapasitesi ve elektrikli araç kullanıcılarının beklentileri ile uyumlu olması gerektiği için çok önemlidir. İlk alternatif olarak, benzin istasyonlarının şarj istasyonlarını barındırması değerlendirilmektedir. Ancak elektrikli araçların şarj altyapısı ihtiyacını ve elektrikli araç kullanıcılarının şarjın tamamlanmasını beklerken kullanacakları sosyal tesis ihtiyacını karşılayamayabilecekleri düşünülmektedir. İkinci olarak, istasyonların gerekli altyapıya sahip olmayan konut binaları yerine çoğunlukla kamusal alanlarda bulunması durumunda, tüketicilerin elektrikli araçlarını yoğun talep dönemlerinde şarj etmeleri gerekebileceği ve bu durumun da şebeke altyapısına ek yük bindirebileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca, artan enerji talebinin yenilenebilir enerji gelişimine paralel olmaması durumunda, artan talebi dengelemek için enerji sisteminde fosil yakıtlı santrallerin çalışması gerekebilecektir. Bu, amaçlanan düşük karbonlu geleceğin tam tersi bir durumu ortaya çıkaracaktır.

Tüm bu zorluklar düşünüldüğünde, elektrikli araçların şebeke altyapısına sorunsuz entegrasyonu için kapsamlı optimizasyon çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. SHURA tarafından hazırlanmış olan Türkiye ulaştırma sektörünün dönüşümünün ve bu dönüşüm kapsamında elektrikli araçların Türkiye'deki dağıtım şebekesine etkilerinin analiz edildiği çalışma kapsamında, optimizasyonun, enerji ticareti, şarj noktası operasyonları ve elektrikli araç kullanıcıları için rota seçimleri gibi hizmetleri yöneten ve elektrikli araçlar ile sistem işletmecileri arasında gelişmiş iletişimi sağlayan ortak bir platform aracılığıyla sağlanabileceği ortaya konulmuştur (SHURA, 2019). Ayrıca, elektrik piyasasında talep tarafı katılımının etkinleştirilmesi çalışmasında, akıllı şarj teknolojisiyle batarya sistemlerinin yönetilebileceği ve fiyat sinyalleri aracılığıyla elektrikli araçların bataryalarının şarj edilmesi ve deşarj edilebilmeleri için otomatik kararlar verilebileceği belirtilmiştir. Bu şekilde, akıllı ve hızlı şarj teknolojileri ve AI tarafından sağlanan şarj süreleri için optimize edilmiş kararlar, elektrik sisteminde aşırı yük oluşturmamak ve daha fazla elektrifikasyonu desteklemek için kritik öneme sahiptir (SHURA, 2021d).

Elektrikli araçlara ek olarak, ısı pompalarının yaygınlaşması, konutlarda doğal gaz kullanımının yerini alarak artan elektrik tüketimine neden olacaktır. Bu artan elektrik talebinin yönetilmesi, puant yükün düşük talep zaman dilimlerine kaydırılması kritik öneme sahip olacaktır. Tedarik şirketleri tarafından enerji verimliliği potansiyellerini kullanılması ve enerji verimliliğinin artmasını sağlayacak projelerin hayata geçirilmesi gerekebilecektir.

3.3 Şebeke altyapısı üzerindeki etkiler

Daha önce de belirtildiği üzere, dağıtık üretimdeki artış ve elektrikli araçların yaygın kullanımı, dağıtım şebekesinde maliyetli şebeke genişletme yatırımlarının yanı sıra

çeşitli zorlukları da beraberinde getirebilmektedir. Geleneksel elektrik sistemlerinde elektrik, yüksek gerilim iletim hatlarından belirli kapasiteler altında dağıtım seviyesine akmaktadır. Artan sayıda DEK ile elektrik üretim seviyesinin tüketim seviyesini aştığında, elektrik enerjisinin, dağıtım seviyesinden yüksek gerilime doğru akması mümkün olacaktır. Ayrıca, elektrikli araçların geniş çaplı kullanımı, puant zamanlardaki şebeke yükünü artırarak, şebeke kapasitelerinin sınırlarını zorlayacaktır. Bu durumlar doğru yönetilmediği takdirde (akıllı şarjın uygulanmaması gibi), elektrik şebekesinde gerilim yönetimi sorunları, şebeke ekipmanlarının yük kapasitelerinin aşılması sorunu, arıza tespitlerinde güçlükler ve sistem esnekliği sorunları doğabilecektir.

Dağıtık üretimin değişken yapısı nedeniyle, belirli bir yaygınlık seviyesinden sonra, önlem alınmadığı takdirde dağıtım şebekesinde ve hatta iletim sisteminde teknik sorunlar ortaya çıkabilir. Türkiye elektrik sistemi güçlü bir altyapıya sahip olsa da, şebekedeki çift yönlü akışları ve yük dalgalanmalarını yönetmek için teknik çözümlere ve düzenlemelere ihtiyaç vardır. Şebekenin dengesini korumak için, esneklik seçenekleri veya bir mikro şebeke yaklaşımı, aşırı yüklenmeyi ortadan kaldırarak şebeke altyapısının ihtiyaçlarını karşılayabilecektir. Ancak SHURA tarafından hazırlanmış olan ve sistem esnekliğinin artırılması için gereken seçeneklerin değerlendirildiği çalışmanın ortaya koyduğu üzere Türkiye'de, batarya sistemleri ve talep tarafı katılımı dâhil olmak üzere mikro şebeke stratejisi ve tüketici esnekliği fırsatları henüz tam olarak kullanılmamaktadır (SHURA, 2021b).

Ayrıca, şebeke altyapısı, elektrikli araçların yaygınlaşması ile iyileştirmelere gerek duyacaktır. Orta/uzun vadede, elektrikli araçlar talep üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır. Eğer şebeke altyapısı yatırımları yetersiz olur ve enerji yönetimi iyi gerçekleştirilemezse enerji kesintilerine kadar uzanan sorunlar yaşanabilir. Bu sorunun çözümü için, sensörler ve IoT teknolojileri aracılığıyla veri toplama, veri analizi ve akıllı şebeke uygulamaları, gelecekteki geliştirme alanları olarak önceliklendirilebilir. Türkiye'de mevcut düzenlemeler, EDAŞ'ların maliyet-fayda analizleri (MFA) gibi yöntemleri kullanmadan belirli bir kırsal alana enerji hattı kurmasını zorunlu kılmaktadır. Böylelikle, bazı projelerde dağıtım şirketleri, bu yükümlülük nedeniyle yüksek maliyetlere ve düşük getirilere maruz kalabilmektedir. Ayrıca bu yatırımlar bir bütün olarak yürütülmekte ve tarifeler aracılığıyla tüm müşterilere doğrudan yansıtılmaktadır. Türkiye'nin coğrafi durumu göz önüne alındığında, ana şebekeden elektrik sağlayan çok sayıda konut olduğu ve bunun hem EDAŞ'lara hem de diğer fatura ödeyenlere ciddi mali yük getirdiği anlaşılmaktadır.

3.4 Artan enerji tüketimi

Türkiye'de artan enerji tüketimi ve enerjinin verimsiz kullanımı, karbonsuzlaşma hedeflerinin gerçekleşmesini zorlaştıracak olup, daha yeşil bir geleceğe ulaşmak için tüketicilerin bilinçlenmesi, gereksiz yere fazla enerji tüketmenin gelecekte tüm toplum için daha büyük olumsuz sonuçlara yol açabileceğinin farkında olması gerekmektedir. Ekonomi genişledikçe endüstrilerin üretimlerini artırmalarına benzer şekilde, tüketiciler de elektrikli cihaz kullanımları arttıkça, konutlarında elektrik kullanımlarını artırmaktadırlar. Artan elektrik kullanımı, genellikle akıllı izleme sistemleri ile ölçülmediği için kullanıcılar olası enerji tasarruflarından habersizdir. Dahası, tüketicilerin tarife yapılarına aşina olmamaları, puant saatlerde talebin artmasına ve bunun sonucunda şebeke altyapısına aşırı yük binmesine neden olabilmektedir. Şebeke üzerindeki etkilerinin yanı sıra, yoğun dönemlerde bu talep, kömür gibi geleneksel kaynakların kullanımını tetikleyerek tüketicilerin karbon ayak

izini artırabilmektedir. Artan tüketime ek olarak, tüketiciler, şebeke için esneklik teklifleri veya kendi üretimlerini doğrudan emsallerine satmak gibi yeni gelir getirici kullanımlardan da habersiz olabilmektedir. Enerji tüketimini ve üretimini paylaşarak, son tüketicilerin enerjiyi toplu olarak daha verimli kullanabileceği düşünülmektedir.

3.5 Değişen tüketici beklentileri

Türkiye'de tüketicilerin enerji arzı ile ilgili her zaman üç temel talebi olmuştur: kesintisiz enerji temini, enerji kesintisi durumunda önceden bildirim ve uygun fiyatlı enerji temini. Ancak her sektörde olduğu gibi değişen tüketici davranışlarıyla bu beklentilerde de ilaveler ve değişimler yaşanmıştır. İlk olarak, müşterileri olası kesintiler hakkında bilgilendirmek artık veri ve teknolojilerin etkin kullanımını gerektirmektedir. Arızaların tipini ve kök nedenini değerlendirmek ve arıza oluştuğunda arıza gidermenin ne kadar süreceğini belirlemek veri analizlerine doğrudan bağlıdır. Tüketiciler de, hizmetler gerçekleştikçe durum hakkında zamanında bilgilendirilmek istemektedirler. İkincisi, günümüzde tüketiciler sadece elektrik tedarikini değil, elektrik ve şebeke hizmeti sağlayıcılarından katma değerli hizmetler almayı tercih etmektedir. Enerji yönetimleri ise sorumluluklarını, günlük tüketim ve enerji verimliliği çözümleri hakkında detaylı bilgi sağlayan uzman şirketlere devretmeye konusunda gönüllüdürler. Ayrıca, tüketiciler, çevre konusuna giderek daha duyarlı hale geldikçe, kendilerine sağlanan enerjinin kaynağı hakkında bilgi sahibi olmak gibi yeni katma değerli hizmetler talep etmektedirler. Son olarak, DEK'in yaygınlaşmasıyla birlikte, tüketiciler kendi başlarına üretici olmanın avantajını değerlendirmeye başlamış olmalarına karşılık, mevcut finansman koşulları bu ilgiyi engellemektedir. Bu nedenle tüketiciler, finansman ve hizmetle ilgili konulardaki endişelerinin üstesinden gelebilmek için alternatif yaklaşımlar aramaktadırlar.

3.6 Daha iyi veri yönetimi ihtiyacı

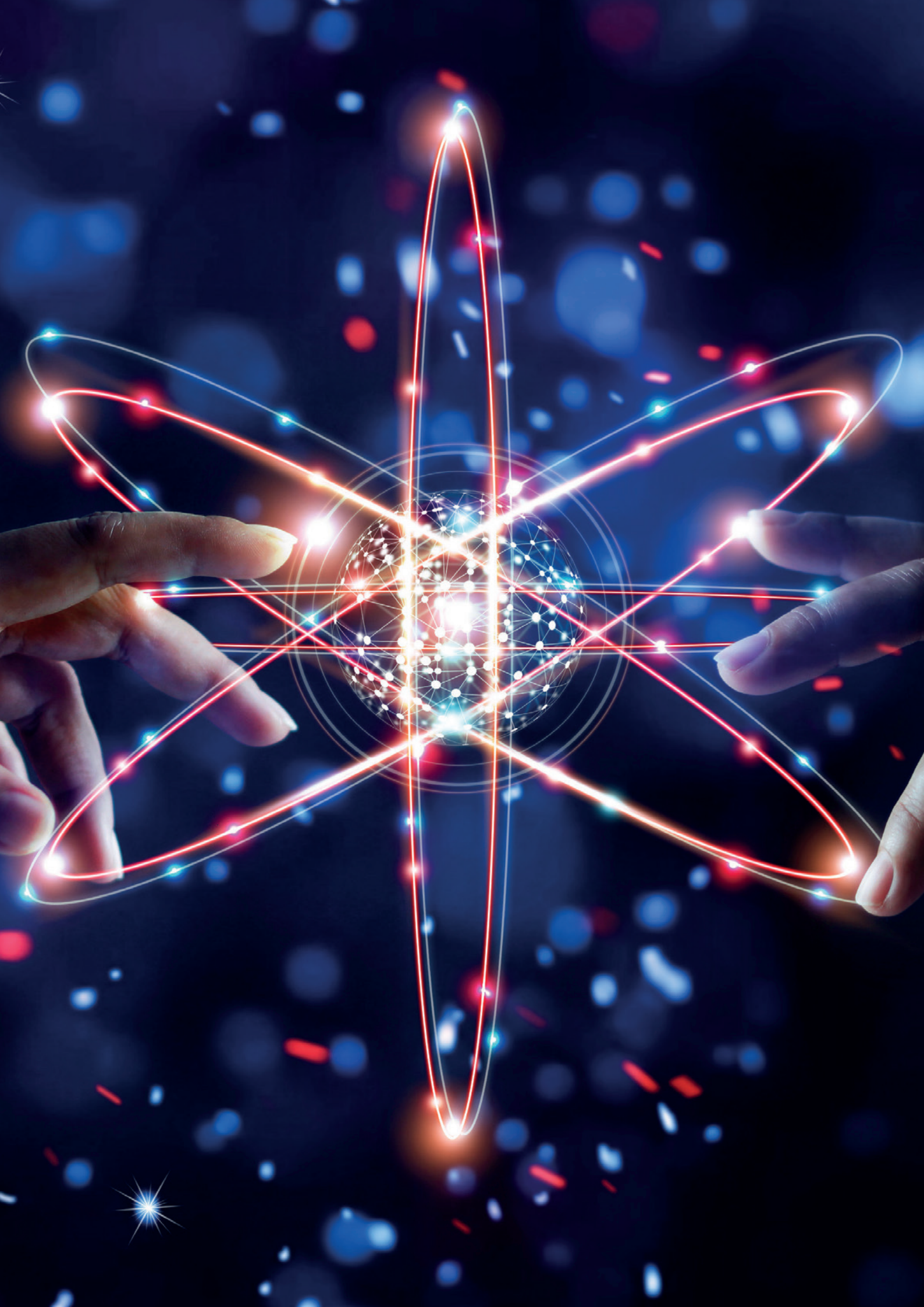
Dijital dönüşüm sayesinde veriler, enerji sektörü için yenilikçi çözümlerin ana bileşeni haline gelmiştir. Yine de verilerin nasıl toplanacağı ve yönetileceği sorusunun, karşılaşılacak yeni zorluklara neden olabileceği düşünülmektedir. Veri yönetimi açısından, veri kalitesi ve standardizasyonu, veri yönetimi ve gelişmiş veri araçlarının bulunması konularında çeşitli zorluklarla karşılaşılabilmektedir.
Enerji sisteminin değer zincirinin her adımında veri kalitesi ve standardizasyon zorlukları gözlemlenebilir. Arz tarafı ile ilgili olarak, veri paylaşım altyapısı, dengeleme amacıyla dağıtık üretimi sürekli olarak izlemek için kritik öneme sahiptir. Ancak, standartlaştırılmamış veri protokolleri ve veri paylaşım uygulamaları bir zorluk teşkil etmektedir. Ayrıca, verilerin doğruluğu ve güvenliği de piyasada büyük önem taşımaktadır. Bilgi teknolojisi (BT) ve işletme teknolojisi (OT) yönlü izlemenin yanı sıra, OT yönlü güvenliğin sağlanmasına ihtiyaç vardır. Veri analitiği problemleri, coğrafi bilgi sistemi (CBS) başarısında ve müşterilere hizmette veri kalitesi sorunlarına neden olabilir.

Veri doğrulama, veri kalitesiyle ilgili bir diğer önemli endişedir. Performans sözleşmelerindeki gelir hesaplamaları için ölçüm doğrulamasının tahkim kurulları veya farklı mekanizmalar ile gerçekleştirilmesi gereklidir. Bu durum Türkiye'de bir başka zorluk olarak öne çıkmaktadır.

Farklı hizmet sağlayıcıların veri yönetimi konusunda işbirliği içinde olmamaları, İSO ve EDAŞ'lar tarafından ortak bir kısıt yönetimi yapılmasını da engellemektedir. Benzer

şekilde, dağıtım ve perakende şirketleri verileri ortaklaşa yönetememekte ve veriler farklı yapılarda takip edilmektedir. İşbirliği eksikliği, veri entegrasyonunun oluşmasını engellemektedir.

Paydaş görüşmeleri kapsamında ortaya çıktığı üzere Türkiye, gelecek üç ila beş yıl içerisinde gerçek zamanlı optimizasyon uygulamalarının önünü açacak olan IoT, AI, veri analitiği ve bulut odaklı firma sayısı açısından Avrupa, Orta Doğu ve Afrika (EMEA) bölgelerinin gerisindedir. Bununla birlikte, veri modelleme ve optimizasyon, bulut mimarisi, kurumsal hafıza platformunun kurulması gibi kavramlar Türkiye'de gelişim alanına sahiptir. Kesintisiz veri toplanması nedeniyle, bulut uygulamaları yaygınlaştığı ve piyasa sürekli bir yapıya dönüştüğü için enerji firmalarında bulut giderleri ve veri transferi endişesi mevcuttur. Piyasanın yapısal evrimi, geleneksel yazılımların teknolojik olarak gözden düşmesine neden olmakta ve bu süreç, veri entegrasyonu ve veri toplama sorunlarını artırabilmektedir.



4. Enerji dönüşümü kapsamında iş modelleri

Enerji sektörünün dönüşümünün getirdiği çok yönlü faydaların yanında ortaya çıkabilecek olası zorluklar, dijital teknolojilerin mümkün kıldığı yenilikçi çözümlere ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Bu yenilikçi çözümler, enerji sektöründeki mevcut veya potansiyel zorlukları adreslemektedir.

Önceki bölümde bahsedilen en büyük olası zorluklardan biri, DEK'in daha yüksek entegrasyon oranlarına ulaşması durumunda piyasada arz ve talep dengesinin korunabilmesidir. Dengeleme faaliyetleri için, birçok dağıtık kaynaktan gelen enerji akışının, şebekenin dengesini sağlamak için ortak şekilde gerçek zamanlı optimize edilmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için birçok enerji kaynağının ve tüketim noktasının enerji yönetimi üçüncü bir tarafça toplu olarak yapılabilir. Buna karşılık, yenilenebilir enerji üretiminin kontrol edilemez doğası nedeniyle bazen gerçek zamanlı optimizasyonun yapılamadığı durumların yaşanması olasıdır. Bu nedenle, batarya teknolojileri veya talep tarafı katılımı gibi esneklik seçeneklerinin uygulanabilirliğinin de hem arz hem de talep tarafında kolaylaştırılması gerekmektedir. Daha da ötesi, bunun gibi esneklik sağlayan kaynakların yan hizmetler piyasalarında ticaretini yapmak üzere üçüncü taraf katılımı söz konusu olabilir.

Üçüncü taraf katılımı, türeticilerin enerji sisteminde yarattıkları değeri, finansal faydaya çevirmeleri için de gerekli olabilecektir. Sadece enerji üretmenin yanı sıra, sahip oldukları fazla enerjiden nasıl yararlanacakları da türeticiler için bir soru işaretidir. Türeticiler, sahip oldukları bu enerjiyi sistemin yeni tasarımı ile enerji piyasalarına, şebekeye ya da kendi aralarında satmayı tercih edebilirler. Bir önceki bölümde bahsedildiği üzere, küçük ölçekli üreticiler için, büyük ölçekli enerji piyasalarında ticaret yapmak uygun olmayabilir ve bu durum, birçok enerji kaynağının başka bir üçüncü taraf hizmet sağlayıcı çatısı altında bir araya getirilmesi ve böylelikle ticaretinin yapılmasını gerekli kılmaktadır. Benzer şekilde, türeticilerin kendi aralarında ticaret yapmayı tercih etmeleri durumunda, bu ancak işlemlerin ve karşılıklı sözleşmelerin onaylandığı güvenilir bir platform aracılığıyla mümkün olacaktır. Enerji işlemine ek olarak, kendi aralarındaki işlemler de, üçüncü taraf kuruluşlarca ele alınması gereken kapsamlı bir veri yönetimini gerektirmektedir.

Enerji sistemiyle ilgili diğer bir endişe de, elektrifikasyonun yönetilme ihtiyacı ve özellikle elektrikli araçlar ve ısı pompalarının sebep olacağı yeni elektrik yüklerin nasıl karşılanacağıdır. Şebekede aşırı yük yaratmamak için elektrikli araçların kullandığı elektriğin karşılanması amacıyla sayaç arkası enerji üretiminin yaygınlaşması çok önemlidir. Her elektrikli araç sahibi bir güneş PV sistemine sahip olamasa da, enerji ihtiyacı doğrudan benzer durumdaki kişiler aracılığıyla karşılanabilir. Ayrıca, yerel düzeyde böylesi bir ticaretin mümkün kılınması ile birlikte, ana şebekeye yük aktarımı gerçekleşmeyecek ve böylelikle şebekenin güvenilirliğinin korunmasına yardımcı olunacaktır. Mikro şebeke yaklaşımı, yalnızca şebeke için aşırı yükten kaçınmayı sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda yenilenebilir enerji tesislerine sahip şebekeden bağımsız bölgelerde elektrik tedarikinin sağlanmasına yardımcı olabilecektir.

Daha önce de değinildiği üzere, enerji tüketicilerinin tüm enerji sisteminin merkezinde konumlandırılmasıyla birlikte, beklentileri ve davranışları da değişmektedir. Enerji şirketleri ve müşteriler arasındaki katılım ve şeffaflık, enerji kalitesi ve alınan hizmetlerin karşılığı, yeni iş çözümlerinin ortaya çıkmasıyla iyileştirilebilecektir. Son tüketiciler, yalnızca enerji verimliliği ve yenilenebilir üretim gibi kavramların daha fazla

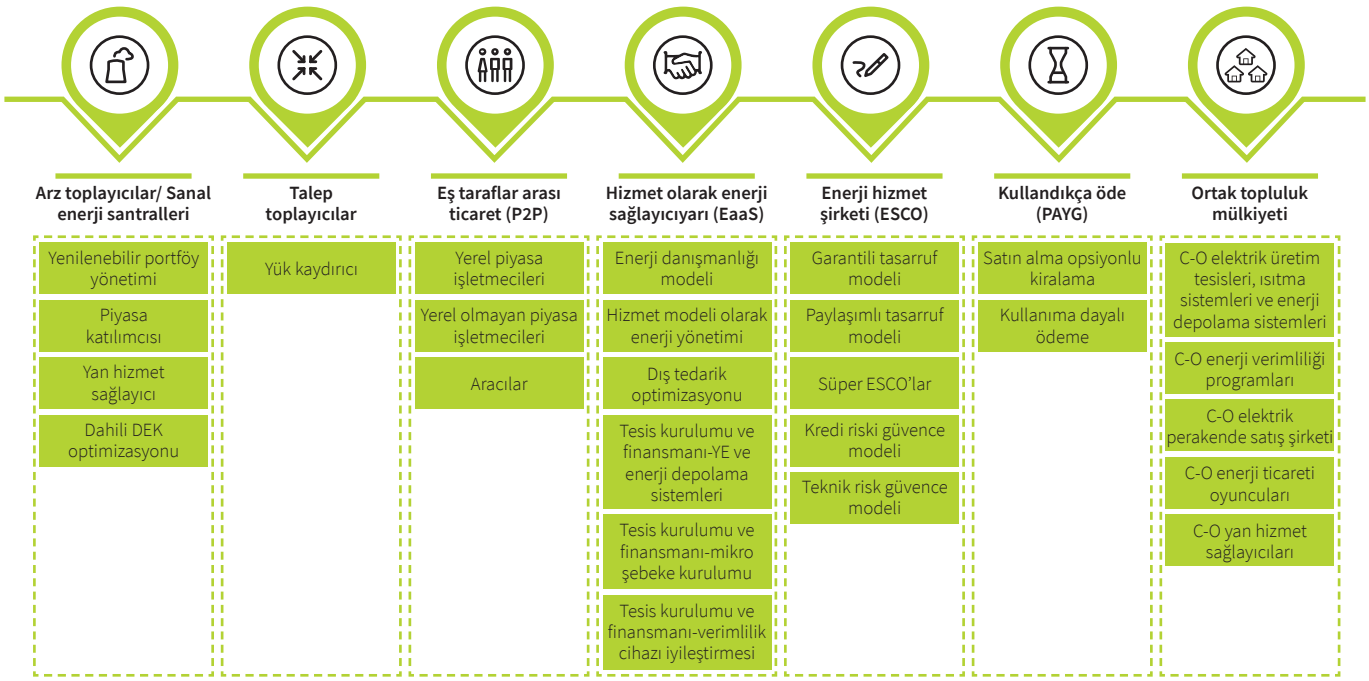
farkına varmakla kalmamakta, aynı zamanda farklı hizmetler aracılığıyla enerjiyle ilgili yeni projeleri finanse etmenin yollarını da bulabilmektedirler.

4.1 İş modellerinin yapılandırılması

Sektördeki farklı ihtiyaçlar ile ortaya çıkan iş modelleri, yapılandırma, ürün ve deneyim açısından yenilikçi çözümler gerektirmektedir. Birden fazla tarafın uyum içinde çalışması için ortak platformlar sağlayan şebeke işletmecileri, gelecekte elektrik fayda-değer zincirinin ön saflarında yer alacaktır. Ayrıca, enerji yönetimi, ticaret platformu veya enerji verimliliği paketleri gibi çeşitli çözümleri bir araya getiren enerji hizmetlerine olan talebin artması beklenmektedir.

Yenilikçi ve problem çözücü olarak nitelendirilebilecek hedef iş modelleri yedi kategori altında yapılandırılmaktadır: (1) Arz toplayıcılar / Sanal enerji santralleri (VPP), (2) Talep toplayıcılar, (3) Eş taraflar arası ticaret (P2P), (4) Hizmet olarak enerji şirketleri (EaaS), (5) Enerji hizmet şirketi (ESCO), (6) Kullandıkça öde (PAYG) ve (7) Ortak topluluk mülkiyeti (C-O). Bu iş modelleri, benzer temel faaliyetlerde bulunan, ancak temel faydalara odaklanan ve farklı müşteri segmentlerini hedefleyen ikinci seviye alt-kategorileri içermektedir. Ayrıca, bu alt modellerin her biri, IoT, AI ve blok zincir gibi farklı dijital teknolojileri kullanan donanım ve yazılım teknolojilerine ihtiyaç duymaktadır. Kullanılan bu dijital teknolojiler ve donanımlar, hedef iş modellerinin mümkün kılınmasına yardımcı olan faktörler olarak kabul edilebilir.

Şekil 9: *İş modellerinin yapılandırılması*



Kaynak: Deloitte Analizi

4.2 Hedef iş modelleri

4.2.1 Arz toplayıcılar / Sanal enerji santralleri

Arz toplayıcılar, farklı enerji kaynaklarını birleştirmekte ve merkezi BT sistemi kullanarak dağıtık üretim operasyonlarını kontrol ederken, üretimlerini optimize etmektedirler.

Arz toplayıcılar enerji sistemi için çeşitli faydalar sunmaktadır. Bu faydalar, dengeleme faaliyetleri için büyük ölçekli enerji santrallerinin gerçek zamanlı optimizasyonunu, dağıtık enerji üretimini bir araya getirerek küçük ölçekli türeticilerin enerji piyasalarına entegrasyonunu, İSO için yan hizmetler sağlamayı ve küçük ölçekli yenilenebilir kaynaklar, sayaç arkası bataryalar ve elektrikli araç şarjlarının toplu enerji yönetimi suretiyle DEK'lerin kendi içlerindeki optimizasyonunu içermektedir. Ek olarak, sanal enerji santralleri (VPP'ler), en yüksek üretim kapasitesine ulaşabilmek için yapılan yatırımlardan kaçınarak, enerji sistemi altyapısına yapılan yatırımları optimize edebilmekte ve talepteki küçük dalgalanmalar için büyük ölçekli enerji santrallerine olan ihtiyacı ortadan kaldırarak marjinal enerji maliyetini azaltabilmektedir (IRENA, 2020).

Analizlere göre, arz toplayıcılar dört alt iş modeli ile kategorize edilebilmektedir.

Şekil 10: *Arz toplayıcılar alt iş modelleri*

Arz toplayıcılar/Sanal enerji santralleri	Ele alınan zorluklar	Temel faydalar	Kilit özellikler	Gelir modeli	Müşteriler	Farklılaşma noktası
Yenilenebilir portföy yönetimi		• Piyasada değişen enerji fiyatlarındaki arbitrajdan yararlanan büyük enerji santralleri	• DEK • EDAŞ ile kapasite, konum ve DEK'in türü hakkında bilgi alışverişi • BT sistemleri • Akıllı sayaçlar • İletişim altyapısı • Enerji depolama sistemleri • Doğru veriler (hava durumu tahminleri, yük tahminleri, toptan satış fiyatları) • Analitik araçları	• EDAŞ'lara esneklik hizmetleri satmak • Enerji fiyatlarındaki arbitrajdan elde edilen kazancı, şebeke ölçeğinde üreticilerle paylaşmak	• Şebeke ölçeğindeki üreticiler	• YAL/YAT ve kesintili birimler dahil olmak üzere büyük ölçekli enerji santrallerinin yönetimi
Piyasa katılımcısı		• Küçük ölçekli üreten tüketicilerin toptan organize pazarlara ve tezgah üstü ticarete katılımının sağlanması		• Toptan veya tezgah üstü elektrik ticareti	• Küçük ölçekli türeticiler	• Birden fazla katılımcı adına enerji ticareti yürüten tek kuruluş olması
Yan hizmet sağlayıcı		• Şebeke için talep ve arzın dengelenmesi		• İSO'lara dengeleme hizmetleri satmak	• Türeticiler • İSO	• Frekans kontrolü gibi şebeke hizmetlerinin sağlanması veya rezerv kapasitesinin işletilmesi
Dahili DEK optimizasyonu		• Yerel olarak enerji yönetimi çözümleri sunarak DEK'in optimize edilmesi		• EDAŞ'lara esneklik hizmetleri satmak • Türeticilere enerji yönetimi hizmetleri satmak	• Türeticiler • EDAŞ'lar	• Yerel düzeyde optimizasyona odaklanması

DEK yönetimi
Elektrifikasyonun yönetilme ihtiyacı
Şebeke altyapısı üzerindeki etkiler
Değişen tüketici beklentileri
Artan enerji tüketimi
Daha iyi veri yönetimi ihtiyacı

Yenilenebilir portföy yönetimi

Arz toplayıcılar, istenildiğinde devreye alınabilen enerji kaynakları (ör. kombine çevrim santralleri, biyogaz, vb.) veya kesintisiz üretimin mümkün olmadığı (güneş, rüzgar, vb.) enerji tesislerini ve enerji depolama birimlerini kontrol ederek, enerji üretimini optimize etmek üzere büyük ölçekli yenilenebilir enerji santrallerinin bir araya getirilmesiyle tek yönetim birimi olarak yenilenebilir portföy yönetimini yürütebilmektedir. Yenilenebilir portföy yönetimi uygulayan şirketler, özellikle şebeke ölçeğindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının yarattığı dengesizliğin giderilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu süreçte, istenildiğinde devreye alınabilen enerji kaynakları veya kesintili enerji birimlerinden gelen enerji üretim verileri, şebeke koşulları, optimum üretim ve ticaret kararlarının alınmasını sağlamak için izlenmekte ve kontrol edilmektedir.

Fransa'da CNR, elektrik ticaretinin gerçekleştiği platformdan gelen fiyat sinyallerine bağlı olarak, rüzgâr ve güneş enerjisi tesislerinin toplulaştırmasını, gerçek zamanlı izlemesini ve uzaktan kontrolünü yönetmektedir. Ayrıca, kişiselleştirilmiş bir konfigürasyonla VPP, Fransız enerji piyasasının özel gereksinimlerini karşılayacak şekilde uyarlanabilmektedir. VPP platformu, CNR'nin doğrudan pazarlama portföyündeki bir dizi merkezi olmayan enerji üretim birimini birbirine bağlamakta, izlemekte ve kontrol etmektedir. Rüzgâr ve güneş enerjisinin doğrudan pazarlanmasına ek olarak, CNR bunu diğer rüzgâr ve güneş enerjisi santrali operatörlerine de bir hizmet olarak sunmaktadır. CNR'nin faaliyetleri, negatif EPEX spot piyasa fiyatları durumunda, yenilenebilir enerji portföylerinin üretimlerinin durdurulmasını da içermektedir.

Piyasa katılımcısı

Piyasa katılımcısı modeli, bir arz toplayıcısının, küçük ölçekli tüketiciler tarafından üretilen ve kendi tarafından toplanan elektriği, organize toptan satış piyasalarında ve tezgâh üstü piyasalarda satmasına imkân tanımaktadır. Yani, enerji piyasalarına katılamayan küçük üreticiler, kümelenme yoluyla piyasa oyuncusu olabilmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, değişen tüketici beklentilerinin bir tanesi de enerji piyasalarında ticaret yapabilmeye yöneliktir. Tüketici beklentilerini karşılamanın yanı sıra, yeni ve küçük ölçekli türeticileri piyasaya entegre etmek, piyasayı çeşitlendirerek ve ek kaynaklarla büyüterek DEK yönetimini de kolaylaştırmaktadır.

Avrupa'nın en büyük VPP'si olan Statkraft, büyük ölçekli bir şehrin tüm enerji ihtiyacını karşılayabilecek olan on termik santrale eşit 1.000'den fazla üreticinin 10 GW'dan fazla kurulu kapasitesini işletmektedir. Statkraft, dalgalanan ve merkezi olmayan enerji üreticilerinin optimize edilmiş enerji tahminlerini kullanarak, bu kaynakları enerji şebekesine en uygun şekilde entegre edebilmekte ve üretimlerini enerji borsasında etkin bir şekilde satabilmektedir. Statkraft'ın sanal enerji santrali, İngiltere'de rüzgâr ve güneş enerjisi, batarya depolama ve esnek gaz motorlarından oluşan 4.000 MW'ın üzerindeki operasyonları, sürekli güncellenen gün öncesi, gün içi ve nakit çıkışı fiyat tahminleriyle karşılaştırarak ve İngiltere enerji piyasasında elektrik ticaretinin gerçek zamanlı optimizasyonunu gerçekleştirerek izlemektedir.

Yan hizmet sağlayıcı

Arz toplayıcılar, şebeke dalgalanmaları ile başa çıkmak için yardımcı hizmet sağlayıcılar olarak hareket edebilmektedir. Yedek kapasite veya frekans kontrol rezervleri gibi farklı seçenekler sunabilmektedir. Bu hizmetler, artan sayıda DEK ve hayatımızdaki elektrik tüketen yeni unsurların şebeke üzerindeki zorlaştırıcı etkilerini giderme ihtiyacı nedeniyle günümüzde daha önemli hale gelmektedir. Bir yardımcı hizmet sağlayıcısı

olarak Statkraft, batarya depolama faaliyetleri sayesinde, İngiltere'deki şebeke için 80 MW birincil dengeleme gücü dağıtmaktadır. Sanal enerji santraline entegre edilmiş gaz motorları aracılığıyla daha fazla dengeleme gücü elde edilmesi de mümkün olmaktadır.

Dâhili dağıtık enerji üretimi optimizasyonu
Dâhili DEK optimizasyon modeli, EDAŞ düzeyinde esneklik sağlamakta ve küçük ölçekli DEK'in enerji üretimini, bireysel küçük enerji kaynaklarının enerji ticaretinde esneklik sağlayamadığı durumlarda, yerel olarak optimize etmektedir.

Almanya'da Sonnen adlı bir şirket, enerji ihtiyaçlarını karşılayamayan topluluk üyelerine hizmet etmek için sanal bir enerji havuzu kullanmaktadır. SonnenCommunity, Almanya'da bir depolama üreticisi olan SonnenBatterie tarafından geliştirilmiştir. SonnenCommunity, Sonnen bataryalarını kullanan bireysel tüketicilerin kendi ürettikleri yenilenebilir enerjiyi paylaşmalarına olanak sağlamaktadır. Merkezi bir yazılım, yerel düzeyde enerji arz ve talebini dengelerken tüm SonnenCommunity üyelerini birbirine bağlamakta ve izlemektedir. Model, fazla enerjinin şebekeye değil, sanal bir enerji havuzuna geri beslenmesi bakımından farklılık göstermektedir. Havuzda depolanan enerjinin elektrik fiyatı yaklaşık 25 USD cent/kWh (23 Euro cent/kWh) olarak sabitlenmiş olup, platformun aylık kullanım ücreti 20 EUR'dur.

4.2.2 Talep toplayıcılar

Talep toplayıcılar, enerji sisteminde, yükün gerçekleşme zamanlarını etkileyerek dengeleyici bir unsur olarak hareket etmektedir. Günümüzde artan enerji tüketimi ile puant saatlerden kaçınmak için talebi zamana yayma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla toplayıcılar, fiyat sinyallerine ve toplanan verilere dayalı olarak şebeke işletmecilerine talep tarafı yönetim hizmetleri sağlamak için ticari ve endüstriyel yüklerin gerçek zamanlı olarak kaydırılmasını sağlayabilmektedir. Talep toplayıcılar tarafından yaratılan değer, enerji tüketicilerinin esnekliğini ortaya çıkarmaktadır. Bunu yapmak için talep toplayıcılar, enerji tüketiminin gerçek zamanlı optimizasyonu için ağırlıklı olarak IoT ve AI teknolojilerini kullanmaktadır. Ayrıca, bu faaliyetler için, esneklik seçeneklerinin kullanıldığı bir yan hizmet piyasası gerekli koşuldur. Talep toplayıcıların bu faaliyetleri, dağıtım ve iletim şebekesi altyapılarına yönelik yatırımların ertelenmesini sağlamaktadır. Talep tarafı katılımı, günümüzde çok bölgesel bir olgu olsa da (ABD, Avustralya, Avrupa) ve genellikle ticari ve sanayi tüketicileriyle sınırlı olsa da, konut düzeyinde küçük esnekliklerin (ör. elektrikli araç bataryaları, ısı pompaları, klima üniteleri) toplanıp enerji piyasasında daha aktif hale geldiği durumda, büyük bir potansiyele sahip olacaktır.

Analizlere göre, yük kaydırıcılar, talep toplayıcı olarak konumlanan ve talep tarafı katılımını etkinleştiren tek alt iş modelidir.

Şekil 11: *Talep toplayıcılar alt iş modelleri*

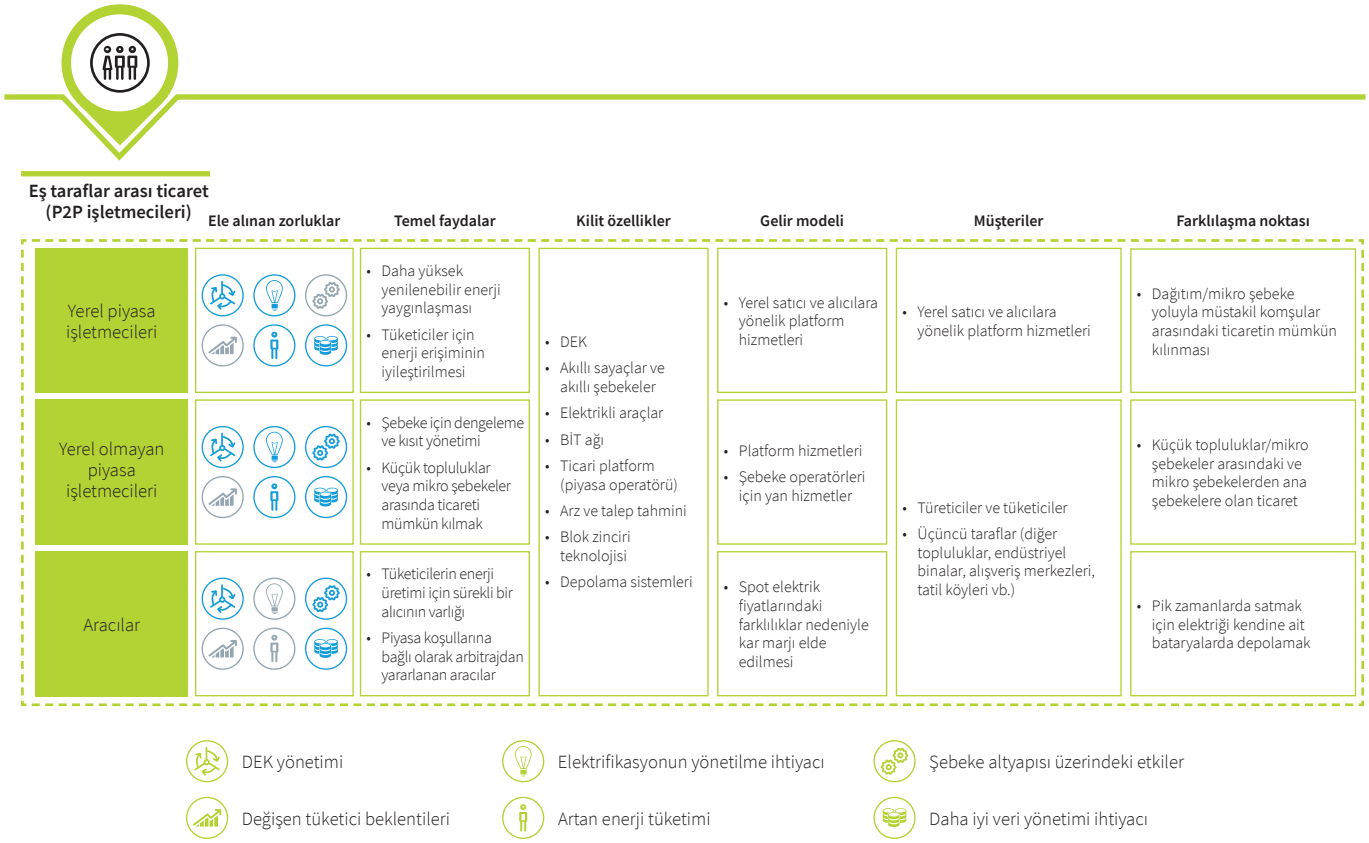
4.2.3 Eş taraflar arası ticaret (P2P işletmecileri)

DEK'in enerji sistemine artan entegrasyonu göz önüne alındığında, eş taraflar arası (P2P) enerji ticareti, blok zincir tabanlı bir platform mimarisi aracılığıyla tüketiciler ve üreticiler arasındaki doğrudan etkileşime dayanmaktadır. Dağıtık üretim, enerji depolama (sayaç arkasındaki bataryalar, vb.), elektrikli araçlar, enerji-ısı sistemleri ve talep tarafı gibi kontrol edilebilir yükleri içermektedir. P2P elektrik ticareti ile türeticiler, bu kaynakların faydalarını ait oldukları topluluklarla paylaşabilirken, aynı zamanda enerji sektörünün ihtiyaçlarına da katkıda bulunmaktadırlar.

P2P ticaret modelinin enerji sistemine birçok faydası bulunmaktadır. Değer zincirinin sonunda yer alan tüketici tarafındaki elektrik ticareti, yaratılan değerin paylaşılmasına olanak tanıyarak türeticileri ve tüketicileri yetkilendirmekte ve dağıtık yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük ölçüde yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Ek olarak, P2P modelleri, dengeleme faaliyetlerinde, kısıt yönetiminde ve şebeke yan hizmetlerinde kullanılabilmektedir. P2P ticaret platformları, talep ve arzı kesiştirerek ve kısıta neden olabilecek fazla yükün şebekeye verilmesini önleyerek, merkezi olmayan üreticilerin daha iyi yönetilmesini sağlamaktadır. Mikro şebeke yaklaşımının benimsendiği bir kurguda, P2P işletmecileri, ana şebekeye yan hizmetler sağlayarak bir VPP olarak hareket edebilecektir.

Analizimize göre, P2P modeli üç alt iş modelini içermektedir. Tüm P2P modelleri, işlemlerin şeffaf ve güvenli bir şekilde yönetilebilmesi için blok zincir teknolojisine ihtiyaç duymaktadır.

Şekil 12: *P2P alt iş modelleri*



Yerel piyasa işletmecileri

Yerel piyasa işletmecileri, dağıtım şebekesi veya mikro şebeke kurulumları aracılığıyla bireysel komşular arasında ticarete izin vererek, türeticilerin enerji ticaretine katılımını artırmaktadır. Türeticiler arasındaki ticaret, farklı türde enerji kaynaklarına sahip olabilecek türeticiler için yeni bir çözümdür. Yerel düzeyde, güneş panelleri ve sayaç arkası bataryalar gibi bu enerji kaynakları, yerel piyasa işletmecileri aracılığıyla en iyi şekilde yönetilmekte ve bu da DEK ve elektrikli araçların daha iyi yönetilmesini sağlamaktadır. Böylelikle tüketiciler, yeni bir kazanç olanağından ve enerji kaynaklarına kolay erişimden yararlanabilmektedir.

İsviçre'de, Prosume platformu, bir topluluk veya yerel enerji piyasası içindeki enerji akışının optimal yönetimine ve izlenmesine olanak sağlamaktadır. Tüketiciler ve türeticiler, yerel olarak üretilen elektriği otomatik olarak temin etmek veya güneş santralleri tarafından üretilen enerji fazlasını paylaşmak/satmak için kendilerine tahsis edilmiş olan kişiye özel kullanıcı isimlerini kullanmaktadırlar. Ayrıca, "Akıllı Topluluklar için Enerji Toplayıcı Gelişimi" inisiyatifi, tüketicilerin yeşil, yerel veya fosil gibi farklı enerji kaynaklarını seçebildiği belirli enerji toplayıcı taleplerine erişim sağlamaktadır. ABD bazlı başka bir örnekte ise, LO3Energy adlı bir şirket, yerel düzeyde enerjinin nasıl üretildiğini, depolandığını, satın alındığını, satıldığını ve kullanıldığını kökten değiştirerek blok zincir tabanlı yenilikler sağlamaktadır. Bu teknoloji platformu, yerel dağıtık enerji kaynaklarını kullanmanın basit bir yolunu sunmakta ve müşteriler için yeni teşvikler sağlamaktadır. LO3Energy öncelikle bir binanın enerji üretimini ölçerek enerjiyi toplu olarak yönetmek için ağ ile iletişim kurmaktadır. Ardından, özel bilgisayarların, işlemleri otomatik olarak doğruladığı merkezi olmayan bir dijital arşivde blok zincir teknolojisi kullanılmaktadır. Uygulama programlama arabirimi

(API) işbirliğine olanak tanımakta ve ağdaki üyelerin katılımını ve yenilikçi girişimlerini teşvik etmektedir. Şebeke bağlantısı, yerel olarak enerji üreten, depolayan ve ticaretini yapan binalar topluluğu oluşturmak için LO3Energy platformu kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Yerel olmayan piyasa işletmecileri

P2P ticareti her zaman yerel düzeyde gerçekleşmeyebilmektedir. Yerel olmayan piyasa işletmecileri, küçük topluluklar, mikro şebekeler arasında veya mikro şebekeler ile ana şebeke arasında ticaret mekanizmalarını etkinleştirmektedir.

Almanya'da bulunan Ponton, enerji ticareti, şebeke yönetimi ve müşteri ile ilgili süreçlere odaklanan bir işletmeler arası (B2B) BT şirketidir. Şirket, enerji ticareti (enerji, gaz ve CO2 sertifikaları) ve şebeke işletimi için çözümler sunmaktadır. Enerchain projesinin bir parçası olan Ponton, yerel olarak üretilen enerjinin türeticiler, EDAŞ ve toplayıcılar arasında değiş tokuş edildiği tezgâh üstü toptan enerji piyasasına olanak tanıyan merkezi olmayan bir enerji ticaret platformudur. Ayrıca platform bir "düzenleyici" olarak çalışarak, piyasa katılımcılarının (İSO, EDAŞ, toplayıcılar, tedarikçiler ve üreticiler) şebeke yönetimi sürecinde işbirliği yapma ve iletişim kurma şeklini basitleştirmekte ve standartlaştırmaktadır. Ponton, Avrupa'da blok zincir üzerinden enerji ticaretini mümkün kılan ilk platform olarak bilinmektedir.

Aracılar

P2P modeli aynı zamanda enerji ticareti için dinamik bir piyasa mekanizmasını da mümkün kılmaktadır. Aracılar, enerji fiyatları düşükken enerjiyi depolayarak ve fiyatlar yükseldiğinde satarak enerji piyasasındaki arbitrajdan yararlanmaktadır. Bu modelde, aracı P2P piyasa işletmecileri, türeticilerden elektrik satın alabilmekte ve kendi batarya sistemlerinde depolayabilmektedir. Depolanan enerji, talebin üretimi aştığı puant zamanlarda satılabilmektedir.

4.2.4 Hizmet olarak enerji sağlayıcıları (EaaS)

Yalnızca kilovat-saat (kWh) olarak elektrik sağlamak yerine, hizmet olarak enerji (EaaS) modeli müşterilere enerjiyle ilgili çeşitli hizmetler sunmaktadır. EaaS, artan dijitalleşme ile birlikte müşteri ihtiyaçları için donanım, yazılım ve ilgili hizmetleri birleştiren bütünsel bir yaklaşım sunmaktadır.

EaaS'ın temel faydaları, DEK'in yaygınlaşması, yönetimi ve verimlilik çözümlerinin yanı sıra, talep tarafı katılımı yoluyla artan şebeke esnekliği olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, EaaS, enerjiyle ilgili tüm ihtiyaçlara yönelik bir aracı olarak hareket ettiği üzere müşteriler, giderek daha karmaşık hale gelen enerji hizmetlerinin basitleşmesinden fayda sağlamaktadırlar. Bu enerji hizmetleri, akıllı sayaçlar, dinamik tarifeler, depolama teknolojileri ve enerji yönetimi çözümleri için IoT ve AI dahil olmak üzere çeşitli teknolojilerle enerji hizmet sağlayıcıları (EHS) tarafından sağlanmaktadır.

Analizlere göre, EaaS modeli, enerji tavsiyesi, enerji varlığı ve enerji yönetimi çözümleri sunan altı alt iş modelini içermektedir.

Şekil 13: *EaaS alt iş modelleri*

EaaS sağlayıcı

	Ele alınan zorluklar	Temel faydalar	Kilit özellikler	Gelir modeli	Müşteriler	Farklılaşma noktası
Enerji danışmanlığı modeli		• Özel stratejiler sunularak tüketicilerin tüketimini optimize etmeye yönelik fırsatların belirlenmesi	• Kıyaslama-en iyi uygulamaları belirleme • Gelişmiş enerji modelleme yazılımı • Elektrik fiyatı tahmini	• Diğer gelir akışlarının etkinleştiricisi	• Ticari ve endüstriyel binalar • Konutlar	• Henüz doğrudan bir gelir modeli olmamakla birlikte müşteriler için bir cazibe noktası sağlamaktadır
Hizmet modeli olarak enerji yönetimi		• Tüketici konforunu gözeten enerji tüketimi optimizasyonu • Talep tarafı yönetimi yoluyla esnekliğin artması	• Akıllı ev aletleri • Dijital teknolojiler Akıllı sayaçlar • Gerçek zamanlı optimizasyon • Dinamik fiyatlandırma	• Abonelik veya performansa dayalı sözleşmeler		• Yükün izlenmesi, uzaktan kontrolü ve optimizasyonu yoluyla enerji yönetimi çözümleri sağlamak
Dış tedarik optimizasyonu		• Enerji sağlama maliyetlerinde azalma	• Dijital teknolojiler (AI)	• Performansa dayalı sözleşmeler	• Ticari ve endüstriyel binalar	• Enerji satın alma yönünde belirli anlaşmalar ile satın alma optimizasyonu
Tesis kurulumu ve finansmanı-YE ve enerji depolama sistemleri		• DEK'in yaygınlaşması • Kendi elektrik üretiminden gelir elde eden müşteriler	• DEK • Batarya depolama sistemleri	• Donanım kurulumlarında marjlar yoluyla gelir elde etme • Aboneliğe dayalı sözleşmeler	• Ticari ve endüstriyel binalar • Konutlar	• Yenilenebilir enerji projeleri ve batarya depolama sistemi çözümleri
Tesis kurulumu ve finansmanı-Mikro şebeke kurulumu		• Merkezi olmayan şebeke sistemlerinin yaygınlığının artması	• Elektrikli araç akıllı şarj altyapısı • Batarya depolama sistemleri • DEK			• Otonom ve bağımsız çalışan mikro şebekelerin kurulumu
Tesis kurulumu ve finansmanı-Verimlilik cihazı iyileştirmesi		• Elektrik faturalarında tasarruf sağlanan müşteriler	• Enerji veriminin yüksek olduğu ev aletleri			• Müşterilerin elektrik faturalarından tasarruf etmeleri için fırsatlar yaratmak

DEK yönetimi

Elektrifikasyonun yönetilme ihtiyacı

Şebeke altyapısı üzerindeki etkiler

Değişen tüketici beklentileri

Artan enerji tüketimi

Daha iyi veri yönetimi ihtiyacı

Enerji danışmanlığı modeli

Enerji danışmanlığı modeli, enerji tüketim maliyetlerini mevcut piyasa fiyatlarıyla karşılaştırarak net bir resim ortaya koymak üzere müşterilerin elektrik verilerini, elektrik fiyat tahminlerini veya geçmiş verilerini kullanan gelişmiş modelleme yazılımından yararlanmaktadır. Bu model, müşterilerin Türkiye'de karbondan arındırılmış bir gelecek için dikkat edilmesi gereken enerji tüketimine ilişkin fırsatları belirten bir tablo oluşturmayı amaçlamaktadır. Model, müşterilerle etkileşim yoluyla veri toplayarak, enerji yönetimi paketleri gibi ek gelir fırsatları yaratmaktadır.

Hizmet modeli olarak enerji yönetimi

Bir hizmet modeli olarak enerji yönetimi, müşterilerin enerji yönetimi sorumluluklarını, temel faaliyetlerini izleme, uzaktan kontrol ve enerji kullanımının optimizasyonu yoluyla enerji yönetimi çözümleri sağlamak üzere bir şirkete devretmelerine olanak tanımaktadır. Bu model kapsamında enerji tüketimini izlemek ve uzaktan

kontrol etmek için akıllı sayaçlar gereklidir. Ayrıca, dinamik tarifeler, enerji kullanım optimizasyonu ve enerji fiyatlarındaki değişimden yararlanmak için diğer kritik ön koşuldur. Meskenlerde model, uzaktan kontrol edilebilen akıllı ev aletleri ile çalışmaktadır. Ancak, ticari veya sanayi binalarında aydınlatma, makine operasyonları vb. için enerji yönetimi çözümleri sağlamak gibi başka uygulamalar da olabilmektedir.

Dış tedarik optimizasyonu

Portekiz'de Avrupa Tedarikçi Haftası Enerji Perakende Ödülü'nü alan bir akıllı ev inisiyatifi olan EDP, bu modelin farklı bir kullanımını gerçekleştirmektedir. EDP, müşterilerin bir akıllı telefon uygulaması aracılığıyla ev ekipmanlarını ve enerji tüketimini yönetmelerini sağlamaktadır. EDP, Smarthome ürün paketi ile dört ürününü (güneş enerjisi, enerji depolama, enerji yönetimi ve elektrik mobilitesi) bir araya getirmekte ve enerji kullanıcılarını desteklemek üzere kendisini akıllı ev sektörünün her bir alanında konumlandırmaktadır. EDP re:dy kutusu, doğrudan müşterinin akıllı sayacına bağlanmakta ve enerji tüketimleriyle ilgili birçok bilgi sağlamaktadır. Tüm bu bilgiler, daha sonra, müşterilerin tüketimlerini aylık enerji raporlarına göre optimize edebilmeleri için veri setlerine dönüştürülmektedir. Müşteriler, EDP Smarthome'a abone olarak, verimli ve daha sürdürülebilir bir yaşam tarzına sahip olmayı seçebilmektedir. Bu proje, aynı zamanda hizmetlerin satışına da olanak sağlamaktadır. Örneğin, elektrikli araba satın alan bir müşteri, aracının enerji tüketimini kontrol etmek ve şarj istasyonu faaliyetlerini optimize etmek için EDP re:dy'ye de abone olabilmektedir.

Benzer şekilde, ABD merkezli bir şirket olan Inspire, kesintisiz ve herhangi bir kuruluma ihtiyaç duymaksızın %100 temiz enerji sağlamaktadır. Ev için dünyanın ilk kapsamlı "akıllı enerji" deneyimini yaratmayı hedeflemektedir. Inspire, kWh başına sabit fiyatlı 24 ve 36 aylık planlar sunarken, uzun vadeli taahhütte bulunmak istemeyen müşteriler için ise aylık değişken fiyatlı ürünler sunmaktadır. Ancak, aylık abonelik, şirketin ana olarak odaklandığı üründür. Süreç, bir müşterinin enerjiyi nasıl tükettiğini ölçen büyük veri platformuyla başlamakta ve şirketin her üye için her aboneliği önceden fiyatlandırmasına olanak tanımaktadır. Fiyatlandırma sürecinde veri bilimi ve hesaplama yaklaşımları kullanılmaktadır. "Akıllı Enerji" abonelik modeli için abonelik fiyatları ayda 39 ABD dolarından başlamakta ve enerji yönetimi hizmetlerinin yanı sıra %100 temiz elektriği içermektedir. Diğer yandan, dış tedarik optimizasyonu, maliyetleri, enerji kaynağı tercihini ve enerji kalitesini optimize etmek üzere enerji alımları için belirli anlaşmalar yapma konusunda uzmanlaşmıştır. Sanayileşmenin hızlanmasıyla birlikte fabrikalarda enerji tüketiminin artması, bu enerjinin satın alma sürecinin optimizasyonunu zorunlu kılmaktadır. EaaS, müşteri için geleneksel enerji kaynaklarından DEK'e kadar değişen elektrik tedarik olanakları açısından fiyat karşılaştırmasına dayalı stratejik rehberlik sunmaktadır.

Tesis kurulumları

Son olarak, yenilenebilir enerji üretimi ve enerji verimliliği çözümlerindeki trendin, son tüketici düzeyine kadar ulaşmasıyla tesis kurulum ve finansman hizmetleri artan bir talep görmüştür. Hem çevre bilincinin artması hem de son tüketicilerin enerjiyi bir gelir kaynağı olarak kullanabileceğinin farkına varması, bu eğilimi hızlandıran etkenler arasında yer almaktadır. Tesis kurulumu ve finansmanı, birbiriyle ilişkili üç alt modeli içermektedir. İlkinde, EHS, DEK'in yaygınlaşmasını artırarak, yerinde veya tesis dışı yenilenebilir enerji projelerinin ve batarya depolama sistemlerinin kurulumuyla ilgili uçtan uca hizmetler sağlayabilmektedir. Bu projelerle, EHS donanım kurulumlarındaki marjlar yoluyla gelir elde etmektedir. İkincisi, yenilenebilir enerji projelerinin ve batarya

depolama sistemlerinin kurulumu, ana şebekeden bağımsız olarak çalışan mikro şebeke kurulumlarının yapılmasına olanak tanıyabilmektedir. Ayrıca, mikro şebekeler, mikro şebeke ortamında P2P ticareti yapan türeticiler için gelir yaratma fırsatlarının önünü açmaktadır. Son alt model, müşteriler için verimli cihaz iyileştirmesi konusunu kapsamaktadır. Müşteriler, enerji tasarruflu cihazların kurulumuyla enerji faturalarını azaltabilmektedir. Örneğin Inspire, enerji yönetimi faaliyetlerine ek olarak, kontrol edilebilir LED'ler ve akıllı termostatlar dâhil olmak üzere akıllı teknolojileri, müşterilerin enerji kullanımlarını izlemelerini ve kontrol etmelerini ve her tasarruf ettiklerinde uygulama üzerinden para kazanmalarını sağlayan bir mobil uygulama ile senkronize etmektedir.

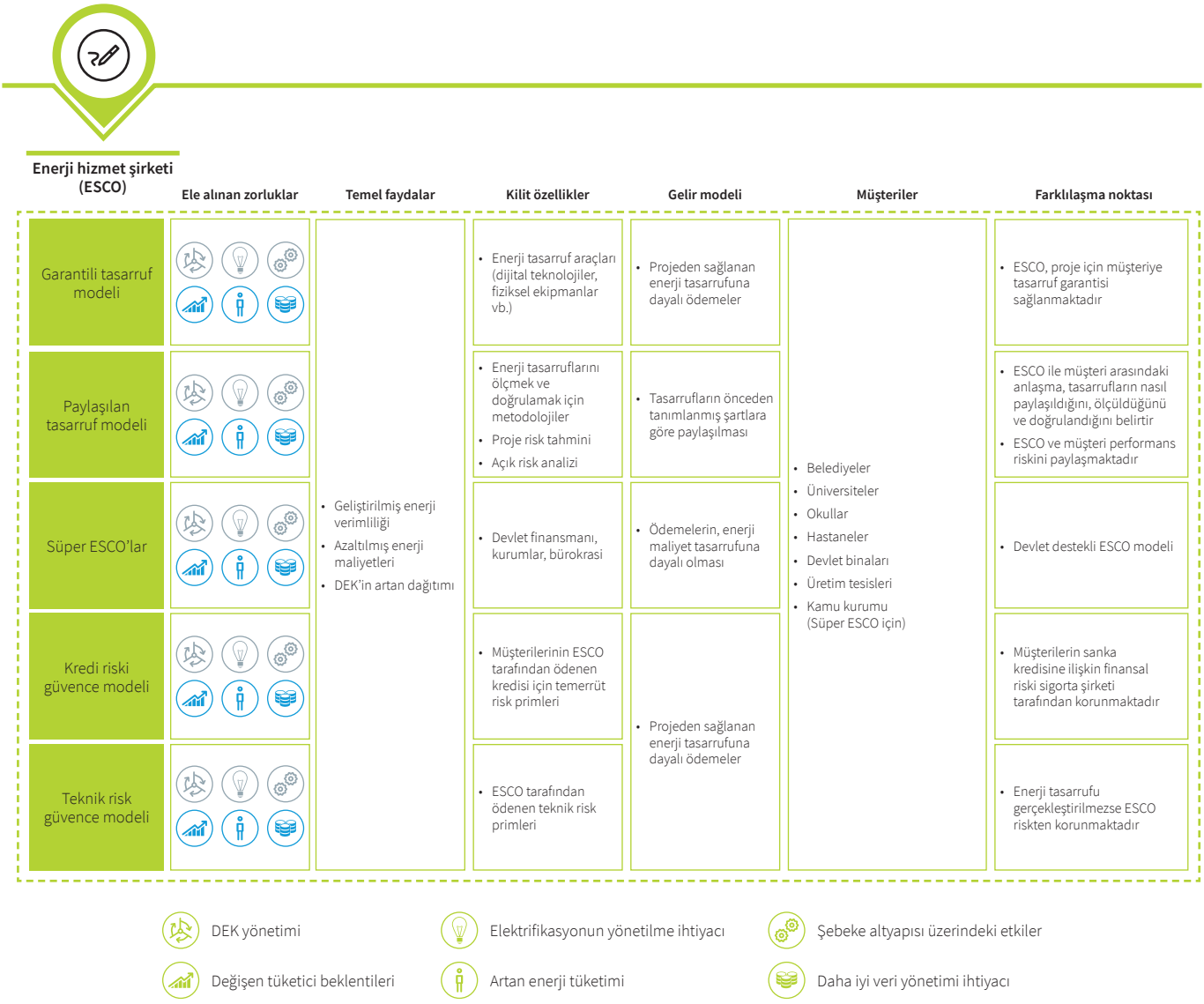
4.2.5 Enerji hizmeti şirketi (ESCO)

Enerji hizmeti şirketi (ESCO), enerji verimliliği projelerinin uygulanmasını veya anahtar teslimi DEK kurulmasını içerebilecek enerji hizmetleri sunan bir şirkettir. Projelendirme/uygulama, bakım ve revizyon, enerji verimliliğine yönelik iyileştirmeler, tasarrufların izlenmesi ve değerlendirilmesi, ekipman tedariki gibi uçtan uca çözümlerle binaların enerji maliyetlerinin düşürülmesi birincil amaçları arasında yer almaktadır. ESCO modellerinin en ayırt edici özelliği, gelir modelinin, projenin yarattığı enerji tasarrufu üzerine kurulu olmasıdır.

ESCO modelinin ana faydası, müşterilerine, büyük veri yığınlarıyla uğraşarak enerji verimliliği sağlamak yerine sadece kendi temel faaliyetlerine odaklanma imkânı sağlamasıdır. Özellikle enerjiyi yoğun kullanan tesislerde, ESCO çözümleri, önemli miktarlarda tasarruf imkânı tanımaktadır. Ayrıca, ESCO, başlangıçta yapılması gereken harcamaları müşterilerden elde edilen maliyet tasarrufları yoluyla karşılayabildiği için, müşterilerin yatırım maliyeti oluşmamaktadır.

Analizlere göre, ESCO modeli, projenin ölçeğine ve gereksinimlerine bağlı olarak beş alt iş modelini içermektedir.

Şekil 14: *ESCO alt iş modelleri*



Garantili tasarruf modeli

Garantili tasarruf modelinde ESCO, müşteriye projenin tasarruf garantisini vermektedir. Bu model ile ESCO, projenin performans riskini üstlenerek, müşteriye, projenin olası risklerine dair istisnai bir avantaj sunmaktadır. Anlaşmaya göre, proje beklenen enerji tasarrufunu yaratamadığında veya gerekli hizmeti sunamadığında, ESCO ödeme almamaktadır.

Paylaşımlı tasarruf modeli

Müşteriye koruyucu bir kalkan sağlayan garantili tasarruf modeline kıyasla, paylaşımlı tasarruf modeli, her iki paydaş için de bir risk paylaşım modeli sunmaktadır. Paydaşlar arasındaki anlaşmada, tasarrufların nasıl paylaşıldığı, ölçüldüğü ve doğrulandığı belirlenmektedir. Ayrıca, bu anlaşma uzun vadede ESCO'nun performans riskini kısmen ortadan kaldırmaktadır. Ancak, enerji verimliliği ölçümü ve doğrulaması ile ilgili prosedürler, paydaşlar arasındaki olası çatışmalar nedeniyle dış tarafların katılımını gerektirebilmektedir.

Süper ESCO'lar

Süper ESCO'lar, enerji verimliliği projeleri için kamu sektörüne hizmet etmeyi amaçlayan devlet destekli kurumlardır. Model, devletin gücü sayesinde, projelere ilişkin satın alma ve sözleşme gibi finansman ve prosedürel süreçleri kolaylaştırmaktadır. Yenilikçi finansman yöntemleri, müşterilerin krediler, sermaye kiralamaları veya tahvil ihracı yoluyla ön yatırım maliyetini karşılamalarına yardımcı olabilmektedir. Süper ESCO, ayrıca, bankalar yoluyla proje finansmanı sağlamakta ve müşterinin ödemesi projeden elde edilen maliyet tasarruflarına dayalı olmaktadır. Uygulama maliyetlerinin kapsanması nedeniyle, Süper ESCO'nun enerji verimliliği projelerinin yaygınlaşması konusundaki rolü önemlidir.

Kredi riski güvence modeli

Kredi riski güvence modeli, garantili tasarruf modeline benzemektedir. Bu modelde, ESCO projeyi tasarruf garantisi ile uygulamaktadır. Ayrıca ESCO, müşterinin banka kredisine karşı riskten korunması için sigorta şirketine de prim ödemektedir. Müşterinin temerrüde düşmesi durumunda, sigorta şirketi ESCO'nun ödediği primlerle müşteriye kredi temerrüdü teminatı sağlamaktadır. Sonuç olarak, müşteriden gelen nakit akışı garanti edilmektedir.

Teknik risk güvence modeli

Diğer yandan, teknik risk güvence modeli, ESCO için koruyucu bir kalkan oluşturmaktadır. ESCO, sigorta şirketine prim ödeyerek, tasarruf garantisi ile uygulanan projenin, üzerinde anlaşılan tasarruf oranları koşullarını karşılayamama riskini ortadan kaldırmaktadır. Enerji tasarrufunun gerçekleşmemesi durumunda, zarar, sigorta şirketi tarafından tazmin edilmektedir.

4.2.6 Kullandıkça öde (PAYG)

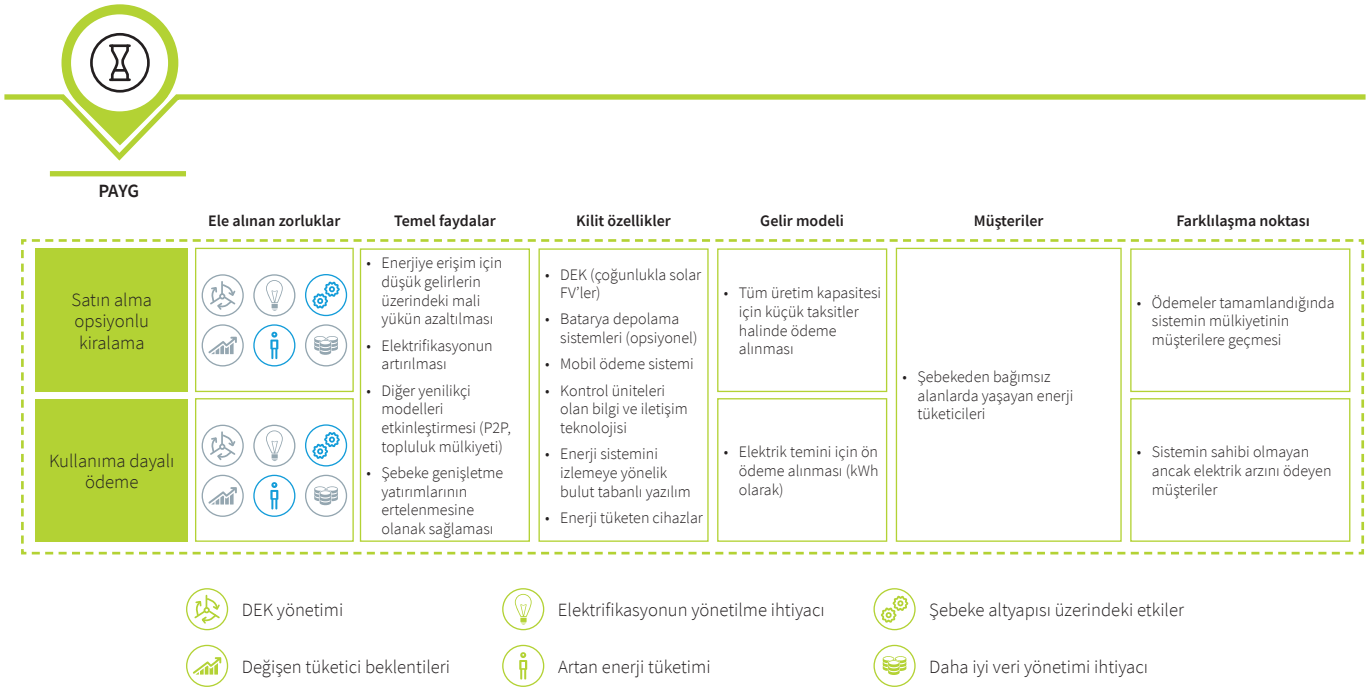
Kullandıkça öde (PAYG) modeli genellikle, müşterilerin mobil ödeme teknolojileri ve cep telefonu kredileriyle ödediği, kiralanan veya satılan konut güneş enerjisi sistemini içermektedir. Ödeme yapılmaması durumunda, servis sağlayıcı hizmetin bağlantısını uzaktan kesebilmektedir.

PAYG modeli, enerjiye erişim sorununu çözmek ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriği uygun fiyatlarla sağlamak için ortaya çıkmış bir yeniliktir.

PAYG modeli, şebeke dışı alanlar (kırsal, dağlık alan, çöl/orman köyleri vb.) için şebeke genişletme yatırımlarına olan ihtiyacı ortadan kaldırarak, şebekenin aşırı yüklenmesini önleyerek ve bu alanlarda enerji erişimini iyileştirerek çeşitli avantajlar sağlamaktadır. PAYG modeli, ayrıca, P2P enerji ticareti veya ortak mülkiyet gibi diğer yenilikçi iş modellerini de mümkün kılmaktadır.

Analizlere göre PAYG modeli iki alt iş modelini içermektedir.

Şekil 15: *PAYG alt iş modelleri*



Satın alma opsiyonlu kiralama

Tüketici finansmanı getirisi olarak da adlandırılan satın alma opsiyonlu kiralama modeli, müşterilerin tüm üretim kapasitelerini, belirli bir süre zarfında küçük taksitler halinde ödeyerek karşılamasını içermektedir. Güneş enerjisi sistemlerinin %90'ından fazlası satın alma opsiyonlu kiralama modeli kapsamındadır (IRENA, 2020).

Kenya'da, şebekeye bağlı olmayan güneş enerjisi çözümleri sunan d.Light, aydınlatma sağlayabilen, cep telefonlarını şarj edebilen ve radyolar çalıştırabilen bir PAYG güneş enerjisi sistemi geliştirmiştir. Şirket, 120.000'den fazla ürün satmıştır. Satışların çoğu, Kenya piyasasının çoğunluğunu oluşturduğu Doğu Afrika'da yapılmıştır. Ödemeler, çok çeşitli mobil platformlar kullanılarak yapılabilmektedir. Ödemeler zamanında yapıldığı sürece, D30 cihazının kilidi açık kalmaktadır. Tamamı ödendikten sonra, PayG güneş enerjisi ev sisteminin kilidi süresiz olarak açılmakta ve müşteriler kendi sistemlerine sahip olmaktadır. Bu mobil platformlar, müşterilerin 25 ABD doları peşinat ödemesini ve sonrasında bir yıl boyunca günlük 0,4 ABD doları ödeme yapmasını ve ardından sisteme sahip olmalarını sağlamaktadır. Evler ve küçük işletmeler için kişisel bir enerji şebekesi gibi çalışabilme yeteneği sayesinde, d.Light, sunduğu sistemin dünyanın düşük gelirli kırsal kesimlerinde yaygın kabul gördüğünü ve insanların pahalı gazyağı kullanımını bırakarak, sürdürülebilir enerji kaynağının avantajlarından yararlanmasını mümkün kıldığını belirtmektedir.

Kullanıma dayalı ödeme

"Mikro hizmet" olarak da adlandırılan kullanıma dayalı model, elektrik tedariki için (kWh olarak) ön ödeme yapan müşterileri içermektedir. Müşteriler elektrik için ön ödeme yapmakta ve bu elektrik tüketildikten sonra EHS, bir sonraki ödeme yapılana kadar uzaktan izlenen bir kontrol sistemi aracılığıyla güneş enerjisi sistemini otomatik olarak kapatmaktadır. Satın alma opsiyonlu kiralama modelinden farklı olarak, müşteriler sisteme asla sahip olmamakta, sadece üretilen elektriği tüketebilmektedir.

4.2.7 Ortak topluluk mülkiyeti (C-O)

Ortak topluluk mülkiyeti, haneler, bireyler ve işletmeler dâhil olmak üzere aktörlerin DEK, batarya sistemleri, bölgesel soğutma ve ısıtma sistemleri gibi enerjiyle ilgili tesisleri elde etmede birleşmesini sağlamaktadır. Bu tesislerin mülkiyeti, tüm üyelere ait olup, sahip olunan sistemler işbirliği içinde yönetilmektedir.

Topluluk sahipliği, topluluktaki katılımcı sayısına bağlı olarak dağıtık üretimin ilk yatırım maliyetlerini büyük ölçüde azaltmakta, ölçek ekonomisinden yararlanmayı sağlamakta ve sonuç olarak, DEK kurulumunu yaygınlaştırmaktadır. Azalan ilk yatırım maliyetlerine ek olarak, topluluk üyeleri ana şebekeye bağlı kalmak yerine, sürdürülebilir düşük maliyetli enerji çözümlerine ulaşabilmektedir. Ortak topluluk mülkiyeti modelleri, topluluğun kendisine ek olarak enerji sistemine de çok sayıda katkıda bulunmaktadır. Ana şebekeye bağlandığında, topluluğa ait enerji santralleri, sistemin esnekliğini artırarak enerji ve diğer yan hizmetleri sağlayabilmektedir. Büyük ve merkezi enerji santrallerinin ana sistemi, doğal afetler veya terör eylemlerinin neden olduğu büyük kesintilere karşı savunmasızdır. Topluluk mülkiyeti konsepti, daha küçük, merkezi olmayan yerel yenilenebilir enerji kaynaklarını bir araya getirerek enerji arzını çeşitlendirmekte ve şebeke kesintileri tehlikesini azaltmaktadır. Ayrıca model, yerel karbonsuzlaşma hedefleri gibi makro perspektiflere de hizmet etmektedir. İskoçya'da, bir topluluğa ait ve topluluk tarafından yönetilen ve bakımı yapılan bir şirket olan Eigg Electric, ada elektriğinin %95'ini dağıtık olarak üreterek, elektrik üretiminde kullanılan karbon yoğun dizel yakıt ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır.

Analizlere göre, topluluk mülkiyeti modeli, beş alt iş modelini içermektedir.

Şekil 16: *Ortak topluluk mülkiyeti alt iş modelleri*

Ortak topluluk mülkiyeti

	Ele alınan zorluklar	Temel faydalar	Kilit özellikler	Gelir modeli	Müşteriler	Farklılaşma noktası
Elektrik üretim tesisleri, ısıtma sistemleri ve enerji depolama sistemleri		• Topluluk için daha düşük enerji maliyeti • Geliştirilmiş yenilenebilir enerji erişimi • DEK'in yaygınlaşması • Şebekede geliştirilmiş esneklik	• DEK • Kombine ısı ve enerji tesisleri • Batarya sistemleri	• Donanım kurulumlarında marjlar yoluyla gelir elde etme • Elektrik faturalarında tasarruf	• Topluluk üyeleri	• Üretilen enerjiyi kendi kendine tüketen türeticiler
Enerji verimliliği programları		• Enerji verimliliği konusunda farkındalığın artması	• Bina yenilemeleri	• Topluluk üyeleri için enerji verimliliği yenilemelerinin uygulanması • İlgili teknik bilgiyi üçüncü taraflara satmak	• Topluluk üyeleri • Yerel makamlar	• Tüketimi azaltarak kendi kendine yeterliliği artırmak için bütünsel yaklaşım
Elektrik perakende satış şirketleri		• Küçük topluluklar veya mikro şebekeler arasındaki ticareti mümkün kılmak	• DEK • Topluluklar ve/üçüncü taraflar arasındaki ticaret mekanizmaları (fiyatlandırma vb.)	• Topluluk tarafından üretilen enerjiyi diğer topluluklara veya üçüncü taraflara satmak	• Diğer yerel topluluklar • Üçüncü taraflar (işletmeler vb.)	• Topluluklar arasında P2P ticaretini etkinleştirmek
Enerji ticareti oyuncuları		• Toplu üretim yapan tüketicilerin toptan organize pazarlarda ve tezgah üstü ticarette katılımcı olmasını sağlamak	• DEK • Fiyat tahmini	• Toptan veya tezgah üstü elektrik ticareti • Türeticilerden alınan komisyon ücretleri	• Topluluk üyeleri (türeticiler)	• Birden fazla katılımcı adına enerji ticareti yürüten tek kuruluş
Yan hizmet sağlayıcıları		• Enerji şebekesini dengelemek	• DEK • Sağlanan hizmetler: frekanskontrolü, gerilim kontrolü, kısıt yönetimi, sistem restorasyonu ve yüksek enerji kalitesi	• Ana şebekeye yan hizmetler sağlamak	• Şebeke operatörleri	• Dengeleme faaliyetleri

DEK yönetimi
Elektrifikasyonun yönetilme ihtiyacı
Şebeke altyapısı üzerindeki etkiler
Değişen tüketici beklentileri
Artan enerji tüketimi
Daha iyi veri yönetimi ihtiyacı

Elektrik üretim tesisi, ısıtma sistemleri ve enerji depolama sistemleri

Elektrik üretim tesisi, ısıtma sistemleri ve enerji depolama sistemleri, bir toplumun enerji ihtiyaçlarını karşılamak için bütünsel bir model sunmaktadır. Bu modelde, topluluklar halinde bir araya gelen tüketiciler, üretilen elektriği kendileri tüketmekte, ısıtma ihtiyaçlarını karşılamakta ve topluluğun en yüksek talebini karşılamak için yerel olarak üretilen veya şebekeden tüketilen elektriği depolamak için bataryaları kullanmaktadır. Topluluğa ait üretim tesislerinin, ısıtma sistemlerinin ve depolama sistemlerinin fiziksel olarak aynı yerde bulunması, bulundukları bölgeye elektrik sağlarken bunların yönetilmesini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, bu bölgeler, şebekeye bağlı olmak zorunda olmadıkları için, şebeke üzerindeki yükü de hafifletmektedirler.

Topluluğa ait üretim santralleri, güneş santralleri, rüzgâr enerjisi santralleri veya biyokütle santralleri olabilirken, ısıtma sistemleri biyokütle, odun peleti, güneş, jeotermal veya kombine ısı ve enerji santrallerini içerebilmektedir.

Eigg Electric, bir güneş enerjisi santralinin, belirli bir topluluğa ait binaların enerji ve ısıtma ihtiyaçlarını karşılamada kullanımına bir örnek teşkil etmektedir. Eigg, anakara elektrik sistemlerine bağlı değildir. Onlarca yıllık dizel jeneratör kullanımından sonra, Eigg Electric ilk kez Şubat 2008'de 24 saat enerji sağlamıştır. Eigg Electric, 110 kW hidro projeleri, 24 kW rüzgâr türbinleri ve 20 kW güneş santralinden oluşan toplam 184 kW'lık yenilenebilir su, güneş ve rüzgâr kaynaklarından tüm ada sakinlerine elektrik sağlayan topluluğa ait ve topluluk tarafından yönetilen ve bakımı yapılan bir şirkettir. Yenilenebilir kaynaklardan sağlanan enerji, 11 km'lik yer altı kablolarından oluşan Eigg şebekesi ile kullanıcılara ulaştırılmaktadır. Bu yüksek gerilimli şebeke, adaya elektrik sağlarken, dağıtılan elektriğin gerilimi, trafolar yoluyla evlere ve işyerlerine uygun olan düşük gerilime dönüştürülmektedir. Enerji, bir kontrol binasında yönetilmekte ve depolanmaktadır. Yakın çevrede, yenilenebilir kaynakların yetersiz olduğu dönemler için yedek jeneratörler bulunmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar, adanın elektriğinin yaklaşık %95'ini üç yenilenebilir kaynaktan sağlamıştır.

Enerji verimliliği programları
Enerji verimliliği programları, topluluk üyelerini enerji tüketimini azaltmak veya bina iyileştirmelerine yatırım yapmak için harekete geçmeye teşvik etmektedir. Bu süreçte, doğrudan yatırım desteklerinden, eğitim kampanyalarından, teknik ve mali danışmanlıktan veya yerel makamlarla ortaklıklardan yararlanılabilmektedir.

Elektrik perakende satış şirketleri
Elektrik perakende satış şirketleri, topluluğa ait üretim tesislerinden toptan elektrik satın alabilmekte ve ilgili enerji hizmetlerini diğer yerel topluluklara ve diğer üçüncü taraflara satabilmektedir. Merkezi olmayan topluluklar, kullanmadıkları fazla enerjilerini şebekeye geri vermek yerine, enerji ticareti ortakları haline geldiklerinden, bu model P2P ticaretine benzerlikler göstermektedir.

Enerji ticareti oyuncuları
Enerji ticareti oyuncuları ise, topluluk tarafından üretilen fazla enerjiyi toplayarak piyasa katılımcıları olarak hareket etmektedir. Enerji ticareti, kısa vadeli işlemler veya uzun vadeli anlaşmalar kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir.

Yan hizmet sağlayıcıları
Ana şebekeye bağlandığında, topluluğa ait enerji santralleri yük dengeleme, yedek kapasite ve frekans kontrol rezervleri gibi yan hizmetler sağlayabilmektedir. Böylelikle, topluluk mülkiyetinde yer alan küçük enerji tesisleri, daha kısa tepki süreleri olduğu için, şebekedeki dalgalanmaların dengelenmesinde hayati bir rol oynayabilmektedir. Örneğin, şebekede puant talep oluştuğunda, topluluğun mikro şebekesinin ana şebekeye bağlı olması koşuluyla, şebeke ölçekli bataryalardan yük aktarımı mümkün olacaktır.

4.3 İş modelleri, teknolojiler ve enerji dönüşümü unsurlarının eşleştirilmesi

Enerji sektöründeki ihtiyaç ve zorlukları giderecek hedef iş modelleri ve alt kategorileri; mümkün kılıcı olarak nitelendirilen donanım, yazılım ve dijitalleşme teknolojileriyle birlikte enerji dönüşümünün farklı unsurlarına hizmet etmektedir. Her bir iş modelinin

alt kategorileri, enerji sisteminde sunduğu çözümler için belirli donanım ve yazılım teknolojilerini kullanmak durumundadır. Bununla birlikte, veriyle beslenen tarafların yer aldığı iş modelleri için yüksek etki potansiyeline sahip dijital teknolojiler olmazsa olmazdır. Sonuç olarak bu modeller enerji dönüşümünün unsurları olan enerji verimliliği, yenilebilir enerji kaynakları ve elektrifikasyon trendlerini hızlandırıcı bir rol üstlenmiş olacaklardır.

4.3.1 İş modelleri ve ilgili donanım ve yazılım teknolojilerinin eşleştirilmesi

Hedef iş modelleri ve alt kategorileri, çeşitli teknolojiler tarafından desteklenmektedir. Hem fiziksel altyapıyı hem de yazılımları içeren bu teknolojiler, daha fazla sistem entegrasyonunu, sistem kaynaklarının veri toplamasını ve yayılmasını desteklemekte olup, ayrıca yenilenebilir enerjinin daha fazla yaygınlaşmasını ve kullanımını kolaylaştırarak enerji sistemlerinin verimliliğinin artırılmasına da destek olmaktadır. Arz/talep toplayıcılar, enerji dönüşümünün kilit oyuncuları olarak kabul edilmekte ve operasyonları ancak farklı teknolojilerle mümkün olabilmektedir. Bu teknolojiler, bataryalardan akıllı sayaçlara, iletişim altyapısına veya merkezi BT kontrol sistemlerine ve enerji yönetim sistemlerine kadar uzanmaktadır. Arz toplayıcılar ve talep toplayıcılar, farklı faaliyetlerle farklı müşterileri hedeflese de, operasyonları için çoğunlukla benzer teknolojileri kullanmaktadırlar.

P2P operatörleri, benzer şekilde sayaç arkası batarya, elektrikli araç akıllı şarjları, akıllı sayaçlar ve iletişim altyapısı gibi donanımları kullanırken ticaret işlemlerinin de gözetildiği enerji yönetim sistemleri ve merkezi BT kontrol sistemleri gibi yazılımlardan faydalanmaktadırlar. P2P operatörleri arasında yer alan aracılar ise diğer alt modellerden ayrışarak enerji fiyat arbitrajından faydalanmak üzere toptan fiyat tahmini yazılımlarını kullanmaktadırlar.

Şekil 17: *Toplayıcıları ve P2P işletmecilerini ilgili teknolojiler ile eşleştirme*

		Sayaç arkası batarya	Şebeke ölçekli batarya	Elektrikli araç akıllı şarjlar	Akıllı sayaçlar	İletişim altyapısı	Mikro şebeke geliştiriciler	Akıllı şebekeler	Kendi kendine öğrenen hava durumu ve yenilenebilir tahminlemesi	Toptan fiyat tahmini	Dinamik fiyatlandırma	Yük projeksiyonu	Merkezi BT kontrol sistemleri	Enerji yönetim sistemleri
Arz toplayıcılar	Yenilenebilir portföy yönetimi		✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Piyasa katılımcısı	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Yan hizmet sağlayıcı	✓		✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Dahili DEK optimizasyonu	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
Tal. Top.	Yük kaydırıcı	✓		✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓
P2P işletmecileri	Yerel piyasa işletmecileri	✓		✓	✓	✓	✓						✓	✓
	Yerel olmayan piyasa işletmecileri	✓		✓	✓	✓		✓	✓				✓	✓
	Aracılar (üretim toplayıcılarının bataryaya sahip olması									✓				

Tal. Top.: Talep Toplayıcılar — Donanım — Yazılım

Enerji hizmet sağlayıcılarının (EHS) kWh olarak elektrik enerjisi dışında farklı çözümler sunabilmesi, donanım ve yazılım teknolojilerini gerektirmektedir. EaaS dikkate alındığında, akıllı sayaçlar ve dinamik fiyatlandırma; enerji danışmanlığı, enerji yönetim çözümleri ve dış tedarik optimizasyonu için kritik önemdedir. EHS ayrıca, çoğunlukla donanım teknolojilerinden yararlanarak, yerinde ve tesis dışında yenilenebilir enerji projeleri ve batarya depolama sistemleri, mikro şebekeler, akıllı sayaçlar ve verimlilik cihazlarının kurulumuyla ilgili uçtan uca hizmetler sağlamaktadır.

ESCO modeli ile enerji verimliliği projeleri, genellikle büyük endüstriyel tesislere veya ticari binalara uygulanmaktadır. Bu nedenle, şebeke ölçekli bataryalar; akıllı şebekeler, mikro şebekeler ve iletişim altyapısı gibi diğer donanım teknolojileriyle birlikte kullanılmaktadır. ESCO'ların gelir modeli, bir tesisteki veya binadaki enerji tasarrufuna odaklandığından, enerji yönetim sistemleri ve merkezi BT kontrol sistemleri, en verimli çözümleri sağlamak açısından çok önemli bir rol oynamaktadır.

Şekil 18: *EaaS ve ESCO modellerini ilgili teknolojilerle eşleştirme*

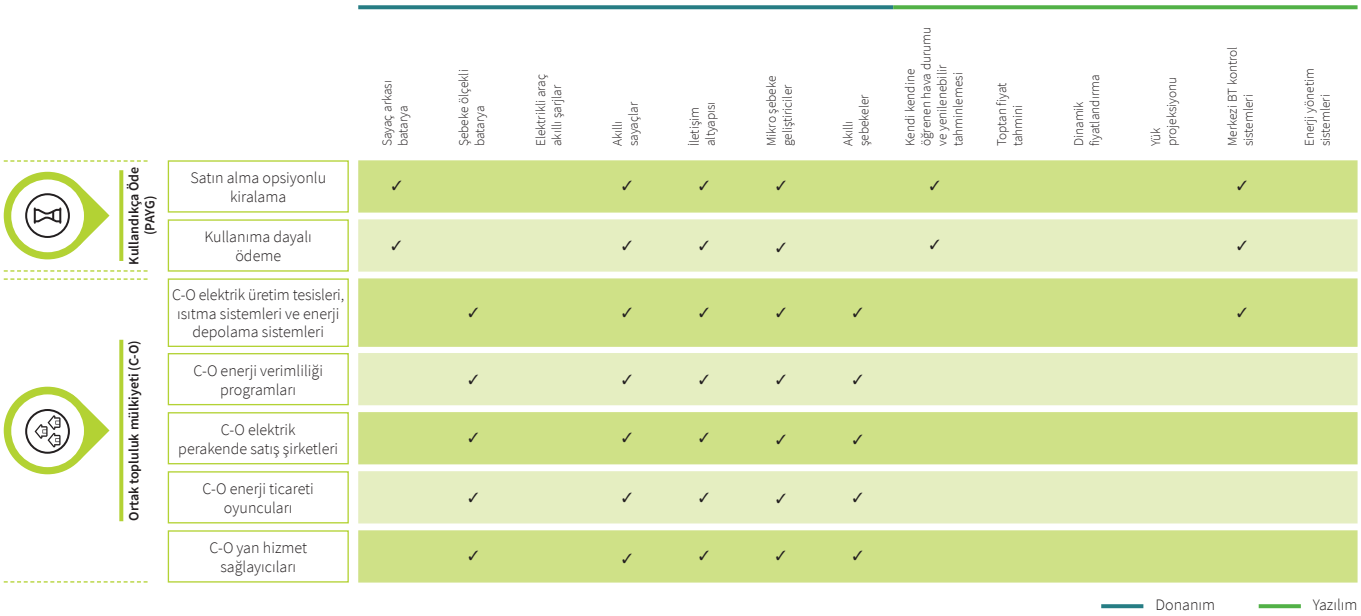
		Sayaç arkası batarya	Şebeke ölçekli batarya	Elektrikli araç akıllı şarjlar	Akıllı sayaçlar	İletişim altyapısı	Mikro şebeke geliştiriciler	Akıllı şebekeler	Kendi kendine öğrenen hava durumu ve yenilenebilir tahminlemesi	Toptan fiyat tahmini	Dinamik fiyatlandırma	Yük projeksiyonu	Merkezi BT kontrol sistemleri	Enerji yönetim sistemleri
Hizmet olarak enerji sağlayıcıları (EaaS)	Enerji danışmanlığı modeli (kıyaslama, içgörü...)	✓			✓	✓					✓		✓	
	Hizmet modeli olarak enerji yönetimi	✓		✓	✓	✓		✓			✓		✓	✓
	Dış tedarik optimizasyonu									✓	✓		✓	
	Tesis kurulumu ve finansmanı-YE ve enerji depolama	✓				✓	✓		✓					
	Tesis kurulumu ve finansmanı-Mikro şebeke kurulumu					✓	✓							
	Tesis kurulumu ve finansmanı-Verimlilik cihazı iyileştirmesi					✓								
Enerji hizmet şirketi (ESCO)	Garantili tasarruf modeli		✓			✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓
	Paylaşımlı tasarruf modeli		✓			✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓
	Süper ESCO'lar		✓			✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓
	Kredi riski güvence modeli		✓			✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓
	Teknik risk güvence modeli		✓			✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓

Donanım Yazılım

PAYG modelleri, son tüketiciler ilgili kaynaktan faydalandıkça ödeme alan, yenilenebilir enerji kaynağına dayalı sistemleri kurulmasını esas alır. Bu nedenle, PAYG paketleri için tüketim verilerinin akıllı sayaçlar ve merkezi BT kontrol sistemleri ile takip edilmesi, ödemelerin hatırlatılması ve iletişim altyapısı üzerinden sayaç arkası bataryalarda kalan şarj bilgisinin alınması ve enerji üretim tahminleri için hava tahmini yapılması önemlidir.

PAYG modellerine benzer şekilde, topluluk mülkiyeti modelleri de mikro şebeke çözümleri kullanmaktadır. Ancak, topluluğa ait bir enerji santralinin ana şebekeye bağlı olup olmayacağı değişebilmektedir. Şebekeye bağlanırsa, bu modellerde akıllı şebeke teknolojileri kullanılabilmektedir. Dahası, PAYG modellerinden farklı olarak, topluluk mülkiyeti, bir esneklik seçeneği olarak şebeke ölçekli batarya gerektiren daha büyük ölçekli üretim tesislerinden oluşabilmektedir.

Şekil 19: *PAYG ve ortak topluluk mülkiyeti modellerini ilgili teknolojilerle eşleştirme*

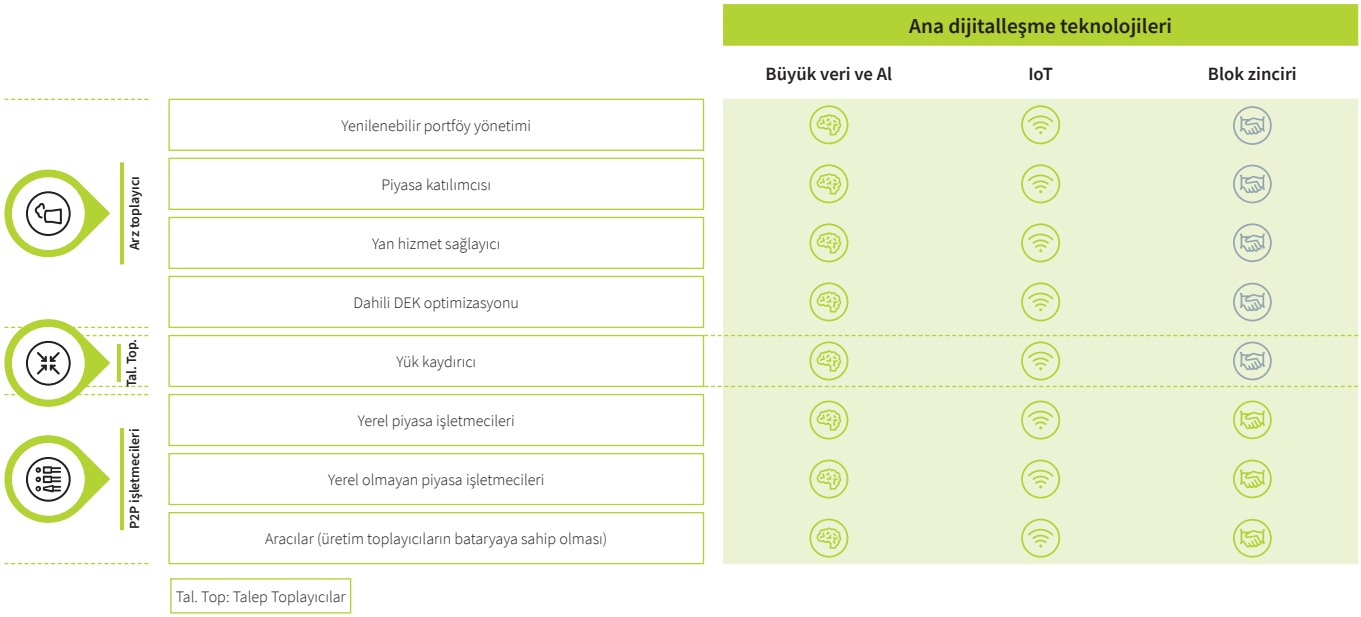


4.3.2 İş modellerinin önemli dijitalleşme teknolojileriyle eşleştirilmesi

Enerji sektöründeki yenilikçi iş modelleri, daha önce de bahsedildiği gibi temel olarak üç dijitalleşme teknolojisi ile mümkün olmaktadır. Dijitalleşme, temel olarak, enerji ile ilgili verileri değere dönüştürmekte ve enerji sisteminde kullanmak üzere bu değerlerin alışverişine izin vermektedir.

Hedef iş modelleri bu dijitalleşme teknolojilerinden çeşitli şekillerde faydalanabilmektedir. İlk olarak, bir toplayıcının oluşturulması ve işletilmesi için dağıtık enerji üretiminden gerçek zamanlı veri alımı gereklidir. Verinin tesisi için IoT cihazları kritik öneme sahiptir. Ayrıca, AI gibi gelişmiş tahmin araçları, kesintili üretim yapan dağıtık sistemlerin üretim planlarının optimizasyonu için yenilenebilir enerji üretiminde ve enerji sistemindeki talebin tahmin edilmesinde kullanılabilmektedir. P2P işletmecileri, veri toplamak ve karar sürecini otomatikleştirmek için kullanılan IoT, büyük veri ve AI teknolojilerine ek olarak, artan doğrudan ticaret ve doğrulanabilir bilgilerin paylaşılmasını sağlayan, aracıya olan ihtiyacı ortadan kaldıran ve daha küçük ölçekte daha düşük maliyetli işletim modelleri sağlayan blok zincirden de yararlanmaktadır.

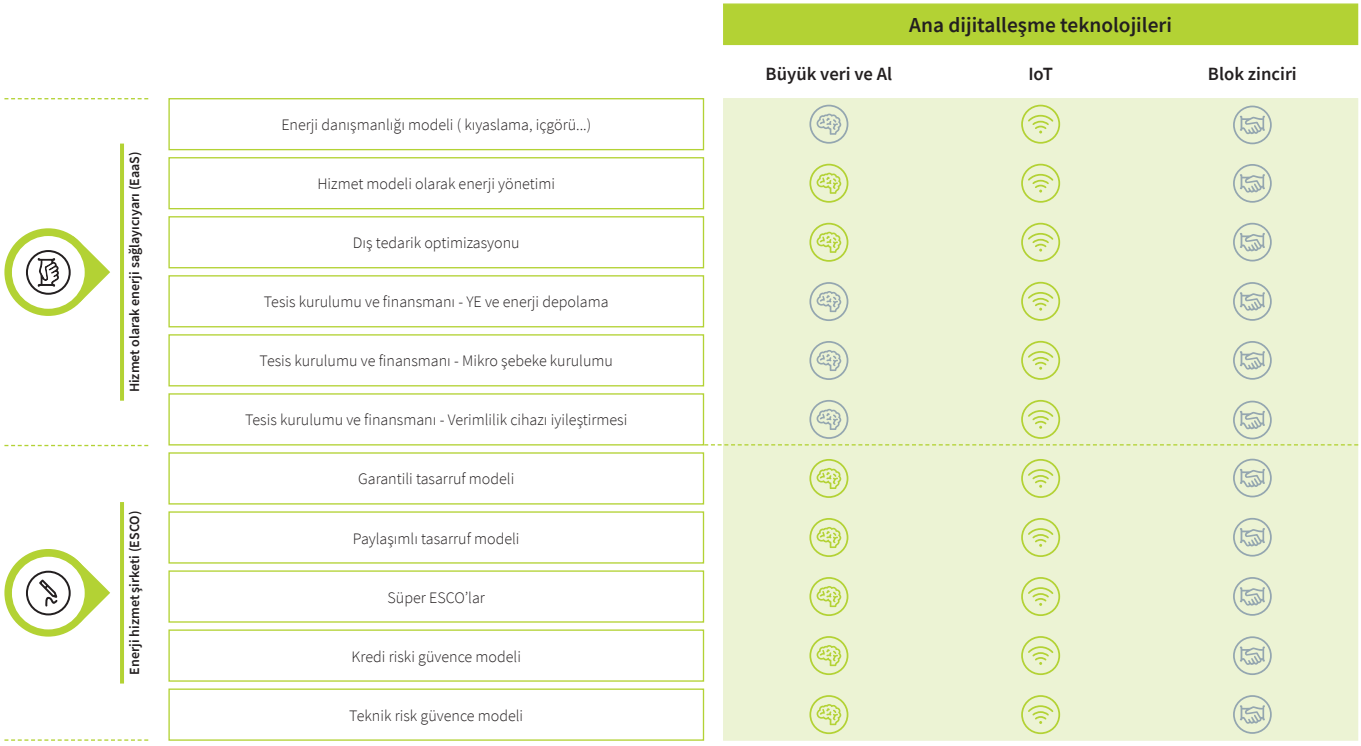
Şekil 20: *Toplayıcıları ve P2P işletmecilerini temel dijitalleşme teknolojileriyle eşleştirme*



Tal. Top: Talep Toplayıcılar

Sektörde artan dijitalleşmeyle birlikte tüketiciler, tüketimlerini optimize etmenin ve elektrik maliyetlerini daha iyi yönetmenin yeni yollarını keşfetmektedirler. Yeni tüketici ihtiyaçları ve yenilenebilir kaynaklı merkezi olmayan ve dijitalleşmiş sisteme dönüşen enerji paradigması düşünüldüğünde, yeni enerji çözümleri ve hizmetleri sunmaya yönelik entegre bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. EaaS ve ESCO modelleri, IoT, büyük veri ve AI dijital teknolojilerinden yararlanarak, bu yeni enerji çözümlerini sunmaktadır. Bu teknolojiler, şirketlerin temel olarak enerji yönetimi ve enerji verimliliği çözümleri için kullanacakları enerji üretim ve tüketim verilerini toplama imkânı sağlamaktadır. Bununla birlikte EaaS alt kategorilerinden tesis kurulumu ve finansmanını içeren iş modelleri enerji yönetimi gibi çözümler sunulmadığı takdirde büyük veri ve AI teknolojilerine ihtiyaç duymamaktadır.

Şekil 21: *EaaS ve ESCO modelini temel dijitalleşme teknolojileriyle eşleştirme*



IoT ve blok zincir platformları, tüketim verilerini takip etmek ve PAYG paket sahiplerinin işlemleri için kritik önemdedir. P2P ticaretinde olduğu gibi, daha küçük ölçekte daha düşük maliyetli işletim modelleri, kırsal alanlarda mesken kullanıcıları tarafından hızlı ve şeffaf ödemeler yapılmasına imkân tanımaktadır. PAYG modellerinde enerji yönetiminden daha çok varlık kurulumu, enerji tüketiminin takibi ve ödemelerin sağlıklı bir şekilde takibi ana odak noktasıdır.

Topluluk mülkiyeti projeleri, üretilen enerjinin topluluk tarafından kullanımının sağlanması ve santralin ana şebekeye bağlı olması durumunda, fazla üretiminin yönetilmesi gereken yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Bu bağlamda IoT ve AI teknolojileri verilerin toplanması, anlamlandırılması ve sisteme geri beslenmesi noktasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca perakende satış şirketleri veya enerji alıcıları-satıcıları üretilen fazla enerjiyi bir blok zincir platformu aracılığıyla satabilirler.

Şekil 22: *PAYG ve topluluk mülkiyet modelini temel dijitalleşme teknolojileriyle eşleştirme*

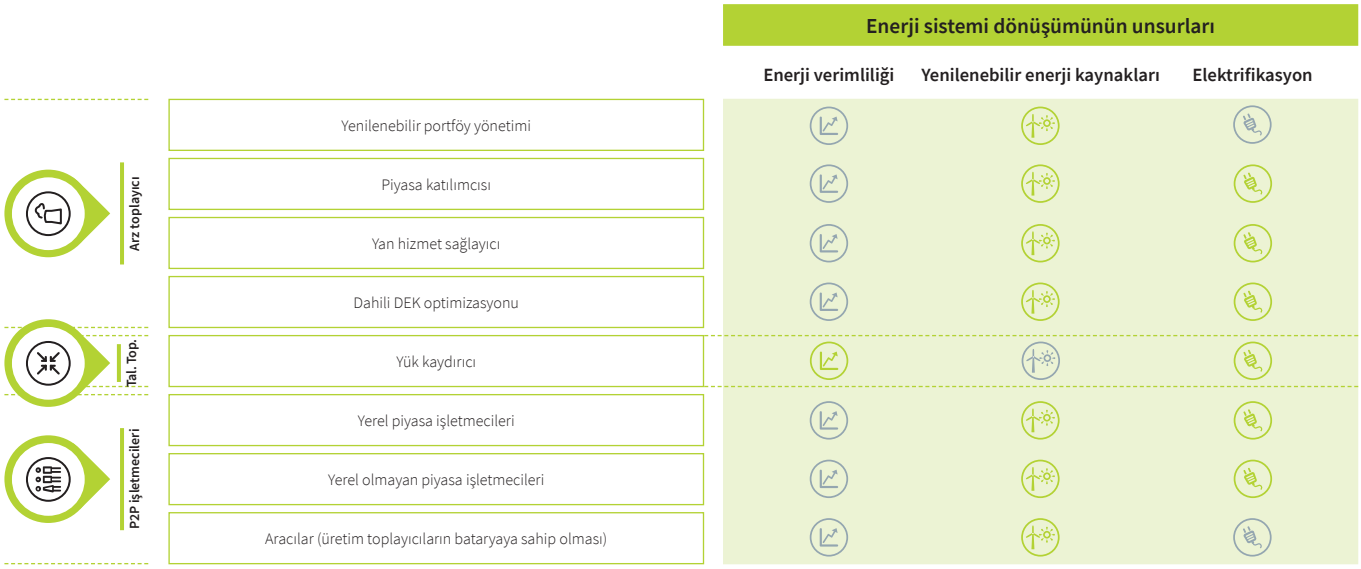
4.3.3 İş modellerinin enerji dönüşümü unsurlarıyla eşleştirilmesi

Enerji sektörünün yenilikçi iş modellerinin her biri, enerji sistemi dönüşümüne katkıda bulunmaktadır. Bu katkılar arasında, yenilenebilir enerji kaynaklarını yaygınlaştırmak, elektrifikasyon amaçlarına katkıda bulunmak ya da son tüketicilere enerji verimliliği çözümleri sunmak yer almaktadır.

Arz toplayıcılar temel olarak dağıtık üretimi uzaktan kontrol etmekte, operasyonlarını esneklik seçeneklerini değerlendirerek optimize etmektedir. Genellikle birçok dağıtık üretim sistemini birlikte çalıştırmakta ve enerji sistemi için büyük bir kapasite oluşturmaktadır. Bu ortak kapasitenin tek bir mekanizma tarafından yönetilmesi enerji sisteminde bütünsel bir verimlilik yaratma konusunda fayda sağlamaktadır. Bununla birlikte, elektrikli araç şarj sistemlerinin kontrolünü de alarak gerektiğinde enerji kaynağı olarak kullanabilmektedir. Bu nedenle, arz toplayıcıların, yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji sistemi dönüşümünün elektrifikasyon ayağı için önemli katkılarda bulunduğu görülmektedir. Diğer yandan, yük kaydırıcılar, dengeleme faaliyetlerine yönelik talebi yöneterek, değer zincirinin tüketim tarafında yer almaktadırlar. Bu faaliyetler, meskenlerdeki elektrikli ev aletlerini veya binaların ısınmasında kullanılan doğalgaz enerjisinin yönetimini kapsayabileceği gibi, ticari binalarda veya sanayi tesislerindeki ne zaman ve ne kadar enerji tüketileceğini de içermektedir.

Toplayıcıların dışında, P2P işletmecileri, türeticileri ve tüketicileri yetkilendirmek suretiyle, türeticilerin fazla enerji üretimlerinin ticaretini yapmalarına imkân tanımakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanılmasını sağlamaktadır. Son tüketicilerin elektrik ticaretinden kazanç elde edebilmeleri, enerji değer zincirinin üretim kısmında yer almaları için büyük bir motivasyondur. Ayrıca, P2P ticareti, tüketicilerin elektrikli araç şarj istasyonları üzerinden ticaret yaparak para kazanmalarına olanak tanımaktadır. Örneğin, şarj istasyonu sahibi türeticilerin ürettikleri fazla enerjiyi elektrikli araç sahiplerine satabilmeleri elektrifikasyon alanındaki girişimleri artırabilir.

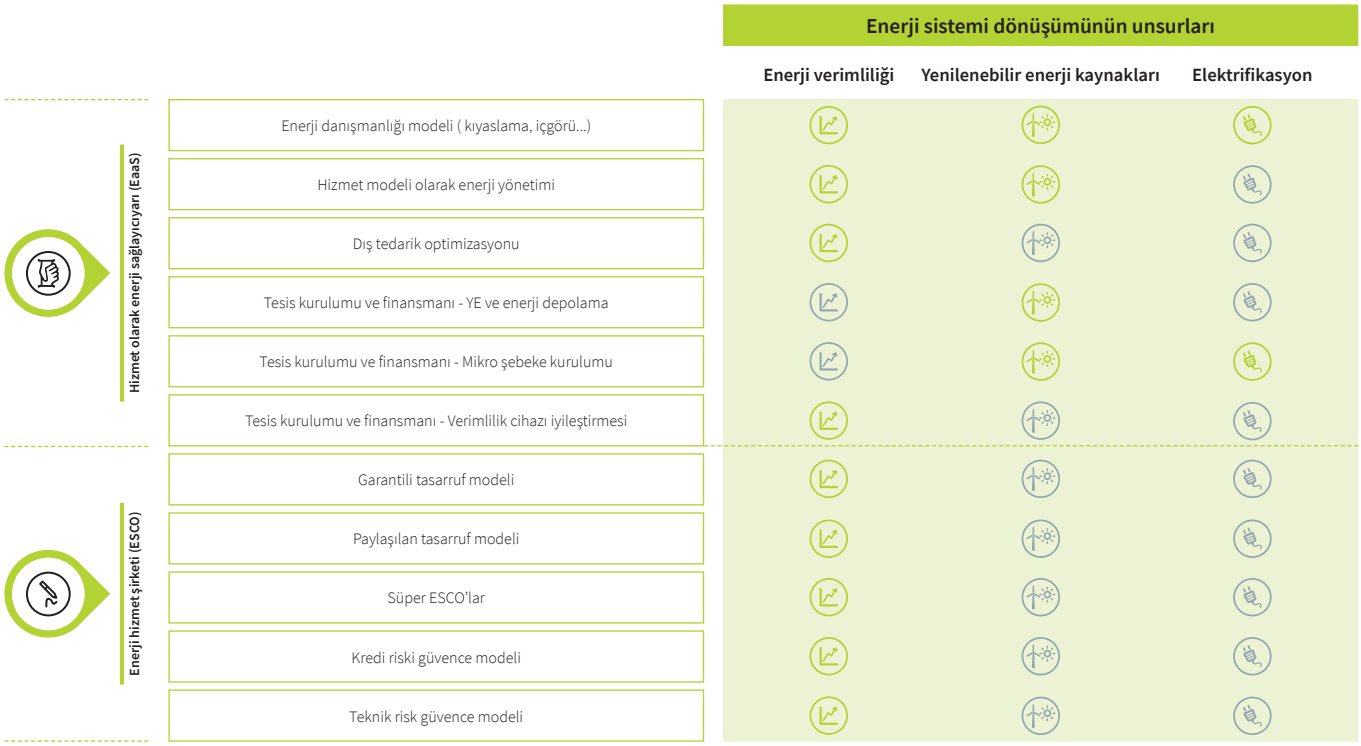
Şekil 23: *Toplayıcılar ve P2P işletmecilerini enerji sistemi dönüşüm unsurları ile eşleştirme*



Hizmet olarak enerji modeli, gerek yenilenebilir enerji tesis kurulumları ve finansman desteğiyle, gerekse enerji yönetimi sağlayarak yenilenebilir enerji kaynaklarının ve dağıtık enerji üretiminin yaygınlaşmasını ve çalışmasını desteklemektedir. EaaS, bir hizmet sağlayıcının yalnızca elektrik sağlamak yerine, enerjiyle ilgili çeşitli hizmetler sunduğu yenilikçi bir iş modelidir. EaaS şirketleri, tesis kurarak veya enerji yönetimi ve enerji danışmanlığı hizmetleri vererek, yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarını ve DEK'i yaygınlaştırmakla kalmamakta, aynı zamanda, enerji tüketen cihazların elektrifikasyonuna katkıda bulunmakta ve enerji verimliliği çözümleri sunmaktadır. Özellikle verimlilik cihazı iyileştirmesi ve dış tedarik optimizasyonu olarak adlandırılan enerji satın almalarına sağlanan destek hizmetleri enerji verimliliği çözümlerine odaklanmaktadır.

ESCO modelleri, müşterilerin projelere kendi sermayelerini yatırmasına gerek kalmadan şirketlerin enerji hizmetlerini yürütmesine olanak tanımaktadır. ESCO'lar farklı hizmetleri ve seçenekleri bünyesinde toplasa da, bu projeler, sanayi tesislerinin veya binaların enerji tasarrufuna odaklanmakta ve yaratılan tasarruf üzerinden kazanç elde etme temeline dayanmaktadır. Bu sebeple ESCO'ların varlıklarını devam ettirebilmelerinin ana koşulu enerji verimliliğinin realizasyonu olarak düşünülebilir.

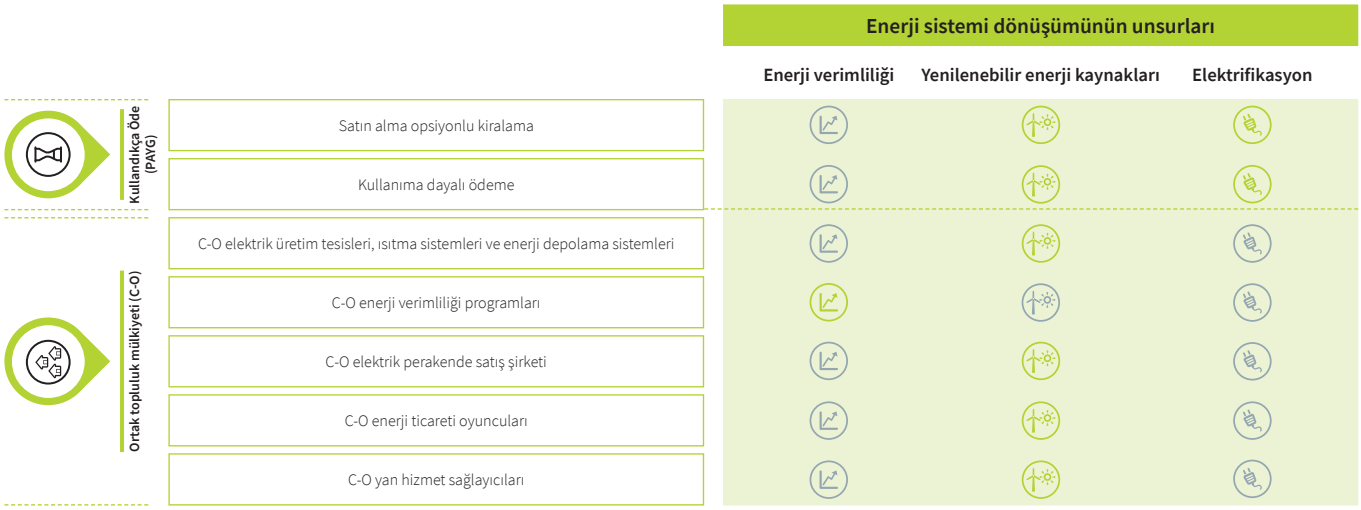
Şekil 24: *EaaS ve ESCO modelini enerji sistemi dönüşüm unsurları ile eşleştirme*



Şehirleşmeden uzak, enerji ulaştırmanın zor olduğu şebeke dışı alanların enerji ihtiyacı PAYG modelleri ile karşılanabilmektedir. Artan tüketici bilinci ve şebeke genişletmelerinin yüksek yatırım maliyetleri gerektirmesi sebepleriyle, PAYG modelleri, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriği uygun fiyatlarla ve bu alanlarda mevcut teknolojilerin kolaylaştırdığı ödemelerle sağlayarak, enerjiye erişim sorununa önemli bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Model, yaratılan mikro şebekelerde elektrifikasyon stratejisinin çok önemli bir rol oynadığı, elektrik enerjisi tüketen cihazları (LED ampuller, cep telefonları, ışıklandırma) içeren bir konfigürasyon gerektirmektedir. PAYG modelinin kullanılabilmesi için tüketicilerin elektrikli cihazları kullanması gerekliliği, elektrifikasyon trendini destekleyici niteliktedir.

Topluluk mülkiyeti modelleri, yerel topluluğa düşük maliyetli yenilenebilir enerji sağlamaktadır. Küresel enerji dönüşümü ve enerji sistemlerinin merkezi olmayan yapıya dönüştürülmesi hedefleri çerçevesinde, bu model yapısı, enerjiyle ilgili tesislerin, genellikle de dağıtık üretim sistemlerinin, topluluklarca ortak mülkiyetini ve yönetimini içermektedir. Bu bağlamda bütün bir komünitenin enerji ihtiyacının yenilenebilir enerjiyle beslenmesi dönüşüm unsurlarının en önemlilerinden biri olan yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşması için tetikleyici niteliktedir. Tesis kurulumlarının yanı sıra elektrik perakende satışlarının, enerji ticaretlerinin ve yan hizmetlerin de sağlanabilmesi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen faydaları artırmaktadır. Ayrıca, temel ya da tamamlayıcı bir faaliyet olarak, üyelerini tüketimlerini azaltmak için önlemler almaya ya da bina iyileştirmelerine yatırım yapmaya teşvik eden enerji verimliliği programları da sunulmaktadır.

Şekil 25: *PAYG ve topluluk mülkiyeti modelini enerji sistemi dönüşüm unsurları ile eşleştirme*



5. İş modellerine ait uygulama alanlarının önceliklendirilmesi

Tüm sektör paydaşlarının ortak yararına olan yeni iş modelleri önerilirken, bu modellerin uygulanabilirliği ve etkileri açısından, ülke bazında önceliklendirilme yapılmalıdır. Türkiye'deki mevcut durum göz önüne alındığında, yeni iş modellerinin potansiyel başarısını değerlendirmek için pek çok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler, yenilikçi çözümler tarafından yeni zorlukların ele alınıp alınmadığını, teknik yetersizliklerin olup olmadığını veya yeni düzenleyici unsurların gerekli olup olmadığını içermektedir. Basitçe söylemek gerekirse, bir iş modelinin öncelikli olması için hem enerji sektörüne (özellikle kısa vadeden orta vadeye) değer katması, hem de ülkenin ve sektörün mevcut koşulları dikkate alındığında uygulanabiliyor olması gerekmektedir. Bu analizin sonucunda, Türkiye'nin enerji sektöründe yakın gelecekte daha büyük potansiyele sahip olan modelleri belirlemek için, yirmi altı alt iş modeli önceliklendirme matrisi üzerine işlenmiştir.

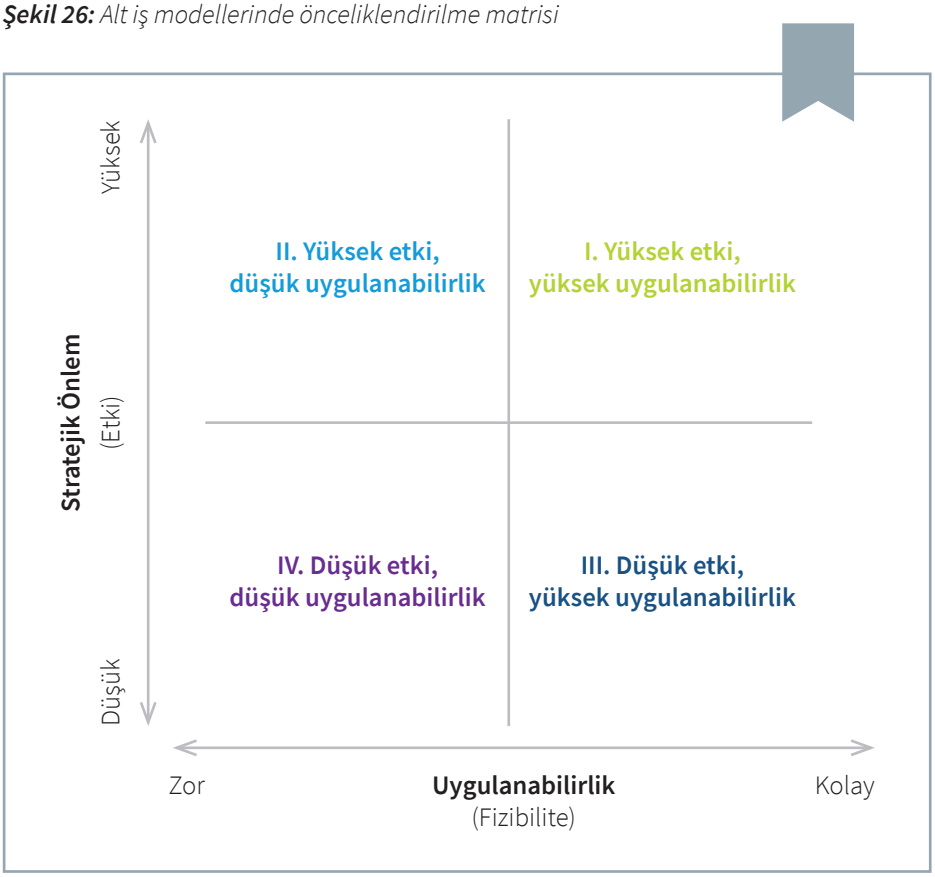
5.1 Önceliklendirme matrisi

Çalışma kapsamında ele alınan hedef iş modelleri ve bunların alt modelleri, enerji sektörü üzerindeki potansiyel etkileri ve Türkiye'de uygulanabilme potansiyelleri dikkate alınarak önceliklendirilmiştir.

Analiz, iş modellerinin etkilerinin, öncelikle enerji dönüşümünün merkezinde yer alan son tüketici açısından değerlendirilmesini içermektedir. İkinci olarak, değerlendirme, yeni iş modellerinin sektördeki enerji ve hizmet sağlayıcılarını nasıl etkileyebileceğini belirleyerek bir adım daha ileri gitmektedir. Ayrıca, yeni rakipler, hizmetler ve ürünler piyasaya girdikçe, enerji firmalarının gelir modelleri, maliyet yapıları ve finansal faaliyetleri ile son tüketiciler için değer yaratma imkânları değişebilmektedir. Sonuç olarak, iş modellerine ilişkin kapsamlı değerlendirme sürecinde, finansal durumlar da üçüncü faktör olarak ele alınmıştır.

Bazı iş modellerinin sektör etkisi yüksek olmasına rağmen uygulanması mümkün olmayabilir; çünkü teknik yetersizlik, mevzuatsal gereklilikler ve farklı paydaşların farklı rol ve sorumluluklara sahip olması ve her paydaşın uygulamayı sağlamak için üzerine düşeni yerine getirme zorunluluğu gibi nedenler, bu başarıda önemli rol oynayacaktır. Bu nedenle, Türkiye'nin enerji dönüşümünün yakın geleceği için, enerji sektöründeki tüm paydaşlar için büyük potansiyele sahip, etkin ve uygulanabilir iş modellerine öncelik verilmelidir.

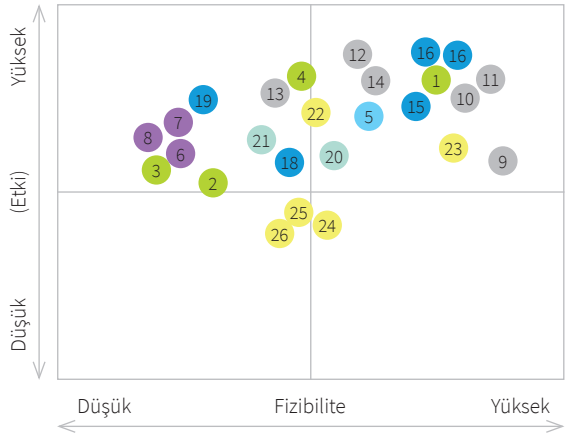
Şekil 26: *Alt iş modellerinde önceliklendirilme matrisi*



Alt iş modelleri, etki ve fizibilite kriterlerine esas alınarak önceliklendirme matrisinde işlenmiştir. Analize göre, I. bölgedeki iş modelleri daha etkili ve daha uygulanabilir olarak değerlendirilebilirken, III. bölgedekilerin Türkiye'nin enerji sistemi planlamasında yakın zamanda dikkate alınması olasılığı daha azdır.

5.2 İş modellerinin önceliklendirilmesi

Şekil 27: *İş modellerinin değerlendirilmesi*



1 Arz toplayıcılar: Yenilenebilir portföy yönetimi
2 Arz toplayıcılar: Piyasa katılımcısı
3 Arz toplayıcılar: Yan hizmet sağlayıcı
4 Arz toplayıcılar: Dahili DEK optimizasyonu
5 Talep toplayıcılar: Talep tarafı katılımı-Yük kaydırıcı
6 2P2 işletmecileri: Yerel piyasa işletmecileri
7 2P2 işletmecileri: Yerel olmayan piyasa işletmecileri
8 2P2 işletmecileri: Aracılar
9 EaaS: Enerji danışmanlığı modeli
10 EaaS: Hizmet modeli olarak enerji yönetimi
11 EaaS: Dış tedarik optimizasyonu
12 EaaS: Tesis kurulumu ve finansmanı - YE ve enerji depolama sistemleri
13 EaaS: Tesis kurulumu ve finansmanı - Mikro şebeke kurulumu
14 Tesis kurulumu ve finansmanı - Verimlilik cihazı kurulumu
15 ESCO: Garantili tasarruf modeli
16 ESCO: Paylaşımlı tasarruf modeli
17 ESCO: Süper ESCO'lar
18 ESCO: Kredi riski güvence modeli
19 ESCO: Teknik risk güvence modeli
20 PAYG: Satın alma opsiyonlu kiralama
21 PAYG: Kullanıma dayalı ödeme
22 Ortak topluluk mülkiyeti: Elektrik üretim tesisleri, ısıtma sistemleri ve enerji depolama sistemleri
23 Ortak topluluk mülkiyeti: Enerji verimliliği programları
24 Ortak topluluk mülkiyeti: Elektrik perakende satış şirketi
25 Ortak topluluk mülkiyeti: Enerji ticareti oyuncuları
26 Ortak topluluk mülkiyeti: Yan hizmet sağlayıcıları

Makro bakış açısından, değerlendirmelere dayalı olarak ***(12) EaaS: Tesis kurulumu ve finansmanı – YE ve enerji depolama sistemleri, (17) ESCO: Süper ESCO ve (16) ESCO: Paylaşımlı tasarruf modeli,*** diğer alt iş modellerine kıyasla en yüksek etkiye sahip görünmektedir. Diğer yandan, ***(9) EaaS: Enerji danışmanlığı ve (11) EaaS: Dış tedarik optimizasyonu,*** fizibilite ve uygulanabilirlikleri açısından en öncelikli modellerdir.

Hedef yedi iş modelinin her biri için derinlemesine bir değerlendirme yapıldığında, daha net bir resim ortaya çıkmaktadır. İlk olarak, toplayıcı alt modelleri önceliklendirme matrisi boyunca dağılmıştır; yani bazıları daha yüksek etkilere ve daha yüksek fizibiliteye sahipken, diğerlerinin daha düşük bir etkiye ve uygulanabilirlik potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Diğer toplayıcı modellerle karşılaştırıldığında, ***(1) Arz toplayıcılar:*** büyük ölçekli enerji santrallerinin ***yenilenebilir portföy yönetimi*** ve ***(5) Talep toplayıcı*** alt modelleri daha yüksek önceliğe sahip olarak değerlendirilebilir. Bu önceliklendirme, mevcut büyük ölçekli santrallerde arz toplamanın gündemde olması ve talep tarafı katılımının halihazırda enerji sisteminin gündeminde olması sebepleriyle, mevcut Türkiye piyasası gelişmeleri ile uyumlu olarak değerlendirilebilir.

İkincisi, P2P işletmecilerini analiz ederken, ***(6) yerel piyasa işletmecilerinin, (7) yerel olmayan piyasa işletmecilerinin*** ve ***(8) aracıların*** II. bölgede birbirine yakın kümelendiği görülebilir. P2P alt modellerinin, türeticiler arasında artan blok zincir teknolojisinin benimsenmesi, dağıtık üretimin konutlarda giderek artan kullanımı ve mikro şebeke gelişmeleri gibi faktörlere büyük ölçüde bağlı oldukları için, uygulanmasının zor olduğu görülmektedir.

Üçüncüsü, EaaS modellerine önceliklendirme matrisinde özel bir önem verilmektedir, çünkü alt modellerden beşi, yani ***(9) enerji danışmanlığı, (10) hizmet modeli olarak enerji yönetimi, (11) dış tedarik optimizasyonu, (12) YE ve enerji depolama sistemleri*** ve ***(14) verimlilik cihazı iyileştirmesi,*** I. bölgede yer almakta ve bu, EaaS alt-modellerinin tüketicilerin günlük yaşamlarına girmek üzere olduğunu göstermektedir. Ancak, Türkiye'nin mevcut yatırımları ve altyapısı büyük ölçüde merkezi şebeke sistemine dayandığından, ***(13) mikro şebeke kurulumu*** kısa vadede uygulanabilir bir model olarak görülmemektedir.

ESCO alt modelleri ile ilgili olarak, Türkiye'de hâlihazırda uygulanmaları ve ilgili yönetmeliğin çıkarılması için hazırlıkların başlaması sebepleriyle, özellikle sanayi müşterileri başta olmak üzere farklı paydaşların da şimdiden rol almaya başladığı görülmektedir. ***(15) Garantili tasarruf modeli, (16) paylaşımlı tasarruf modeli*** ve ***(17) Süper ESCO,*** Türkiye'deki yaygınlıkları göz önüne alındığında I. bölgede kümelenmiştir. Paydaşlar arasında risk paylaşımı yaklaşımı, enerji şirketi üzerindeki yükü azalttığından, ***(16) paylaşımlı tasarruf modeli*** alt modeller arasında en yüksek önceliği ve uygulanabilirliği elinde tutmaktadır. ***(18) Kredi ve (19) teknik risk güvence modellerinde,*** genellikle enerji şirketleri önemli finansal ve operasyonel riskler almaktadırlar. Faiz oranlarını ve primleri içerebilen yüksek finansal yükler ve teknik riskler gibi faktörler aracılığıyla, bu modeller, modellerin risklerini dengelemek için II. bölgede kümelenmektedir. Dolayısıyla, bu modellerin karmaşık yapılarının ve finansman ihtiyaçlarının, Türkiye'deki uygulanabilirliklerini engelleyebileceği düşünülebilir.

Diğer yandan, PAYG modellerinden ***(20) satın alma opsiyonlu kiralama*** modeli uygulamasının, ***(21) kullanıma dayalı ödeme***ye göre daha kolay olduğu düşünülmektedir. Türkiye'de orta sınıf, yaşam boyu yatırım zihniyeti ile erken yaşlardan itibaren çoklu ev sahipliği (yazlık evler vb.) konusunda oldukça isteklidir. ***(20) satın alma opsiyonlu kiralama*** modeli, ***(21) kullanıma dayalı ödeme*** modeline kıyasla, özellikle Ege bölgesi gibi, yazlık evlerin yoğun olduğu bölgelerde mülkiyet sahipliğinin önünü açtığı için, öncelikli bir model olarak karşımıza çıkmaktadır. Demografik eğilimler dikkate alındığında, satın alma opsiyonlu kiralama modeli, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasını ve dağıtık enerji yaklaşımını hızlandırabileceği için I. bölgede kümelenmiştir.

Son olarak, topluluk mülkiyeti modelleri arasında ***(24) elektrik perakende satış şirketleri, (25) enerji ticareti oyuncuları*** ve ***(26) yan hizmet sağlayıcılarının*** görece düşük etkili olduğu düşünülmektedir ki bu da, III. bölge çevresinde kümelenmeleriyle sonuçlanmaktadır. Enerji verimliliği programları ise, enerji kullanımını azaltmak için yerel çabaların önemini vurgulamak üzere I. bölgede konumlandırılmıştır. Türkiye'de bireysel yatırımcılar, yeterli sermaye birikimine sahip olmayıp, DEK projelerinde yer alma eğilimi göstermemektedir. Kooperatifler gibi birleşik yapılar, ilk yatırım maliyetlerini önemli ölçüde azaltmakta ve bu yapılar, Türkiye'de özellikle ev sahipliği projelerinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Kooperatifçilik modeline benzerliği ve toplumun kooperatifler konusundaki yüksek bilinç düzeyi nedeniyle, topluluk mülkiyeti sorunsuz bir şekilde uygulanabilir. Nispeten düşük bir etkiye yol açsa da, enerji sistemi paydaşlarının zihniyetini değiştirebileceği düşünülmektedir.

6. Yeni iş modellerinin yaygınlaşmasının önündeki engeller ve çözüm önerileri

Türkiye'de enerji sisteminde mevcut ve yeni ortaya çıkan zorluklara çözüm olabilecek yenilikçi iş modelleri, uygulama aşamasında bazı engellerle karşılaşabilir. Bu engeller, altyapı sorunları gibi fiziksel kısıtlamalarla ve ayrıca insan faktörünün dâhil olduğu idari, finansal ve sosyo-ekonomik kısıtlamalarla ilgili olabilir.

Raporun bu bölümünde, enerji dönüşümünü kolaylaştırabilecek ve yenilikçi iş modellerinin önünü açabilecek önerilerde bulunmak için, engeller kategorize edilmiş ve net bir şekilde tanımlanmıştır. Bu bariyer kategorileri yedi konu başlığı altında sunulabilir: (1) Mevcut piyasa yapısı, (2) Mevzuat, (3) Sosyo-kültürel koşullar, (4) Finansal koşullar, (5) Teknolojik altyapı, (6) Şebeke planlaması ve altyapısı ve (7) Kentsel gelişim. Bu kategoriler altında hedef iş modellerine etki eden engeller Şekil 28'de özetlenmektedir.

Bu engel kategorileri hemen hemen tüm yeni iş modellerini ilgilendirse de, her bir model üzerindeki etki düzeyleri farklılık göstermektedir. Engellerin iş modelleri üzerindeki etkisi, Bölüm 7.1'den başlayarak ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu nedenle, modellerle ilgili zorluklarla başa çıkmak için kararlı şekilde çaba sarf etmek çok önemlidir.

Bu amaçla, yurt dışında yaşanan örneklerin Türkiye'deki bu yolculuğa da ışık tutacağı açıkça görülmektedir. Bu nedenle, özellikle Avrupa, ABD ve Avustralya'da yeni iş modellerinin benimsenmesinde yaşanan zorluklar da ilgili bölümlerde ele alınmıştır.

Şekil 28: *İş modelleri üzerindeki engeller ve genel etki seviyeleri*

		Arz toplayıcılar	Talep toplayıcılar	P2P	EaaS	ESCO	PAYG	Ortak topluluk mülkiyeti
Mevcut piyasa yapısı	Serbest piyasa koşullarının sağlanmasına yönelik iyileştirme ihtiyaçları	x	x		x	x		x
	Dengesizlik maliyetlerinin caydırıcı olmaması	x	x		x			x
	Sınırlı tarife seçenekleri		x		x			x
	Yenilenebilir enerji teşvikleri		x		x	x	x	
	Lisanssız üretimde mahsuplaşma uygulaması	x		x	x		x	x
	Tüketici fiyatlarına uygulanan sübvansiyonlar	x	x	x	x	x	x	x
	Ek teknoloji yatırımlarının tüketici tarifelerine yansıtılmaması		x		x	x	x	x
	Tüketicilerin piyasaya katılımının önündeki engeller		x		x			x
	Kapasite mekanizması uygulanması	x	x		x			
	Organize toptan satış piyasalarında işlem sürelerinin kısaltılması ihtiyacı	x			x			x
	Dengeden sorumlu grup uygulamasındaki gelişime açık alanlar	x	x	x	x			x
	Organize sanayi bölgeleri ve yenilikçi iş modelleriyle ilgili çıkar çatışmaları	x	x	x	x	x	x	x
	Dağıtık üretim yönetimiyle yapılan elektrik ticaretinde perakende satış şirketlerinin sorumluluğu	x	x	x	x		x	x
	Batarya sistemlerini teşvik edecek bir mekanizmanın olmaması	x	x	x	x		x	x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	◕	◕	◕	●	◑	◑	◕
Mevzuat	Mevzuat kalitesi ve mevzuat tutarlılığında gelişime açık noktalar	x	x	x	x	x		x
	Bürokratik süreçlerin karmaşıklığı	x		x	x	x	x	x
	Eksik düzenlemeler	x	x	x	x	x	x	x
	Yetkilendirme gereksinimleri	x	x	x	x	x		x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	●	◕	●	◑	◑	◔	◑
Sosyo-kültürel koşullar	Mesken tüketicilerinin mevcut dijital okuryazarlık ve farkındalık düzeylerinin düşük olması	x	x	x	x	x	x	x
	Ticari ve sanayi tüketicilerinin mevcut yaklaşımları ve dijital olgunluk seviyeleri	x	x	x	x	x	x	x
	Kamu sektöründeki operasyonel uygulamalar, dijitalleşme perspektifleri ve farkındalık düzeyi	x	x	x	x	x	x	x
	Nitelikli işgücü eksikliği	x	x	x	x	x		
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	◕	◕	●	●	●	◕	◕

Finansal koşullar	Enerji tesislerinin yatırım maaliyeti ve uzun geri dönüş süreleri	x		x	x	x	x	x
	Altyapı yatırımı ihtiyacı ve maliyetlerinin yüksekliği	x	x	x	x	x	x	x
	Teknoloji yatırımı ihtiyacı ve maliyetlerinin yüksekliği	x	x	x	x	x	x	x
	Döviz kurlarından kaynaklanan baskı	x	x	x	x	x	x	x
	Elektrik sektöründeki düşük kar marjları	x			x		x	x
	Sınırlı şirket bütçeleri	x			x	x		
	Bankacılık ve enerji sektörleri arasında sinerji eksikliği	x	x	x	x	x	x	x
	Yetersiz finansman	x	x	x	x	x	x	x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	●	◑	◕	●	◕	◕	◕
Teknolojik altyapı	Donanıma erişim ve kullanımındaki engeller	x	x	x	x	x	x	x
	Yazılıma ilişkin engeller	x	x	x	x	x	x	x
	İletişim protokollerine ilişkin engeller	x	x	x	x	x	x	x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	◕	◑	◕	◑	◑	◑	◔
Şebeke planlaması ve altyapı	Şebeke planlama yaklaşımında etkinliğin arttırılması ihtiyacı	x	x	x	x		x	x
	Dağıtım ve iletim şebekesi işbirliğinin iyileştirilmesi ihtiyacı	x	x	x	x		x	x
	Akıllı şebeke yaklaşımının eksikliği	x	x	x	x		x	x
	Alternatif (yerel ve özerk) şebeke yaklaşımlarının eksikliği	x		x			x	x
	Gerilim seviyelerinin düzenlenmesi ihtiyacı	x	x	x			x	x
	Elektrikli araçların sisteme getirdiği yük artışının yönetilmesi ihtiyacı	x	x	x	x			x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	●	◑	●	◔	○	◕	●
Kentsel gelişim	Dikey yapılaşmanın artması, kentsel dönüşüm projelerinin yenilenebilir enerji kurulumuna yönelik planlanmaması ve altyapı gereksinimleri	x		x	x	x	x	x
	Genel etki seviyesi değerlendirmesi	◑	○	◕	◑	◔	◑	◕

6.1 Mevcut piyasa yapısı

6.1.1 Piyasa ve dengeleme fiyatları

Serbest piyasa koşullarının sağlanmasına yönelik iyileştirme ihtiyaçları

2004 ve 2009 yıllarında Bakanlar Kurulu tarafından hazırlanan "Strateji Belgeleri", elektrik piyasası için nihai çözüm olarak serbest piyasa modelini öne çıkararak, Elektrik Piyasası Kanunu'nun uygulanmasına destek olmak üzere uzun yıllar Türkiye Elektrik Piyasası'na rehberlik etmiştir. Bu doğrultuda, EPDK'nın kurulması, özelleştirmeler yoluyla üretim, dağıtım ve perakende sektörlerinde kamunun payının azaltılması, piyasa mekanizmalarının oluşturulması gibi bir dizi kamu uygulamaları başarıyla hayata geçirilmiştir. Bahsedilen adımlar sonucunda arz güvenliğinin sağlanması, yerli/yenilenebilir enerji payının artırılması, hizmet kalitesinin artırılması ve ekonomik tedarik imkânları gibi bir dizi başarılı sonuç elde edilmiştir. İkili anlaşmaların organize enerji piyasaları ve vadeli enerji ticareti ile tamamlandığı liberal piyasa modeli, Türkiye enerji piyasasının ana odak noktalarıdır. Genel olarak, iyi işleyen bir liberal elektrik piyasası (Enerji Ticareti Derneği, 2017) için aşağıdaki temel kriterler karşılanmalıdır:

1) **Öngörülebilirlik:** Öngörülebilir bir piyasa için kısa, orta ve uzun vadede fiyatı tahmin edebilmek en temel konulardan biridir. Bunu sağlamak için düzenlemelerin sık sık değişmediği, değişim sürecinin tüm ilgili paydaşlar dikkate alınarak yönetildiği, istikrarlı bir düzenleyici ortam mevcut olmalıdır. Ayrıca her piyasa katılımcısı, analiz edilecek verilere eşit koşullarda erişebilmelidir.
2) **Rekabetçilik:** Bir piyasada hizmet kalitesi ve fiyat rekabetinin oluşabilmesi için çok sayıda alıcı ve satıcı olması ve bunların piyasa fiyatını önemli ölçüde etkileyemeyecek kadar sınırlı güce sahip olmaları gerekmektedir.
3) **Sağlıklı fiyat oluşumu:** Serbestleşmenin en önemli göstergesi, piyasada fiyatın ne kadar şeffaf bir şekilde belirlendiğidir.
4) **Seçme özgürlüğü:** Sağlıklı fiyat oluşumu, ancak alıcıların belirli yükümlülüklere tabi olmadığı ve tüketicilerin tedarikçilerini seçme/çeşitlendirme fırsatına sahip olduğu bir piyasada gerçekleşebilir.

Türkiye elektrik piyasasının tarihçesi göz önüne alındığında, piyasa fiyatlarının katlanılan maliyetleri tam olarak temsil etmeyebileceği ve piyasa fiyatlarının kamuya ait kuruluşlardan (EÜAŞ, BOTAŞ) etkilenebileceği gerçeği, öngörülebilirlik düzeyini düşürmektedir.

Uzun vadede, fiyat tahminindeki zorluklar ve piyasadaki belirsizlikler, yatırım getirisi (ROI) konusunda endişelere yol açabilir ve bu nedenle, yatırımcılar sektörde yeni projelere yatırım yapmaktan çekinebilirler. Ayrıca, santrallerin maliyetlerini nihai fiyatlara yansıtamaması da, bu oyuncuların sektörde yer almalarını zorlaştırmaktadır. Son tüketici tarafında, zaman zaman maliyetleri son tüketici fiyatlarına yansıtmanın mümkün olmadığı fiyat kontrolleri ve mevcut fiyatların karşılanabilir seviyede olması, bu tür alternatifleri gereksiz kıldığı için, yük kaydırma isteğini ve motivasyonunu engellemektedir. Bu etkiler birlikte düşünüldüğünde, piyasa gerçek anlamda maliyet esaslı bir sistem üzerinde işlemelidir. Alım garantisi desteği sona eren yenilenebilir enerji santralleri veya piyasa fiyatı üzerinden satış yapmak üzere yapılan yeni yatırımlar için de, piyasanın maliyet bazlı çalışması kritik önem taşımaktadır.

Serbest piyasa mekanizmasının kurulabilmesi için, kamuya ait enerji şirketlerinin, organize piyasalarda piyasa fiyat sinyallerini bozmamaları ve tezgâh üstü piyasalarda öngörülebilirlik sağlamaları kritik önem taşımaktadır. Sonuç olarak, fiyat oluşumunun

arz ve talebi doğru bir şekilde yansıtması için, piyasa dışı faktörlerin ve/veya tekelci etkilerin en aza indirilmesi gerekmektedir.

Dengesizlik maliyetlerinin seviyesi

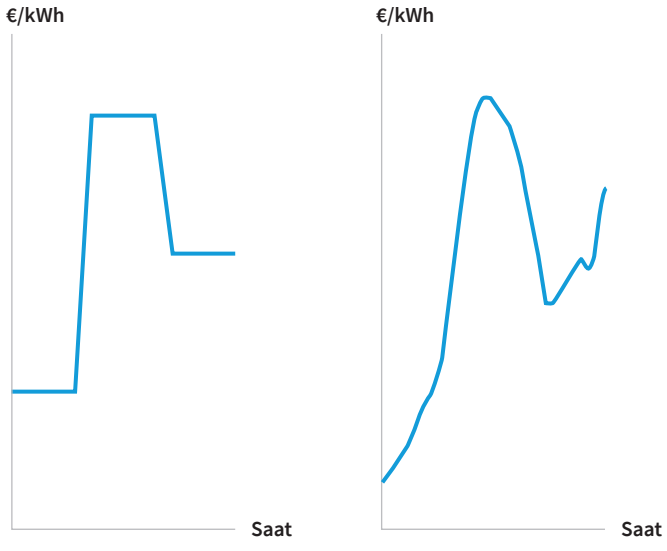
Dengesizlik fiyatlandırmasının doğru yapılması, esnekliğin çoğunun alınıp satıldığı Gün Öncesi ve Gün İçi piyasalarında etkin fiyatlandırmayı desteklediğinden dolayı önem arz etmektedir. Bu sayede, daha verimli bütünsel bir elektrik sistemi oluşturulacaktır. Mevcut durumda, Türkiye'de uygulanan dengesizlik cezalarının yeterince caydırıcı olmaması ve dengesizlik maliyetlerinin, dengesizliği gidermeye yönelik çözümlerin maliyetlerinden düşük olması, piyasa katılımcılarının bu konuda harekete geçmesini teşvik etmemektedir. Diğer bir deyişle, Gün Öncesi piyasası katılımcılarının üretimlerini daha iyi tahmin etmelerini, depolama sistemlerinin kullanımını artırmalarını ve dengesizliklerini önlemek veya azaltmak için dijital teknolojileri entegre etmelerini sağlamak için, mevcut sistemde yeterli teşvik bulunmamaktadır. Örneğin, büyük ölçekli termik ve baraj tipi hidroelektrik santralleri, bir dengelemeden sorumlu gruba katılarak Gün Öncesi, Gün İçi piyasalarından elde edecekleri gelire kıyasla, dengeleme elektrik piyasasında verilen talimatlardan daha fazla gelir elde etme imkânına sahiptir (SHURA, 2021c). Özetle, dengesizlik cezaları, uluslararası piyasalarda uygulanan uygulamalara kıyasla daha az caydırıcı olduğu için, piyasa katılımcılarının dengesizliklerini azaltmaları için yeterli motivasyon sağlamamaktadır.

6.1.2 Tarifeler

Sınırlı tarife seçenekleri

Çok zamanlı (ToU) tarifeler ile müşteriler, enerji maliyetlerini azaltmak için elektrik tüketimlerini gönüllü olarak (otomasyon yoluyla veya manuel olarak) ayarlayabilirler. Adından da anlaşılacağı gibi, fiyat sinyalleri zamana göre değişir, enerji sistemi dengesine veya kısa vadeli toptan satış piyasası fiyat sinyallerine göre belirlenir. En önemlisi, ToU tarifeleri talep tarafı esnekliğini mümkün kılmakta ve böylece elektrik sisteminin daha verimli çalışmasına destek olmakta, yenilenebilir enerji kaynaklarının sistem entegrasyonuna yardımcı olmaktadır. Ayrıca, ToU tarifeleri şebeke puant yükünün ve şebeke altyapısındaki gerekli yatırımların azaltılmasına imkân tanır (IRENA, 2019).

Şekil 29: *Statik (önceden belirlenmiş) ile Dinamik (gerçek sistem koşullarına göre gerçek zamanlı olarak belirlenmiş) çok zamanlı fiyatlandırmaların karşılaştırılması*



Kaynak: IRENA

Türkiye'de perakende satış tarifelerinin tek zamanlı veya üç zamanlı (gündüz, puant, gece) olması, tüketicilerin fiyat sinyallerine göre hareket etmesini yeterince desteklememekte, enerji yönetimi çözümleri sunan yeni iş modellerinin yarattığı değeri azaltmaktadır. Örneğin, EaaS projeleri, akıllı ev cihazlarını kullanarak daha iyi tüketim yönetimini teşvik etmek için ToU tarifelerinden yararlanır. Ayrıca, elektrikli araçlar, sayaç arkası bataryalar, güneş panelleri gibi sistemlerin yönetiminde, fiyat sinyallerine bağlı olarak yük kaydırmaya ve arbitrajdan faydalanmaya karar verebilmek için dinamik tarifelere ihtiyaç duyulmaktadır. Toplayıcılar, hem talebi karşılayabilmek hem de türeticiler tarafından üretilen fazla enerjiyi değerlendirebilmek için ToU tarifelerine ihtiyaç duyabilirler. Bu faaliyetler, elektrikli araçların ne zaman şarj edileceğini, enerjinin ne zaman depolanacağını ya da tüketileceğini veya toptan satış piyasasında ya da yan hizmetler piyasalarında paraya çevrileceğini içerebilir.

Yeni kullanımların ortaya çıkmasıyla birlikte, perakende satış şirketleri, tekliflerinin tasarımında giderek daha yaratıcı olmak zorunda kalacaklardır. Örneğin, Centrica/ British Gas, tüketicilerine, arabalarını şarj etmeleri için geceleri daha ucuz elektrik sunan yeni bir akıllı dinamik tarife başlatmıştır. İsveç'in Gotland kentinde yürütülen bir pilot çalışmada, müşteriler fiyat sinyallerini kullanan bir programa katılmışlardır. Programın ilk aşamasında, toplam elektrik tüketiminin %23'ü en pahalı beş saatte yaşanmıştır. Bu değer, programın birinci ve ikinci yıllarında, sırasıyla, %19 ve %20'ye düşmüştür (IRENA, 2019).

Alternatif enerji çözümlerine olan ihtiyacı ortadan kaldıran yenilenebilir enerji teşvikleri

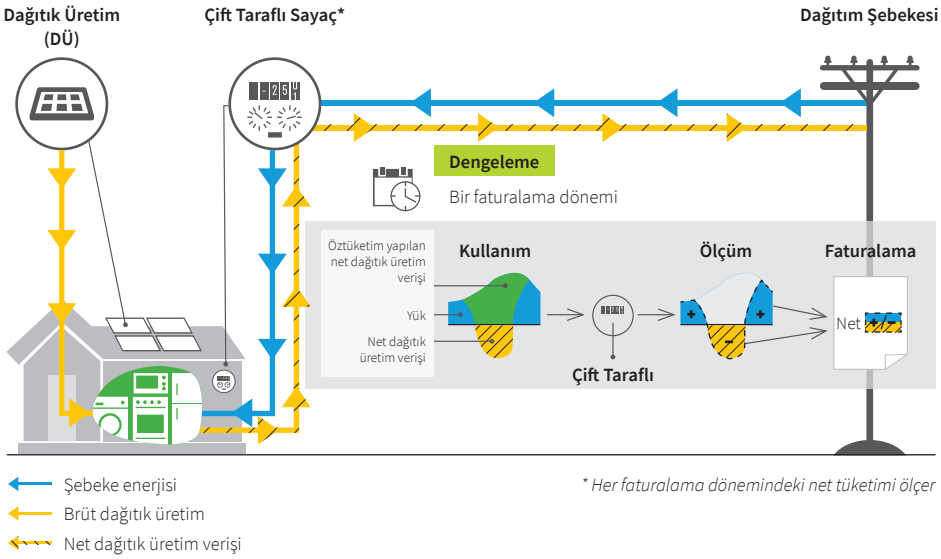
2013 yılında yayınlanan "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik", "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesine ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik (YEKDEM)" ile nihai hale getirilmiş ve dağıtık üretim tesislerinin sisteme arz ettiği fazla elektriğin, YEKDEM fiyatlarından yararlanmasını sağlamıştır (Resmî Gazete, 2013). YEKDEM yönetmeliği, lisanslı ve lisanssız tüm yenilenebilir enerji kaynakları ile ilişkilendirilerek, lisanssız dağıtık üretim tesislerinin kurulmasında ve tesis kapasitelerinin hızla artmasında etkili olmuştur. Ancak üretilen fazla elektriğin piyasa fiyatının üzerinde bir fiyat ile şebekeye satılabilmesi, türeticileri alternatif enerji çözümlerinden uzaklaştırmıştır. Normal şartlar altında, arz talebi aştığında üretilen enerjinin fiyatların düşmesine neden olacak şekilde depolanması veya ticarette kullanılması uygun bir seçenek olacakken, yenilenebilir enerji teşvikleri bu alternatiflerin uygulanmasını zorlaştırmaktadır.

Güney Avustralya'daki Sanal Enerji Santrali (VPP-SA) projesi, 2016 yılının sonlarında Avustralya'da açıklanan kendi ölçeğindeki ilk VPP projesiydi. Proje, metropol Adelaide genelinde 1.000 adet sayaç arkası enerji depolama sisteminin (BESS) satışı ve kurulumunu kapsamaktaydı. Ancak, sonuç olarak, sabit fiyat garantisi, batarya kullanımının benimsenmesine engel oluşturmuştur. Potansiyel müşterilerin büyük bir kısmı, sabit fiyat garantilerini (PFiT) kaybetmemek için, batarya kurulumunu tercih etmemiştir. Buna çözüm olarak, program katılımcılarına, Energy Australia'nın şebeke yönetimi kapsamında enerji depolama sistemlerine uzaktan erişim imkânı verdikleri için ilave destekler almaları teklif edilmiştir. Bu kapsamda, katılımcıların enerji depolama sistemlerinin, çoklu enerji depolama sistemlerini yönetmek üzere tasarlanmış yazılım platformuna kaydedilmesi öngörülmüştü (Energy, 2020).

Lisanssız üretimde mahsuplaşma uygulaması

"Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimi Hakkında Yönetmelik" ile aylık mahsuplaşma uygulamasına geçilmiştir. Bu uygulama ile çatı tipi güneş sistemlerinin toplam üretim ve toplam tüketim miktarları aylık olarak belirlenmektedir. Bu tesislerin şebekeye verdiği veya şebekeden çektiği elektrik miktarına, EPDK tarafından farklı abone grupları için açıklanan, perakende tek zamanlı aktif enerji birim fiyatları uygulanmaktadır (SHURA, 2021b).

Şekil 30: *Mahsuplaşma uygulaması*



Kaynak: NREL, 2017

Aylık mahsuplaşma uygulaması dağıtık üretimin yaygınlaşması için önemli bir destekleme sistemi olmakla beraber, enerji sistemi için bazı dezavantajları da olabilir. Bu yöntem, elektriğin fiyatını zamandan bağımsız olarak sabit olarak kabul etmektedir. Bu nedenle, türeticiler için gerçek zamanlı enerji optimizasyonu teşvik edilmemekte ve enerji sisteminde olası zorluklara neden olabilmektedir. Yani, sistemdeki arz, talebi aştığında elektrik fiyatları düşük olsa bile, türeticiler, piyasa fiyatlarından daha yüksek fiyatlar üzerinden sisteme elektrik verebilmekte, sistemin gerçek koşullarına göre hareket edememektedir.

Tüketici fiyatlarına uygulanan sübvansiyonlar

Elektrik sektöründe tüketici fiyatlarına uygulanan sübvansiyonlar, yeni iş modelleri için paylaşılacak değeri azaltmaktadır. Toptan satış piyasasında, tavan fiyat uygulaması mevcuttur ve bu tavan fiyatlar, elektrik arzının kısıtlı olduğu dönemlerde fiyatlarda oluşması gereken değişkenliği sınırlamaktadır. Maliyetlerin belirli zamanlarda sistem kullanıcılarına yansıtılmasını sınırlayan fiyat kontrolleri, özellikle talep tarafı katılımı ve enerji verimliliği projeleri gibi yenilikçi iş modellerinin sunabileceği faydalar başta olmak üzere, paylaşılacak değeri küçültmektedir. Örneğin, Türkiye'de son yıllarda faaliyetleri yaygınlaşan ESCO modellerinin sunduğu enerji verimliliği projelerinin karlılıkları, yapılacak tasarruflarla sağlanmaktadır. Fiyatların sübvanse edildiği bir ortamda yaratılabilen sınırlı enerji tasarrufu, ESCO şirketi için elde edilecek geliri sınırlandırmakta ve ayrıca, tüketici tarafında etkili değişiklikler yaşanmasına izin vermemektedir. Diğer yandan, yan hizmetler piyasalarında talep tarafı katılımından gelir akışı sağlayan bir talep toplayıcının, yük kaydırma faaliyetinden arzulanan faydayı elde edememesi de bir olasılıktır. Diğer bir deyişle, fiyatların serbestleşmesi, hizmet

sağlayıcılar ve son tüketiciler arasında değer yaratmak ve paylaşmak için tüketiciye sunulacak yeni hizmetlerin sürdürülebilirliği için temel gerekliliktir.

Ek yatırımların tüketici tarifelerine yansıtılmaması

Yeni iş modellerinin sunduğu değeri maksimize etmek için gerekli olan enerji izleme cihazları, akıllı sayaçlar ve diğer ekipmanların mevcut düzenlemeler gereği, enerji hizmet sağlayıcıları tarafından tüketici tarifelerine yansıtılamaması, dijitalleşme yatırımlarının önünde engel teşkil etmiştir. Örneğin, enerji projelerinde büyük önem taşıyan enerji izleme cihazı yatırımları, ilgili maliyetleri tüketicilere yansıtarak, görevli tedarik şirketleri aracılığıyla gerçekleştirilebilir ve bu, yeni iş modellerini etkinleştirmek için bir geçiş dönemi çözümü olabilir. Bunun için öncelikle, şirketlerin, bu yatırımları gelir getirici faaliyetler olarak görmeleri ve buna göre hareket etmeleri gerekmektedir.

6.1.3 Tüketicilerin piyasaya katılımı

Türkiye'de organize elektrik piyasalarının kurulması süreci, yenilenebilir enerji kullanımının artmasıyla eş zamanlı ilerlemiştir. İlk dönemde üretim planlaması yapma zorunluluğu olmayan lisanslı rüzgâr ve güneş enerjisi santralleri, 2016 yılından itibaren YEKDEM kapsamında olsalar dahi üretimlerini planlamak ve piyasada teklif vermek zorunda kalmış ve piyasa yapısına dâhil edilmiştir. Yenilenebilir enerji santralleri, Gün Öncesi ve Gün İçi Piyasalarında aktif rol oynamaktadır. Sistem esnekliğinin artması piyasa aracılığıyla da sağlanabilir. Bu nedenle, piyasa yapısındaki değişiklikler ve iyileştirmeler, yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme başarılı bir şekilde entegre edilmesinde önemli bir rol oynayacaktır (SHURA, 2021c).

Piyasalardaki değişim sadece lisanslı üreticiler için değil, lisanssız üreticiler için de gereklidir. Dağıtık enerji üretiminin yaygınlaşması ve son tüketicilerin enerji üreticisi haline gelmesiyle birlikte, piyasalardaki değişim bir zorunluluk haline gelmiştir. Hâlihazırda son tüketiciler, enerji piyasalarında aktif piyasa oyuncuları değilken, enerji ticareti ve tüketim yönetiminde yer alabilmektedir. Hatta dağıtık enerji kaynaklarının toptan elektrik piyasalarına, yan hizmetler piyasasına ve varsa kapasite piyasalarına katılımı sağlanmak suretiyle piyasanın, fiyat sinyallerine maruz kalabilmesi çok yönlü faydalar sağlayacaktır. Örnek vermek gerekirse, bir türetici ürettiği fazla enerjiyi toptan piyasada paraya çevirebilir, talebe yanıt vererek şebekeyi destekleyebilir, yan hizmetler piyasasında frekans kontrolüne katkıda bulunabilir veya rezerv kapasitesi ile sisteme değer katabilir. Bu durum, sistemin esnekliğini artıracaktır. Ayrıca, dağıtık üretim için yeni gelir akışlarının yaratılması da bu kaynakların genişletilmesini teşvik etmektedir. Bu katılım, toplayıcılar aracılığıyla veya doğrudan bu piyasalardaki katılım limitlerinin düşürülmesiyle sağlanabilir. Toplayıcıların tanımlandığı ve belirlendiği bir mevzuat altyapısı oluşturulmadığı için Türkiye'de dağıtık enerji kaynaklarının belirlenen piyasalara katılması mümkün değildir.

Fransa merkezli bir enerji hizmeti şirketi olan Voltalis, Fransa'daki 100.000'den fazla mesken ve işyerinin talebini bir araya getirerek, esnekliklerini organize enerji piyasalarına (toptan satış piyasaları ve dengeleme piyasaları) kadar genişletmektedir. Bu şekilde, dağıtım şirketleri tarafından orta vadede planlanan şebeke yatırımlarının yapılması yerine, bu esneklik kısıt yönetiminde kullanılmaktadır. Talep toplama, enerji depolama ve dağıtık üretimin yanı sıra elektrikli araçlar, ısıtma, havalandırma ve klima gibi dağıtık yükleri de içermektedir. Şebekeye olan faydaları arasında puant talep yönetimi, kısıt yönetimi, frekans kontrolü ve yenilenebilir enerji kesintilerinin azaltılması yer almaktadır. Tüketici tarafında, talep optimizasyonu, öz tüketim ve sayaç arkası üretim (SHURA, 2021b) sayesinde faturalarda %15'e varan tasarruf sağlanabilmektedir.

6.1.4 Yapısal koşullar

Rezerv kapasiteleri

Tüm enerji sistemlerinde, puant talebi karşılamak üzere belirli bir rezerv tutulması gereklidir. Rezervin gereğinden fazla tutulması durumunda, ek maliyetler yaratılmış olacaktır, ancak puant talebi karşılayamamanın maliyeti daha yüksektir.

2018 yılında yerli kömür, doğalgaz ve bazı rezervuarlı hidroelektrik santralleri için kapasite mekanizması kurulmuş ve yaklaşık 2 GW kurulu güç devreye alınmıştır. Mekanizma kapsamında dağıtılan kaynak miktarı, 2018-2020 yılları arasında %50'nin üzerinde artmıştır (2018'de 1,4 milyar Türk lirası, 2020'de 2,2 milyar Türk Lirası). 2020 yılında bu mekanizma için ayrılan toplam bütçenin %54'ü yerli kömür, %37'si doğal gaz, %7'si rezervuarlı hidroelektrik ve %2'si ithal ve yerli kömür karışımı kullanılan enerji santrallerine aktarılmıştır (EÜAŞ, 2020). Bu uygulamanın temel amacı, elektrik sisteminin güvenliği için bazı enerji kaynaklarının sistemde kalmasını sağlamaktır.

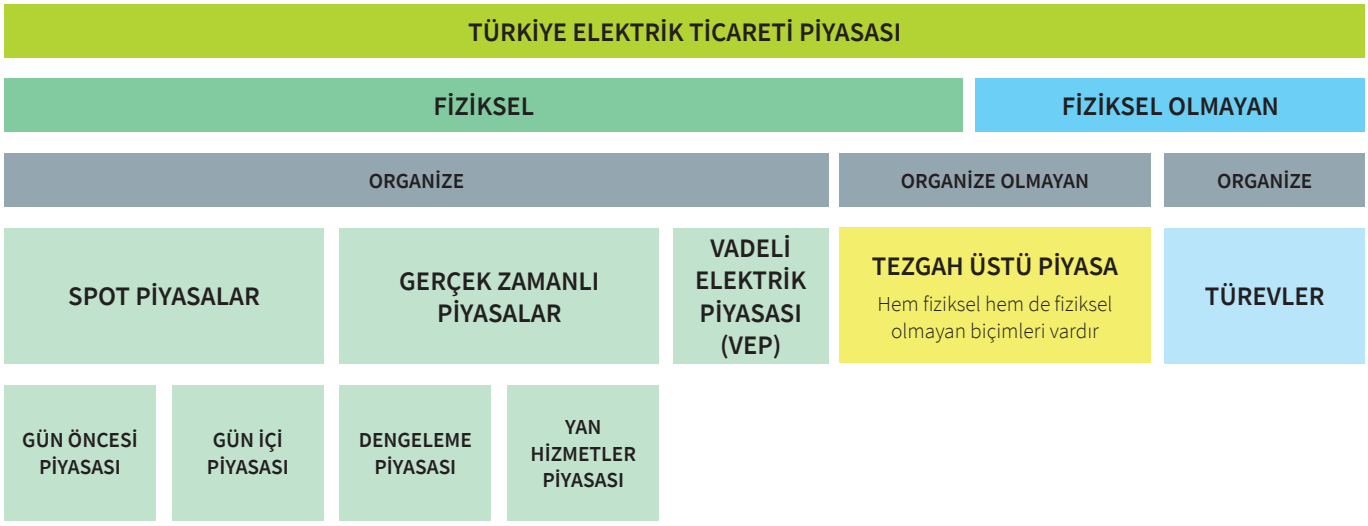
Mevcut durumda uygulanan kapasite mekanizmasının piyasaya bazı olumsuz etkileri bulunmaktadır. Mevcut uygulamada, kapasite mekanizması için sadece kurulu güç üzerinden ödeme yapılmakta ve ödeme tutarlarının belirlenmesinde herhangi bir verimlilik veya esneklik kriteri kullanılmamaktadır. Bu durumda, bazı düşük verimli doğalgaz ve yerli kömür santralleri sistemde tutulmaktadır. Diğer yandan kapasite mekanizması ödemeleri, TEİAŞ bütçesinden yapılmakta ve bu maliyet iletim tarifeleri aracılığıyla tüm üretici ve tüketicilere yansıtılmaktadır. Piyasada oluşan artık kapasite göz önüne alındığında, kapasite mekanizmasının daha esnek kaynaklara öncelik verecek şekilde değiştirilmesi düşünülebilir. Kapasite mekanizmasına katılım için ön koşul olarak santraller için belirli bir minimum yük artış oranı standardı ve maksimum CO2 emisyon sınırı getirilebilir. Ayrıca, talep tarafı katılımı ve enerji verimliliği uygulamalarının mekanizmaya dâhil edilmesinin sağlanması, sistem esnekliğinin artırılmasında ve yenilenebilir enerji entegrasyonunda önemli rol oynayacaktır. Kapasite mekanizmalarına temel oluşturan yerli kömür garantilerinin kaldırıldığı senaryoda, EÜAŞ maliyetlerinin temel senaryoya göre %36 oranında azaldığı gözlemlenmiştir (SHURA, 2021c).

Dünyada uygulanmakta olan çeşitli kapasite mekanizması tasarımları da Türkiye'nin bu konudaki kararlarında önemli bir rehber olabilir. Avrupa Birliği tarafından yakın zamanda kabul edilen "Tüm Avrupalılar için Temiz Enerji" (CEP) yasama paketi, arz güvenliğine ilişkin endişelerin dile getirildiği özel durumlarda, ileriye dönük kapasiteye dayalı müdahalelere izin vermektedir. Paket, iyi yürütülen bir enerji ve yan hizmetler piyasasının, "amaca uygun bir sistem kaynakları portföyünün" oluşturulmasına katkıda bulunabileceğini göstermektedir. İngiltere'nin 2014 yılında yayınlanan Elektrik Dengeleme Kanunu kapsamında, bir rezerv kıtlığı fiyatlandırma mekanizması uygulanmaktadır (OFGEM, 2018). Sistemde, kıtlık rezervi, sistemdeki arz açığı miktarına göre fiyatlandırılmaktadır. Türkiye'de mekanizmanın benzer şekilde uygulanması, kapasite mekanizması (SHURA, 2021b) tarafından üstlenilen işlevi yerine getirebilir.

İkili anlaşmalar ve gün içi piyasası işlem hacimleri

Hâlihazırda Türkiye'de elektrik ticareti, fiziki ve fiziki olmayan (finansal) elektrik ticareti olmak üzere iki ana başlık altında değerlendirilebilir. Finansal elektrik ticareti, ikili anlaşmalar şeklinde veya Borsa İstanbul üzerinden türev piyasalarda yapılabilirken, fiziki elektrik ticaretinde ana seçenekler, organize spot piyasa, gerçek zamanlı piyasa, tezgâh üstü piyasalar (ikili anlaşmalar) ve vadeli işlemler piyasasıdır (VEP).

Şekil 31: *Türkiye elektrik ticareti piyasası*



Kaynak: Deloitte analizi

Son EPİAŞ verilerine göre 2020 yılında Gün Öncesi Piyasasında 181,4 TWh, Gün İçi Piyasasında 6,8 TWh ve Dengeleme Elektrik Piyasasında 7,4 TWh fiziki ticaret gerçekleşmiştir. Aynı dönemde, ikili ticaret anlaşmaları 255,4 TWh (EPİAŞ, 2021) olarak gerçekleşmiştir. Yan Hizmetler Piyasası kapsamında 2020 yılında saatlik ortalama 273 MW primer frekans rezerv kontrolü ve 918 MW sekonder frekans rezerv kontrolü ihalesi yapılmıştır (EPİAŞ Şeffaflık Platformu, 2021). Rakamlara bakıldığında, Gün İçi Piyasası hacmi, Türkiye'deki Gün Öncesi Piyasası hacmine göre çok küçük bir pay oluşturmaktadır. Gerçek zamana yakın dengesizliklerin çözümü için kritik olan Gün İçi Piyasası, Gün Öncesi ile Dengeleme Elektrik Piyasası arasında bir dengeleme mekanizması görevi görmektedir. Yeni iş modellerinin (özellikle toplayıcıların) gerçek zamanlı dengeleme faaliyetlerine katkıda bulunmak için en fazla işlemi yapacağı piyasa olarak görülmektedir. Bu nedenle, gelecekte gün içi piyasasının hacminin artması ve yeni iş modelleri için bir oyun alanı oluşturması kritik önem taşımaktadır.

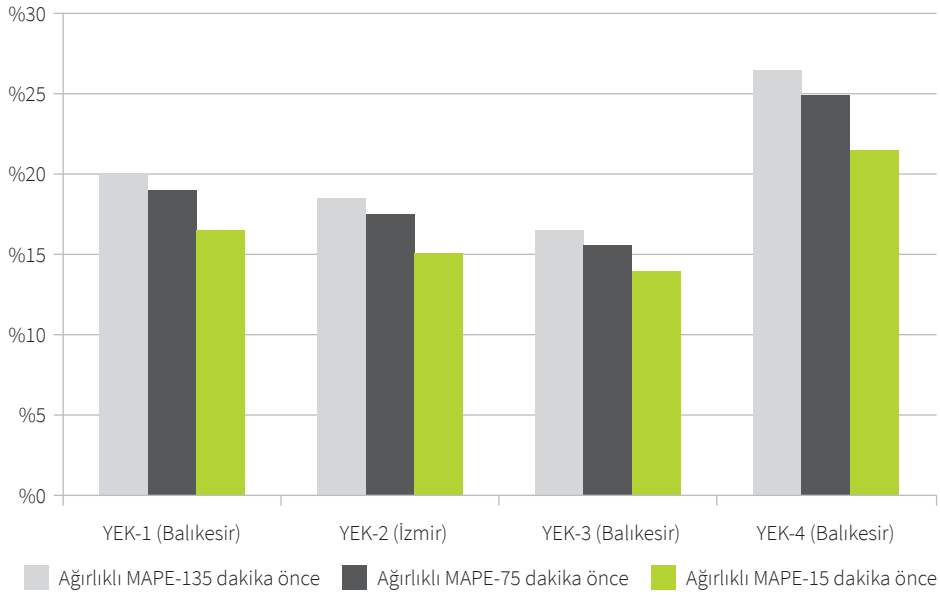
İşlem yapılmasına izin verilen sürelerin azaltılma ihtiyacı

Rüzgâr ve güneş santralleri, meteorolojik koşullara bağlı olup, değişken üretim yapmaktadırlar. Rüzgâr ve güneş santrallerinin üretimlerinin tahmin edilmesi ve dolayısıyla piyasaya teklif verebilmeleri zorlu bir süreç olabilir.

Gün İçi Piyasasının sağlıklı işleyişi, elektrik sisteminin esnekliği açısından büyük önem taşımaktadır. Gün Öncesi Piyasasında giderilemeyen dengesizlikler, ilk adım olarak, Gün İçi Piyasasında giderilmektedir. Bu piyasada elektriğin fiziki teslimi işlemden bir saat sonra yapılabildiğinden, üretim tahminleri Gün Öncesi Piyasasına kıyasla gerçeğe daha yakın olabilmektedir. Ancak, Türkiye'de meteorolojik tahminler sonucunda belirlenen, yenilenebilir enerji üretim tahminlerinin ticarete konu olabilmesi için, bu aralığın gerçek zamana daha yakın olacak şekilde daraltılarak kapı kapanış süresinin 15 dakikaya indirilmesi dengesizliklerin giderilmesinde önemli faydaları olacaktır. Aynı şekilde, Dengeleme Güç Piyasası uzlaştırma süresinin 15 dakikaya düşürülmesi de önemli faydalar sağlayabilir. İşlem yapabilme süresini gerçek zamana yakın bir seviyeye indirmek, yenilenebilir enerji üretim tahminlerinin doğruluğunu artıracak ve piyasadaki dengesizlikleri azaltacaktır.

Türkiye'nin farklı bölgelerinden seçilen 4 rüzgâr santralinin farklı zaman aralıklarındaki üretim tahmin sapmaları Şekil 32'de verilmiştir.

Şekil 32: *2020 yılının bir ayında Türkiye'deki 4 rüzgâr santrali için farklı zaman dilimlerinde saatlik üretim tahmin sapmaları*



Kaynak: SHURA - Yenilenebilir Enerji Entegrasyonunu Hızlandırmak için Türkiye Organize Toptan Elektrik Piyasalarında İyileştirmeler

Verilere göre, gerçek zamandan 15 dakika önce yapılan üretim tahminleri, 75 dakika önce yapılan tahminlere göre %2,6 daha az hata payı içermektedir. Bu durum, Gün İçi Piyasaların işlem sürelerinin, dengesizlik miktarlarındaki azalmaya imkân verecek kadar önemli olduğunun göstergesidir.

Dengeden sorumlu gruplar (DSG)

Türkiye'de Dengeden Sorumlu Grup (DSG), piyasa katılımcılarının piyasa işletmecisine bildirimde bulunarak oluşturduğu ve grup içinden bir piyasa katılımcısının (Resmi Gazete, 2009) grubu adına denge sorumluluğu yükümlülüklerini üstlendiği bir grup olarak tanımlanmaktadır. Bir DSG'deki enerji dengesizliklerinin uzlaştırması, gün öncesi piyasası, gün içi piyasası, dengeleme elektrik piyasası işlemleri, ikili anlaşma tutarları ve gerçekleşen veriş/çekiş değerleri (Resmi Gazete, 2009) dikkate alınarak aylık olarak yapılmaktadır. DSG, fiziksel dengeleme perspektifinden ihtiyaç duyulan bir çözüm sunmaktan ziyade, temel olarak finansal dengelemeden sorumludur. Bunun temel nedeni, dengeleme faaliyetleri için elektrik enerjisini uzak mesafelere kolayca ulaştıramayan farklı bölgelerdeki piyasa katılımcılarının aynı DSG'de bulunabilmesi ve yönetmelikle teşvik edilen gerçek zamanlı fiziksel dengelemenin olmamasıdır. Başka bir deyişle, aynı DSG'de farklı bölgelerdeki piyasa katılımcıları, ay sonunda enerji çıkışlarını ve çekişlerini dengelemeleri durumunda herhangi bir ceza ile karşılaşmamaktadırlar.

Organize sanayi bölgeleri ve yenilikçi iş modelleri

Türkiye'deki Organize Sanayi Bölgeleri (OSB), Türkiye'nin Organize Sanayi Bölgeleri Elektrik Piyasası Faaliyetleri Hakkında Yönetmelik (EPDK, 2014) uyarınca, şirket kurma şartı aranmaksızın, kuruluştan OSB üretim veya OSB dağıtım lisansı alarak kendi onaylı sınırları içinde üretim veya dağıtım faaliyetinde bulunabilme hakkına sahiptirler. OSB, katılımcılarının elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak üzere, yönetmelik hükümleri çerçevesinde elektrik enerjisi üretebilir veya serbest tüketici olarak elektrik enerjisi satın alabilir. Ayrıca OSB, onaylı sınırları içerisinde dağıtım tesislerinin kurulması

ve işletilmesi, elektrik enerjisi dağıtımı ve ilgili diğer hizmetlerin yerine getirilmesi faaliyetlerini yürütmektedir.

OSB'lerin bu faaliyetlerden elde ettikleri ticari fayda, yenilikçi iş modellerini hayata geçirmeyi zorlaştıran bir faktördür. Örneğin, gelecekte P2P enerji ticaretinin yaygınlaşacağı alanlardan biri olarak görülen bu bölgelerde, OSB'nin ticari faaliyetlerini kesintiye uğratan yenilikçi çözümler, çıkar çatışmasına yol açabilecektir. Yani, OSB içinde veya OSB ile yakın bir ilçe arasında P2P işletmecileri aracılığıyla enerji ticareti yapıldığında, tüketicilerden elektrik, dağıtım, bağlantı ve/veya güvence gibi ücretler artık alınamayacaktır. İkinci olarak, enerji yönetiminin, VPP faaliyetleri ile gerçekleştirilecek talep karşılama ve diğer benzeri çözümleri, OSB açısından değerin, daha fazla taraf arasında paylaşılması gerektiği anlamına gelecektir. Bu nedenle, yenilikçi iş modellerinin uygulanmasında, Türkiye'deki OSB'lerde çeşitli engellerle karşılaşılacaktır.

Dağıtık üretim yöntemiyle yapılan elektrik ticaretinde perakende satış şirketlerinin sorumluluğu

Dağıtık enerji kaynaklarının yaygınlaşmasıyla birlikte, özellikle güneş enerjisinde lisanssız üretim oldukça artmıştır. Son verilere göre, Haziran 2021'de lisanssız elektrik üretiminin %91,7'si güneş enerjisindendir (EPDK, 2021). Son tüketicilerin enerji üretimindeki rolü ile artan bu pay, gelecekte ortaya çıkacak yeni iş modellerini tetikleyecek ana faktörlerden biridir. Ancak, dağıtık enerji kaynakları sahiplerinin, serbest ticaret ortamından ve finansal faydalarından yararlanmaları mümkün değildir. Türkiye'de yayınlanan "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği"ne göre, lisanssız üretimin ticari faaliyetlerinden perakende satış şirketleri sorumludur. Buna karşın, P2P ticaret ve topluluk mülkiyeti modelleri gibi iş modellerinin uygulanması, bir aracıya ihtiyaç duyulmaksızın enerji ticareti yapılabilmesi için düzenlemelerde değişiklik yapılmasını gerektirmektedir.

Batarya enerji depolama sistemlerini teşvik edecek bir mekanizmanın olmaması

Türkiye'de lisanssız üretim tesislerinin sadece öz tüketim amaçlı kullanılmasına ilişkin düzenlemenin amacı, lisans almadan YEKDEM'den yararlanmak isteyen yatırımcılar için bir fırsat haline gelmiştir. Bu durum, dağıtık üretimin kapasite gelişimine yardımcı olsa da, lisanssız üretimin öz tüketimden uzaklaşmasına neden olan uygulama boşlukları yaratmıştır. Bu nedenle, öz tüketim amaçlı güneş PV kurulması yerine, kendi tüketimlerinden çok daha büyük kapasiteli santrallerin kurulmasına yol açmıştır. EPDK'nın yaptığı son değişikliklerle bu durum değişse de, lisanssız üreticiler şebekede dengesizliklere sebep olabilirler.

Türkiye'de hâlihazırda piyasada faaliyet gösteren lisanssız enerji üretim santralleri dengesizliklerden sorumlu tutulmamaktadır. Çoğunluğu güneş enerjisi santrallerinden oluşan, lisanssız kurulu gücün dengeden sorumlu olmaması, piyasadaki dengesizlikleri artırabilir. Bu nedenle, bu dengesizliklerden kaynaklanan sistem maliyetlerinin, dengesizliklerden sorumlu olan taraflara yansıtılması önemli olacaktır. Doğrudan dağıtım şebekesine bağlı bu santrallerin değişken üretimi, dağıtım sistemi işletmecileri için gelecekte yönetilmesi gereken bir problem olarak karşımızda durmaktadır. Bugün, Türkiye'de uygulanmakta olan aylık mahsuplaşmada, olası dengesizliklerin maliyetleri tarifelere dâhil edilmekte ve dağıtık üretim sahipleri bu sorumluluktan muaf tutulmaktadır. Dağıtık üretimin belirli bir entegrasyon oranından sonra, sistemin asıl maliyetinin, dünyadaki örneklerde olduğu gibi türeticilere yansıyacağı (SHURA, 2021b) faturalama veya al-sat gibi fiyatlandırma uygulamaları ile sayaç arkası bataryaların

kullanımıyla daha fazla öz tüketimi teşvik eden sistemlere geçiş yapılabilir. Hâlihazırda piyasada dağıtık lisanssız enerji üretiminin doğrudan şebekeye satışını sınırlayacak bir mekanizmanın olmaması, batarya enerji depolama sistemlerini teşvik etmemekte ve şebekenin bir nevi batarya olarak kullanılmasına yol açmaktadır. Şebekeye bağlı şirketlerin, sayaç arkası batarya teknolojileriyle birlikte, piyasanın ve şebekenin gerçek koşullarına göre hareket etmesi çok önemli olacaktır.

Şekil 33: *Mevcut piyasa yapısının iş modelleri üzerindeki engelleyici etkileri*

Türkiye'deki mevcut piyasa yapısı, özellikle piyasa katılımcısı gibi faaliyet gösterebilecek iş modelleri için tehdit oluşturmaktadır. Arz/talep toplayıcıları ve P2P işletmecilerinin kattığı değer, dengeleme faaliyetlerini desteklemek ve arbitrajdan yararlanmak için spot ve gerçek zamanlı piyasalardaki alım satım faaliyetlerini içermektedir. Bu nedenle, bu oyuncuların tanımlı olmadığı bir enerji sisteminde, bu iş modellerinin kendilerine yaratabilecekleri hareket alanı çok sınırlı olacaktır. Buna ilaveten, öngörülemeyen ve sübvansiyonlu elektrik fiyatları, toplayıcıların ve P2P işletmecilerinin sisteme değer katacakları herhangi bir alan bırakmayabilir. Bu nedenle, mevcut piyasa yapısı, yenilikçi iş modellerinin önünü açmak için revize edilmesi gereken en önemli konu olarak görünmektedir.

6.2 Mevzuat

Türkiye'de uygulanacak yeni iş modellerinin önünün açılması, ancak, ilgili mevzuat kapsamında gerçekleştirilecek çeşitli yapısal iyileştirmeler ve karşılaşılan diğer engellere yönelik çözüm önerilerinin hayata geçirilmesi ile mümkün olacaktır. İlk olarak, anlam karmaşalarını gidermek için ilgili düzenlemelerin anlaşılırlığı artırılmalıdır. Ayrıca, enerji politikalarının oluşturulmasında çok sayıda taraf rol aldığından, Türkiye enerji sektöründe çok katmanlı bir yapı oluşmakta ve bu durum, tarafların işbirliği yapmasını ve bir sorun ortaya çıktığında muhatabın uygun tarafa ulaşabilmesini zorlaştırmaktadır. İkincisi, iş modellerinin uygulanması için gerekli olan izinler, oldukça uzun olabilen ve tamamlama sürelerini geciktirebilen bürokratik süreçlere tabidir. Ayrıca, yeni iş modellerinin tanımını düzenleyen mevzuatta da çeşitli boşluklar bulunmaktadır. Son olarak, yasal düzenlemelerin yapılması halinde aşılabilecek, bazı yetki kısıtları da bulunmaktadır.

6.2.1 Mevzuat kalitesi

Enerji sektöründe mevzuatın kalitesinin iyileştirilmesi, mevzuatın daha açık hale getirilmesini ve farklı taraflarca alternatif yorumlara açıklığının en aza indirilmesini gerektirecektir. EPDK, özel hukuka odaklanarak elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı ve satışına ilişkin yönetmelikleri yayınlamaktadır. Ancak idari hükümler zaman zaman 6098 sayılı Borçlar Kanunu'nun genel ilkeleriyle çelişebilmektedir. Yönetmeliklerde teknik ve operasyonel ihtiyaçların karşılanması hedefinin giderek daha baskın hale geldiği görülmektedir (Aker, 2017). Ayrıca 2013 yılında Elektrik Mühendisleri Odası (EMO), Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'na bir yazı yazarak, ikincil mevzuatın belirsizliği konusunda uyarıda bulunmuştur. EMO'ya göre, çeşitli düzenlemelerin

içeriğinde, biçiminde ve yayınlanmasında, hangi kuralın hangi konuyla ilgili olduğunu yorumlamayı ve tanımayı zorlaştıran bazı tutarsızlıklar bulunmaktadır (TMMOB, 2013). 6446 sayılı düzenlemeden başlayarak, üslup ve ibarelerin sadeleştirilmesi, olası belirsizliklerin en aza indirilmesi için argümanların daha açık ve kesin hale getirilmesi ve aşırı kategorileştirmeden kaçınılması mevzuat kalitesinin artırılmasında faydalı olabilir. İlgili düzenlemenin, en fazla 3 alt madde düzeyine sahip olmasına rağmen, üçüncü düzeyin uzunluğu ve karmaşıklığı artırabilecek 8 maddeye sahip olduğu durumlar vardır. Örneğin, lisanssız üretim uygulamalarına ilişkin usul ve esaslar, mevzuatın muhatabının herkes olabileceği için mevzuatın açık ve anlaşılır olmasına büyük özen gösterildiğinin duyurusu ile birlikte sunulmuştur.

Yasanın gözden geçirilmesi veya yorumlanması gerektiğinde, istişare noktası olarak uygun kurumun daha spesifik olması gerekmektedir. Örneğin TEİAŞ, EPDK veya Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı gibi kamu kurumlarının hangisine danışılacağının bilinmediği zamanlar olabilmektedir. Bunun nedeni, Türkiye'de enerji sektörünün, enerji politikalarına ve düzenlemelerine ilişkin yetkilerin farklı aktörler tarafından paylaşıldığı kısmen çok katmanlı bir yapı ile tanımlanmasıdır. 4628 sayılı Kanun'da enerji politikalarının yapılmasından Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın sorumlu olduğu belirtilmekle birlikte, piyasa yapısının düzenlenmesi EPDK'nın sorumluluğundadır. Dolayısıyla, bu kurumlar arasındaki uyumun geliştirilmesi çok önemli olacaktır.

6.2.2 Bürokrasi

Bürokratik süreçler, ilgili izin sürelerini uzatmakta ve son tüketicilerin ve yatırımcıların yenilikçi adımlar atmasını zorlaştırabilmektedir. Bu nedenle, prosedürler basitleştirilmeli ve sayıca azaltılmalıdır. Örneğin, güneş enerjisi santrali kurulum izinlerinin alınması Almanya'da yaklaşık 12 iş günü, Türkiye'de ise 3-4 ay civarında sürmektedir (Yeşil Güneş Ağı, 2021). 25 kW kurulu gücün altı ve üstü kurulu güç için Türkiye'deki uygulama süreçleri farklılık göstermektedir. Kurulu gücü 25 kW'ın altında olan konut aboneleri için süreçler incelendiğinde, ilk adım, kurulmak istenen çatı alanına ve bağlantı gücüne göre güneş paneli seçimidir. Bu, gerekli bilgiye sahipse müşterinin kendisi tarafından veya bir güneş enerjisi EPC şirketinin yardımıyla yapılabilir. Tüm süreç; belge teslimi, değerlendirme, kapasite değerlendirme, başvuru sonuçları, TEDAŞ onayı, bağlantı sözleşmesi, kabul, sözleşme başvurusu ve sistem kullanım sözleşmesi olmak üzere 9 farklı adımdan oluşmaktadır.

Şekil 34: *25 kW ve altı için lisanssız güneş enerjisi santrali başvuru süreci*

Kaynak: Yeşil Güneş Ağı

Türkiye'deki temel enerji süreçleri de mevzuatta yapılan son değişikliklerle basitleştirilmektedir. EPDK tarafından Şubat 2021'de yapılan mevzuat güncellemesi ile dijitalleşmenin önündeki engeller kaldırılmış ve 47 milyon elektrik abonesinin ilk kez tedarikçi değişiklikleri de dâhil olmak üzere elektrikle ilgili tüm işlemlerini fiziksel belgeye ihtiyaç duymadan dijital kanallardan yapabilmesi sağlanmıştır.

6.2.3 Yeni kavramların tanımlanması ihtiyacı

Mevcut mevzuattaki yapısal iyileştirmelerin yanı sıra, kavramsal düzenlemelerin de yapılması sektörün faydasına olacaktır. Yeni iş modellerini açıklayan ve sorumluluk çerçevelerini belirleyen mevzuatlar henüz tanımlanmamış veya nihai halini almamıştır:

- Toplayıcı ve doğrudan pazarlama kavramlarını tanımlayan herhangi bir düzenleme bulunmamaktadır. Bu nedenle, toplayıcılar, toptan elektrik satış piyasasına ve yan hizmet piyasalarına katılamamaktadır. Türkiye'de, lisanssız üretim şirketleri, bölgelerindeki mevcut dağıtım ve perakende satış şirketlerinden ticari hizmet almak zorundadırlar. Bu oyuncuların, piyasaya satış yapmalarına izin verilmediği için, ek bir gelir akışı yaratma imkânları yoktur. Talep yönetimi konusunda yeni adımlar atılmış olmasına rağmen, daha kat edilmesi gereken çok uzun bir yol mevcuttur. Talep tarafı rezerv hizmeti kapsamındaki temel tüketim değerinin belirlenmesine ilişkin usul ve esaslar, 2021 yılı Ağustos ayında yayımlanmıştır.
- Destekleyici düzenlemelerin yapılması ve enerji piyasalarının açılması sayesinde, son yıllarda, tüm dünyada çok sayıda toplayıcı firma ortaya çıkmıştır. 2017 yılında, yalnızca Birleşik Krallıkta 20'den fazla oyuncu, toplayıcı olarak faaliyete geçmiştir. İngiltere, Fransa ve Belçika'daki dinamik piyasa koşulları "talep tarafı toplayıcıları" sayısını artırırken, Almanya ve İspanya, katı düzenlemeleri nedeniyle bu ivmeyi yakalayamamıştır (Baes & Carlot, 2018).
- Piyasada belirli sayıda oyuncu mevcut olmasına rağmen, 6361 sayılı finansal kiralama mevzuatında tanımlanmamış gri alanlar nedeniyle, çatı üstü güneş enerjisi santralleri piyasasında istenilen büyüme sağlanamamaktadır. Yap-işlet-devret modelinin çerçevesi belirlenirse, bu piyasanın büyüyerek iki katına çıkması beklenmektedir. Ayrıca, lisanssız güneş enerjisi üretimi ile ilgili olarak, kamuoyunda "çatı mevzuatı" olarak bilinen düzenleme, kullanıcıların çatıya güneş panellerini kolayca ve hızlı bir şekilde monte edebilecekleri tanımlanmış bir modelin olmaması nedeniyle, son tüketicilerin piyasaya girişini kısıtlamaktadır. Maksimum 25 kW kurulu güce sahip projelere izin verilmektedir.
- Mayıs 2021'de yürürlüğe giren enerji depolama faaliyetlerine ilişkin düzenlemelerin de geç kaldığı ve katılım ve uygulama kurallarındaki eksiklikler nedeniyle yetersiz olduğu değerlendirilmektedir. Tüketim tesisine entegre enerji depolama tesisi, sadece ilgili tüketim tesisinin ihtiyaçları için kurulabilmektedir. Ayrıca, herhangi bir üretim/tüketim tesisine bağlı olmaksızın doğrudan şebekeye bağlı bağımsız enerji depolama tesisleri, tedarik lisansı gerektirmektedir ve 2 MW'tan daha az kurulu güce sahip olamaz.
- Elektrikli araç şarj istasyonlarının işletilmesine ilişkin düzenlemeler eksik olmakla birlikte, şarj istasyonlarının ruhsat yükümlülükleri "İş Yeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik"te ele alınmaktadır. Türkiye'de operasyonlar, bu hizmetin, lokasyondan bağımsız olarak, talep eden herkese verildiği bir yapıda ilerlemektedir. Türkiye'nin elektrikli araç markası üretmeye yönelik TOGG girişimi, gelecekteki düzenlemelerin oluşturulmasında rol alabilir. Avrupa Birliği, 2014'ten beri, şarj istasyonlarını, 2014/94 Alternatif Yakıt Altyapıları Direktifi'nde tanımlamaktadır. Ayrıca, 2019/944 Elektrik Piyasası Direktifi'nde konuyla ilgili bazı hükümler de yer almaktadır.

- Son olarak, enerji verimliliğine ilişkin 5627 sayılı Kanun'da da ESCO'lar tanımlanmıştır, ancak Türkiye'de doğrulama tarafına rehberlik edecek ve ihtilaf durumunda hakemlik yapacak mekanizma mevzuatta tanımlanmamıştır. Bu durum, yeni iş modellerinin, özellikle de ESCO'ların yaygınlaştırılması önünde engel oluşturmaktadır.

Şekil 35: *Enerji kavramlarının mevzuattaki durumları*

Konsept	Durum
Toplayıcı ve doğrudan pazarlama / Talep yönetimi	Belirlenmemiş / Tamamlanmamış
ESCO	Tamamlanmamış
Yap-işlet-devret modeli	Tamamlanmamış
Enerji depolama	Tamamlanmamış
EV şarj istasyonları operasyonu	Belirlenmemiş

Kaynak: Deloitte analizi

6.2.4 Yetki ihtiyacı

Belgelendirme uygulamalarının olmaması nedeniyle, yeni hizmet alanlarında belirli standart seviyelerinin sağlanmasında sorunlar oluşabilmekte ve denetim süreçleri zaman alıcı olabilmektedir. EPC şirketleri herhangi bir belgelendirme sürecine tabi olmadığından dolayı, izin süreci için herkes başvurabilmektedir ve dağıtım şirketi TEDAŞ bunları tek tek incelemektedir. İlgili belgelendirme süreçleri mevcut olsaydı, faaliyet gösteren şirketlerin sunduğu hizmetlerin belirli kalite standartları çerçevesinde olması sağlanabilecek ve TEDAŞ gibi merkezi bir kuruluşun denetim yapma zorunluluğu ortadan kalkmış olacaktır. Dünyaca ünlü Alman kalite kontrol firması TÜV Rheinland, 2015 yılında, kurulu kapasiteleri 100 kW ile 30 MW arasında değişen 100 adet santrali inceleyerek, güneş enerjisi santrallerinin performansı ve karlılığı üzerine bir araştırma yapmıştır. Uzmanlar, her 3 fabrikadan birinde sistem hataları ve performans kayıpları tespit etmiştir; performans kaybı olan fabrikalardan %50'sinde kurulum hatası, %25'inde planlama ve uygulama kılavuzunda yer alan prosedürlerin yanlış uygulanması yer almıştır. Kurulum hatalarının çoğunun, EPC şirketlerinin işin bir kısmını dışarıdan temin etme kararından ve vasıfsız personel istihdamından kaynaklandığı anlaşılmıştır (Yiğit, 2015). Almanya'da bu ölçekte hatalar olabiliyorsa, yeni iş modelleri için yeni gelişen bir pazar olan Türkiye'nin dikkatli olması gerekmektedir. Bu nedenle, belirli eğitim ve testlerin başarıyla tamamlanmasının ardından EPC firmalarına sertifika verilmesi düşünülebilir. EPC şirketlerinin lisanslandırılması hem bölgesel dağıtım şirketlerinin hem de TEDAŞ'ın yükünü azaltabilir.

Bir diğer eksiklik ise, kitle fonlaması veya elektrikli araç şarj istasyonları gibi yenilikçi iş modellerinin hayata geçebilmesi için Ar-Ge merkezi bulundurma gereksinimi gibi mekanizmaların var olmasıdır. Elektrikli araç şarj istasyonlarının ruhsat yükümlülüklerini düzenleyen "İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik", Nisan 2021'de yayınlanan değişiklik ile güncellenmiştir. Daha önce mevzuatta, elektrikli araç şarjı, operatörün ana faaliyet alanına dayalı olarak ruhsatta ikincil bir faaliyet olarak belirtilmişken; yapılan son değişiklikle birlikte, araç şarj istasyonu işleticisi ile istasyonun kurulacağı işyerinin farklı kişiler olması durumunda, ayrı bir ruhsat verileceği hükme bağlanmıştır. Mevzuatta "yetkili idare" tanımlandığından, bu istasyonlar topluluk mülkiyetinde (kitle fonlu, kooperatif veya kişisel satın alma vb.) olamaz ve yetkilendirilmek için bir Ar-Ge merkezinin bulunması gerekmektedir.

Şekil 36: *İş modellerinde mevzuat engelinin kapsamı*

Türkiye'deki düzenlemelerin yeni iş modelleri üzerindeki etkisi incelendiğinde, tüketicilerin enerji satmasına/satın almasına izin verilen bir yapının olmaması nedeniyle, P2P modelinin piyasada ciddi zorluklarla karşı karşıya olduğu anlaşılmaktadır. Toplayıcı modelleri, mevzuatta tanımlanmadıkları için yaygınlaşmakta güçlük çekmekte ve piyasaya katılımları mümkün olmamaktadır. ESCO modeli, mevzuatta tanımlanmış olmasına rağmen, henüz kesinleşmemiştir ve çeşitli düzenlemeler gerektirmektedir - bu nedenle mevzuat etkisi orta düzeyde olarak ifade edilebilir.

6.3 Sosyo-kültürel koşullar

Enerji talebinde beklenen artış ve enerji arzında yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yüksek pay alması sonucu, tüketicilerin elektrik kullanımları hakkında daha iyi bilgilendirilmeleri ve yönetiminde aktif rol almaları gerekecektir. Tüketici farkındalığını en üst seviyeye çıkarmak için sektör oyuncuları, teknoloji ve hizmet sağlayıcılar, elde edilebilecek değer ve faydaların aktarımı için tüketicilerle iletişim halinde olmalıdırlar.

6.3.1 Mesken tüketicilerinin mevcut dijital okuryazarlık ve farkındalık düzeyleri

Yeni iş modellerinin ve çoğu enerji verimliliği çözümünün teknolojik uygulamaları içereceği düşünüldüğünde, farkındalık teknolojiden başlamalıdır. Bunun için, dijital teknolojilerin kullanıcıları olan son tüketicilerin, dijital okuryazarlık düzeylerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de internet kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaya devam etmektedir. Türkiye'de 2016 yılında %58 olan internet yaygınlığı hızla artarak, 2020 yılında %76,7'ye ulaşmıştır. İnternet yaygınlık oranı açısından Brezilya, Hindistan ve Çin gibi gelişmekte olan ülkeleri geride bırakan Türkiye, diğer ülkelerle karşılaştırıldığında halen gelişmiş ülkelerin %90'lık oranlarının gerisinde kalmaktadır (Euromonitor, 2020). Türkiye'de akıllı telefon sahipliği de, 2010-2019 yılları arasında hızla artarak %18,6'lık bir yıllık bileşik büyüme oranı (YBBO) ile tüm hanelerin %72,3'üne ulaşmıştır (Euromonitor, 2019). Hanelerin %72'sinin akıllı telefonu olmasına rağmen, Türkiye'nin bireysel akıllı telefon yaygınlığında %62 ile gelişmiş ülkelerin hala gerisinde kaldığı görülmektedir (Euromonitor, 2020). Yaygınlık oranları ortalamanın üzerinde olmasına rağmen, internet kullanım oranı da yaş grubuna göre değişmekte olup, 24-35 yaşındakiler lider konumdadır (TÜİK, 2020). Dolayısıyla, Türkiye'de her tüketicinin aynı düzeyde dijital okuryazarlığa sahip olmadığı ortadadır. Gelişen teknolojilere uyum sağlamak için, tüketicilerin dijital okuryazarlık becerileri, eleştirel düşünme ve hâlihazırda mevcut ve yeni teknolojiler üzerine eğitimler yoluyla geliştirilmeli ve dijital dünya ile fiziksel dünyanın uygulamalarını bir araya getirmelidir. Ayrıca, dünyada, bu engeli aşmak için birçok tedarikçi, toplayıcı ve ekipman üreticisi, tüketici dostu çözümler sunmak için bir araya gelmektedir. Örneğin, merkezi Belçika'da bulunan ve şimdi Centrica Business Solutions tarafından satın alınan bağımsız bir talep toplayıcısı firma olan REstore, kontrol çiplerini ürünlerine kurmak ve böylece tüm ev aletlerinin, tüketicinin hiçbir çabası olmadan bir platform üzerinden

bağlanması (Arthur D Little, 2020) için bir elektrikli kazan ve ısı pompası üreticisi olan Itho Daalderop ile ortaklık kurmuştur. Benzer şekilde, Türkiye'de de dijitalleşme uygulamalarının tüketicilere yük getirmeden yapılması büyük önem taşıyacaktır.

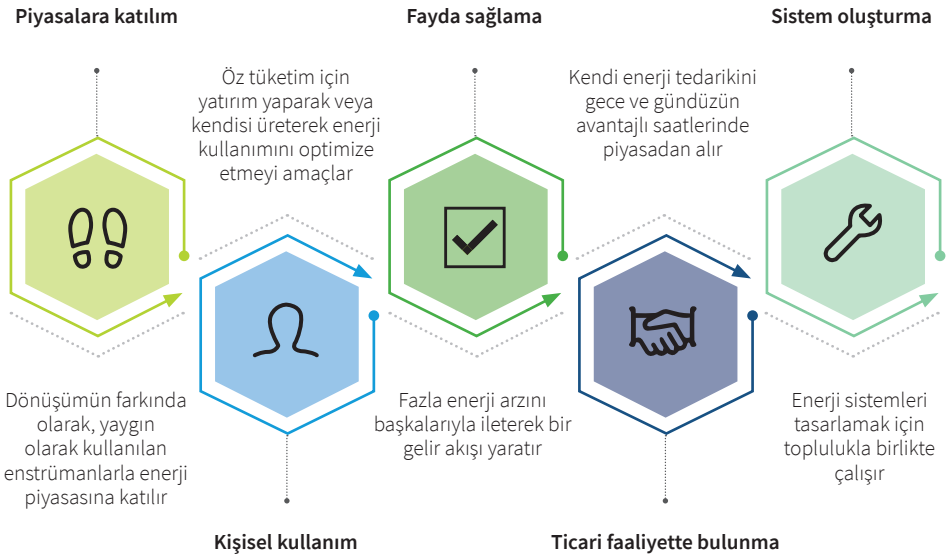
İkincisi, tüketicilerin hem Türkiye'de hem de dünyada gerçekleşen enerji dönüşümü ve enerji verimliliği çalışmaları konusundaki farkındalıkları, görece yetersiz kalmakta ve bu dönüşüme bakış açılarının genişletilmesi gerekmektedir. Türkiye'de enerji sektörünün teknoloji hizmet sağlayıcısı Endoks, yaklaşık 400 hane anketi ile evlerde enerji tüketimini azaltmak ve bu doğrultuda farkındalık yaratmak için 1 yıllık bir Ar-Ge projesi gerçekleştirmiştir. Katılımcıların %70-80'i enerji tüketimleri hakkında daha fazla bilgi edinmek istediklerini, ilgili hizmetler için ödeme yapmaya istekli olduklarını belirtmiş ve hatta 288 TL ücretli izleme cihaz kurulumlarına ilgi göstermişlerdir. Ancak, ücretsiz kuruluma rağmen bunu, örnek çalışmada sadece toplam 50 hane kabul etmiştir. Endoks vakası, son tüketicilerin söylemleri ve eylemleri arasında önemli bir boşluğu ortaya koymakta ve farkındalık düzeyinin son derece düşük olduğu görülmektedir. Diğer bir örnek, Finli hanelerin enerji farkındalık düzeyini ölçmek için 2020'de gerçekleştirilen bir çalışma olabilir. Çalışmada, katılımcılara enerji farkındalıklarını artırmak için daha fazla bilgi almaya yönelik ilgilerine dair birkaç soru sorulmuştur. Ortalama olarak, ankete katılanların %70'i ilgilendiklerini ifade etmiştir. Ancak, veriler daha fazla analiz edildiğinde, daha yüksek farkındalık düzeyine sahip katılımcıların konuyla ilgilendikleri, farkında olmayan katılımcıların ise bilgilerini geliştirmek istemedikleri görülmüştür (Trotta, 2020). Yenilenebilir enerji projelerinde öncü olan Danimarka'nın bir adası olan Ærø belediyesi, 2000 yılında topluluğa ait rüzgâr türbinleri kurmayı planlamıştır. Topluluk proje planlarını halka açık olarak paylaştığında, medyadaki bir kampanya aracılığıyla bir grup sakinin direnişiyle karşılaşmıştır. Medyada yayınlanan reklamlar, yerel turistik yerlerin resimleriyle birlikte, söz konusu grupların emlak fiyatlarında beklenen düşüşle ilgili endişelerini dile getirmiştir (Energize Co2mmunity, 2002). Bu nedenle, projeler çok yakın topluluklarda uygulanmalıdır ve güvenilir bir kurum aracı olarak hareket etmelidir.

Tüketici alışkanlıkları, bilinç düzeyinin kendisinde de kritik bir rol oynamaktadır. Tüketiciler, hala enerji ile ilgili konularda karar verici olmayı talep etmektedir. Sonuç olarak, teknoloji, kuralcı uygulamalarla otomatik karar vermeyi mümkün kılacak kadar gelişmiş olmasına rağmen, tüketiciler yalnızca teşhis çözümlerini tercih ederek dijital iş modellerinin gelişimini engellemektedir. Son tüketicilerin temel arzusunun enerji tasarrufu değil, enerji tüketimlerini izlemek olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, sübvansiyonlu fiyatlar, tüketicilerin enerji verimliliği bilincinin gelişmesini de engellemektedir. Tüketiciler, enerji kullanımları için büyük miktarda fatura ödemek zorunda kalırlarsa, elektrik kullanımlarını optimize etmenin yolları hakkında daha fazla bilgi edinmeye meyilli olabilirler. Tüketici alışkanlıkları ve bunların farkındalık düzeylerine etkisi ile ilgili bir diğer nokta ise, mesken tüketicilerinin enerjiyi değer üreten bir olgu olarak değil, sadece bir maliyet olarak algılamalarıdır. Son tüketici, yaratılan faydayı kendi başına fark edememekte ve örneğin, elektrik ucuzken ev aletlerini kullanmaya karar verememektedir. Bu nedenle, enerji dönüşümünün faydaları doğru bir şekilde anlatılmalıdır.

Son olarak, Türkiye'de enerji dönüşümüne hitap edebilecek yeni iş modelleri ve bunların potansiyellerine ilişkin bilgilerin eksik oluşu, bu çözümlerin yaygınlaşmasını engellemektedir. Tüketiciler için izlenecek beş aşama, yeni iş modellerinin tüm potansiyelini benimsemelerini sağlayacaktır. İlk adım, tüketicilerin tedarikçilerini değiştirerek ve akıllı cihazlar satın alarak maliyetlerini ve karbon ayak izlerini

azaltmak üzere enerji piyasasını anlamalarını ve piyasaya katılmalarını içerecektir. Sonrasında tüketici, kendi enerjisini üretmek ve yeni ulaşım yöntemleri için dağıtık enerji kaynaklarına yatırım yapacaktır. Üçüncü adımda ise, şebekeye olan bağımlılığı azaltmak için gerektiğinde başkalarına kendi enerji kaynaklarından üretilen fazla enerjisini sunmayı amaçlayacaktır. Daha sonra ise dijital platformlarda sanal alıcılara-satıcılara dönüşeceklerdir. Son olarak, içinde bulundukları topluluğun da yardımıyla, katma değerli sistemler tasarlayarak yolculuklarını tamamlayacaklardır.

Şekil 37: *Bir enerji tüketicisinin yolculuğu*



Kaynak: Deloitte Analiz

Sanayi sektörü oyuncularında enerji verimliliği bilinci, mesken ve ticari tüketicilere göre daha yüksek olduğundan, enerji tedarikçisi şirketlerin yeni alışkanlıklar kazandırmak için müşteri düzeyinde çözümler geliştirmesi gerekmektedir. Bu tüketicilerin satın alma kararı, diğerlerinde en iyi uygulamaları gözlemledikten sonra oluşmaktadır. Bu nedenle, farkındalığı artırmak için, bir başka olası çözüm, sürekli PR faaliyetleri ve rekabet gibi teşvik mekanizmalarını oluşturmak olabilir.

6.3.2 Ticari ve sanayi tüketicilerinin mevcut yaklaşımları ve dijital olgunluk seviyeleri

Türkiye'deki ticari binalar ve sanayi tüketicilerinin mevcut yaklaşımları değerlendirildiğinde, işletmelerin çeşitli nedenlerle yeni iş modellerine yatırım yapmaktan kaçındıkları görülmektedir. Bu nedenler, ilgili maliyetlere ve dijitalleşmeye bakış açıları ile rekabettir. Tek seferlik ödemeler yerine tekrar eden harcamalar gerektirebilecek dijital teknolojiler, genel olarak daha maliyetli olarak algılanmaktadır. Ayrıca, dijitalleşme uygulamalarına henüz öncelik verilmemiş olması, tüketicilerin iş modellerinden elde edebilecekleri faydaları kavramalarını zorlaştırmaktadır. Son olarak, yeni iş modellerinin hayata geçirilmesi için gerekli olan farklı aktörlerin işbirliği, bir yenilik olarak algılanmakta ve uyum sağlanması zaman almaktadır.

Dijital teknolojilerin, toplam proje maliyetlerini düşürme potansiyeli yüksek olmasına rağmen; halen Türkiye'de kurumsal şirketler, tekrar eden harcamalar ile yatırım maliyeti arasında finansal karşılaştırma yapma eğilimlerine devam etmektedirler. Uzun yıllardır, yatırım kararları alınırken, özellikle sermaye yatırımlarına öncelik verilmesi söz konusu olduğu üzere, farklı bir model olan performansa dayalı sözleşmeler bu durumdan olumsuz etkilenmektedir. Performansa dayalı sözleşmeler, işletmeler tarafından dolaylı giderler olarak görüldüğü ve sermaye harcamalarından daha yüksek olduğu düşünüldüğü

için, bu tür yeni projeler gündeme alınmamaktadır. Satın alma/yatırım sürecinde sermaye harcamaları hayati önem taşırken, performansa dayalı sözleşmeler ise satın alma işleminden sonra devreye girmektedir. Bu sözleşmeler belirli bir süre zarfındaki tüm bakım, işletme giderleri, danışmanlık hizmetleri, ölçme/doğrulama hizmetlerini kapsamaktadır. Sözleşmelere ilişkin finansal inceleme yapıldığında, sözleşme döneminde oluşacak birim maliyetler ile sözleşmelerin toplam yıllık maliyetleri kıyaslandığında, bu sözleşmelerin maliyetlerinin sanıldığı kadar yüksek olmadığı görülecektir.

Diğer yandan, ticari ve sanayi tüketicilerinin dijital olgunluk düzeyinin, enerji ile ilgili süreçlerin yönetimine olanak sağlayacak seviyeye gelmesine ihtiyaç vardır. Mevcut dijital olgunluk seviyeleri, enerji sektöründe dijitalleşmeden elde edilecek faydaların tam olarak sağlanamamasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, yeni iş modellerinde faaliyet göstermek isteyen oyuncular ve hizmet alacak olan tarafların, aynı fikirde olmaları ve amaçlanan faydalar konusunda ortak bir anlayışa sahip olmaları gerekmektedir. Dolayısıyla, sektör oyuncuları ile yapılan bu görüşmelerde aktif rol oynayacak firmaların üst düzey yöneticilerinin kendi içlerinde bir anlaşmaya varması faydalı olacaktır. Aksi takdirde, dönüşümün faydalarını anlatmak üzere yapılacak toplantıların sayısı da, süreçte gereken çaba ve operasyonel yük de artabilir. Ayrıca, kamu ve özel sektör arasındaki rol dağılımının özel sektör yönünde ağırlaştığı da görülmektedir. Ancak, piyasaya hâkim olan yeni girişimler, büyük şirketlerde, bürokrasi ve motivasyon eksikliği nedeniyle, sadece fikir olarak kalmakta ve eyleme dönüştürülememektedir.

Bunlara ek olarak, düşük dijital olgunluk seviyesi nedeniyle tüketiciler, siber güvenlik sorunlarına karşı da duyarsızdır. Siber güvenlik uygulamalarının gelecekte önemli tasarruflar sağlayacağının farkında olmadan, maliyetleri rekabetçi tutmak için, geleneksel çalışma yöntemlerini sürdürmeyi tercih etmektedirler. Zorlayıcı hükümlerin getirilmesiyle birlikte, siber güvenlik için çözümler talep görmeye başlayacaktır.
Son olarak, enerji sektöründeki işbirliği kültürü, iyileştirmelerin gerçekleştirilebileceği bir alan olarak görülmektedir. Sektöre yeni giren taraflar, potansiyel çözüm ortaklarından ziyade rakip olarak algılanabilmektedir. Küçük şirketleri destekleyen ve işbirliği modellerini daha da artıran modellere ihtiyaç vardır.

6.3.3 Kamu sektöründeki operasyonel uygulamalar, dijitalleşme perspektifleri ve farkındalık düzeyi

Kamu sektörü irdelendiğinde, Türkiye'de enerji dönüşümüne ilişkin operasyonel faaliyetlerin, dijitalleşme uygulamalarının ve farkındalık düzeyinin bir bütün olarak ele alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Enerji sektörü, gelecek için tanımlanmış hedefler gerektirmektedir ve bu da, sektör yol haritasını destekleyecek bütüncül ve sürdürülebilir politika ve düzenlemelere olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.
Bu nedenle, sektör oyuncuları, mevcut operasyonlarını değerlendirmeli ve yeni uygulamaları benimsemek için geliştirme alanlarını belirlemelidirler. Bu uygulamaların anlaşılması da belirli bir düzeyde dijital olgunluk gerektirecektir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması yoluyla yaşanan sektörel dönüşüm ile gelecekte yeni ihtiyaçların ortaya çıkabileceği ve bu ihtiyaçların yeni iş modelleriyle karşılanabileceği bilinci oluşturulmalıdır. Son olarak, uluslararası vaka çalışmalarının ve uygulamaların gözlemlenmesi, Türkiye'deki uygulamalar için kritik önemde olacaktır.

Orta ve uzun vadede beklenen enerji sektörü yapısına ilişkin hedeflerin netleştirilmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji, kurulu kapasite yapısı, enerji verimliliği hedefleri

ve emisyon azaltım hedefleri konusunda bütüncül bir bakış açısıyla uzun vadeli bir yol haritasının oluşturulması ve bu yol haritasının, farklı paydaşların bu doğrultuda hareket edebilmesi için, kamuoyuna açıklanması faydalı olacaktır. Örneğin, Türkiye'nin son dönemde Paris Anlaşması'nı onaylama kararı, karbonsuzlaşma hedeflerine ulaşmak için uzun vadeli uygulamaların benimsenmesini desteklemiştir. Ancak, bu süreci desteklemek için, daha fazla çaba sarf etmek de faydalı olacaktır. İklim krizinin ve hava kirliliğinin en büyük nedenlerinden biri kömür yakıtlı termik santraller olduğu üzere, önde gelen sivil toplum kuruluşlarından birisi olan Kömürün Ötesinde Avrupa (EBC), Avrupa'da iklim ve enerji konularında çalışmalar yürütmektedir. Fransa'nın 2022 yılına kadar, Yunanistan'ın 2028 yılına kadar, Hollanda ve Danimarka'nın 2030 yılına kadar, Almanya'nın 2038 yılına kadar olmak üzere kömürle çalışan santrallerini kapatma kararı aldığı duyurulmuştur. Türkiye'de ise enerjiden kaynaklı ithalatın azaltılması hedefi çerçevesinde yerli kömürle çalışan santrallerin kurulması halen teşvik edilmektedir. Enerjide dijitalleşmenin karbonsuzlaşma hedeflerine ulaşmamızda önemli bir araç olduğu düşünüldüğünde, kamuya açık, orta ve uzun vadeli net bir stratejinin yeni iş modellerinin ortaya çıkması ve yaygınlaşması için faydası tartışılmazdır.

Mevzuata ilişkin kararlar da, bir yandan sektörde tutarlılık ve süreklilik sağlanırken, diğer yandan da sektörün uzun vadeli ihtiyaçları ve ilgili kararların bütüncül etkileri dikkate alınarak verilmelidir. Avrupa Birliği, enerji ile ilgili hedeflerini sistematik olarak izlemek için 2020, 2030 ve 2050 için hedefler belirlemiştir; İklim ve Enerji Çerçevesi, 2030 yılına kadar AB için yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve sera gazı emisyonu hedeflerini belirlemiştir. Bu hedefler, yatırımcıların ilgili konuları açık ve kesin bir şekilde anlamalarını sağlamaktadır. Ancak, Türkiye'de emisyon azaltımına ilişkin baskılar nispeten daha düşük seviyededir. Hâlihazırda eski ve yüksek emisyon oranlarına sahip tesislere çeşitli yöntemlerle esneklik sağlanması sektörde belirsizlik yaratmaktadır. Diğer yandan, 6446 sayılı Kanun ve bu kanuna bağlı olarak çıkarılan ikincil mevzuat, 2013 yılından itibaren dağıtım şirketlerinin özelleştirilmesinden sonra lisans sahipleri ile tüketiciler arasındaki ekonomik dengenin korunması, değişen ekonomik koşullara göre tarifelere uyum sağlaması, hükümetin yerli ve milli enerji kullanım politikası çerçevesinde attığı adımlar, elektrik üretiminde kaynak çeşitliliğinin artırılması ve Cumhurbaşkanlığı Hükümet Sistemine geçişle kurumların yeniden yapılandırılması (Kızıl Voyvoda & Voyvoda, 2019)(Resmi Gazeteler) gibi farklı sebep ve amaçlarla 9 kez değişikliğe uğramıştır. Yaşanan mevzuat değişiklikleri de yeni iş modellerinin hayata geçmesi açısından belirsizliğe sebep olmaktadır.

Ayrıca, mevcut iş yapış yöntemleri ve yenilikçi yaklaşımlar kültürü açısından da iyileştirilmesi gereken alanlar bulunmaktadır. Dijitalleşme adımlarının planlanması ve hayata geçirilmesi inovasyon kültürünün organizasyonun işleyiş şekline entegre edilmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle, daha geleneksel yöntemlerle çalışan kamu kurumları için bu değişimin gerçekleşmesinin zaman alması kaçınılmaz gözükmektedir.

Dijital teknoloji ve uygulamaların benimsenmesi, mesken, ticari ve sanayi kullanıcılarına sağladığı faydalara benzer şekilde, kamu kurumlarının gelişmiş dijital olgunluk düzeyi ile doğrudan ilişkilidir. Bugüne kadar dijitalleşme, operasyon ve üretkenlik iyileştirme odaklı olarak benimsenirken, müşteri deneyimi hafife alınmıştır. Teknolojik dönüşümün neye hizmet edeceğini iyi belirlemek ve bir amaçtan ziyade bir araç olarak konumlandırmak gerekmektedir. Örneğin, EÜAŞ'ın başarıyla geliştirdiği yönetim ve otomasyon sisteminin, uzun vadede sürdürülebilirliği sağlamak adına, yerel ve küresel olarak piyasaya sürülmesi düşünülmelidir.

Mevcut durumda kolaylıkla yürütülen enerji operasyonları, gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artması ile yeniden yapılandırılmak zorunda kalacaktır. Örneğin, mevcut durumda, dengeden sorumlu taraflara verilen "yük atma" talimatı ile çözülebilen operasyonel durumlar, arz yapısında yeni enerji kaynaklarının artmasıyla mevcut operasyonel işleyiş ile çözülemez hale gelecektir. Yeni ihtiyaçlara şimdiden hazırlanmak çok önemlidir. Sektörde karşılaşılacak yeni ihtiyaçlar, ancak yeni iş modelleriyle karşılanabilecektir.

Küresel Enerji Derneği ve Dünya Enerji Konseyi gibi küresel işbirlikleri ve uluslararası vaka çalışmaları doğrultusunda, kamu kurumlarının gözlemlediği iyi uygulamaların Türkiye koşullarında uygulanmasında aksama ve gecikmeler yaşanabilir. Teknik başarıları dikkate alınarak Rusya, Japonya, Avustralya gibi ülkeler takip edilebilir. Örneğin, batarya çözümleri için Avustralya ve Birleşik Krallık gibi ada ülkeleri ve şebekeden bağımsız çözümler için Rusya incelenebilir.

6.3.4 Nitelikli işgücü

Enerji dönüşümü sürecinde kritik önemdeki nitelikli eğitim ve saha tecrübesine haiz işgücünün oluşturulması konusunda atılacak adımlar mevcuttur. Ayrıca, sektörel bilgi düzeyi yüksek ve teknolojiye hâkim, yenilikçi çalışanlar bulmak zordur. Türkiye, 2019 yılında yenilenebilir enerji teknolojileri piyasasında yaklaşık 88 bin iş fırsatı sağlamıştır (IRENA, 2019).

Bu engelle mücadele etmek için Türkiye'de bir girişim kurulmuştur. UNDP Türkiye kapsamında hayata geçirilen "Yenilenebilir Enerji Sektöründe Suriyeliler ve Ev Sahibi Topluluk Üyeleri için İstihdam Edilebilirliğin Artırılması Projesi", yenilenebilir enerji alanında eğitimli bir işgücü yaratarak Türkiye'de sürdürülebilir kalkınmaya, yerel sosyo-ekonomik kalkınmaya ve sosyal uyuma katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bursa, Kocaeli ve Konya'da 66 Suriyeli ve ev sahibi toplum mensubu kursiyerin katılımıyla gerçekleştirilen eğitimde, katılımcılara yenilenebilir güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi (UNDP TR, 2021) santrallerinin mevcut ekipman ve sistemlerinin kurulumu, bakımı ve onarımı konusunda mesleki ve teknik beceri eğitimi verilmiştir. Sektörün dijitalleşmesinde rol oynayacak teknolojileri kavrayacak işgücünün oluşturulması için, mesleki eğitime yönelik çalışmaların yanı sıra, üniversitelerin yazılım ile ilgili bölümlerinde de eğitimlerin verilmesi faydalı olabilir.

Sektördeki gelişimin sınırlı kalması ve diğer sektörlerce sağlanan daha yüksek ücretler gibi faydalar vb. çeşitli nedenlerle de nitelikli işgücünü piyasada tutmak zordur. EPDK'nın dönüşümü desteklemek üzere vereceği bir teşvik kararı, piyasada uzun vadeli bir ilgi uyandırabilir. Örneğin, şebekelerde çalışan Ar-Ge personeli ve çağrı merkezi personeli gibi müşteri temas noktalarında çalışan personel maaşının önemli bir kısmını EPDK'nın ödediği bilinmekte olup, bu teşvikler, dijital dönüşüm alanlarına da yayılabilir.

Şekil 38: *Sosyo-kültürel engellerin iş modelleri üzerindeki etkileri*

Engel puanlama analizi, Türkiye'deki sosyo-kültürel koşulların ve bununla birlikte gelen farkındalığın, tüm yeni iş modellerini oldukça yüksek seviyede etkilediğini göstermektedir. Bu iş modelleri, tüketicilerin tanınmasını veya aktif katılımını gerektirdiğinden, P2P işletmecileri, hizmet olarak enerji sunan firmalar ve ESCO'lar en çok etkilenenlerdir. Aynı şekilde toplayıcıların sunabileceği faydaların tüm taraflarca anlaşılması ve tüketicilerin farklı yapılar içerisinde ortak mülkiyetleri kullanacak seviyeye gelmesinin önünde de farkındalık seviyesi önemli bir engel teşkil etmektedir.

6.4 Finansal koşullar

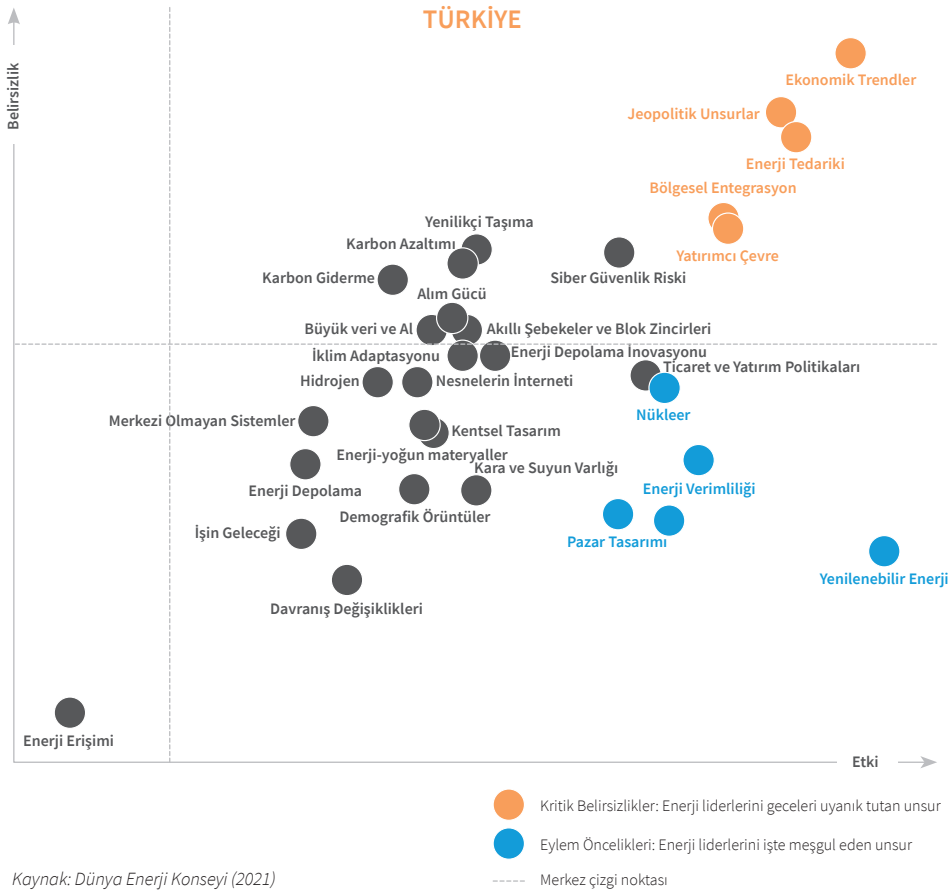
Türkiye ekonomisi, temel risk faktörlerinin enflasyon, döviz kuru oynaklığı ve emtia fiyatları olduğu bir dengelenme döneminden geçmektedir. Ekonomideki koşullar, enerji sektöründeki gelişmelerde temel belirleyici faktördür. Bu nedenle, yenilikçi iş modellerinin uygulanabilirliği, bir bütün olarak ekonomi ve son tüketicilerin ve şirketlerin mali durumu ile de ilişkilendirilebilir.

Bu noktada, The World Energy Issues Monitor, genel olarak aşağıdaki tespitlerde bulunmuştur:

1) Türkiye'nin enerji dönüşümü konusunda ilerleyebilmek için öncelikli eylem ve alanların en mantıklı şekilde belirlenmesi
2) Enerji sektörü liderlerinin takibinde olan kritik belirsizlikler veya sorunlar

Aşağıda yer alan şekil, politika yapıcıların, CEO'ların ve önde gelen uzmanların enerji dönüşümünü ele almak, şekillendirmek ve yönetmek için uğraştığı kritik belirsizliklerin ve eylem önceliklerinin özet bir tablosunu sunmaktadır.

Şekil 39: *Türkiye enerji konuları haritası*



Kaynak: Dünya Enerji Konseyi (2021)

Türkiye'de asıl belirsizlik alanının ekonomik trendler olduğu yukarıdaki şekilde de görülmektedir. Ekonomik trendler ve buna bağlı belirsiz yatırımcı ortamı, bekleneceği üzere, kritik belirsizlikleri de birlikte getirmektedir. Jeopolitik konum, enerji arzı ve bölgesel entegrasyon da kritik belirsizlik kapsamına girmektedir. Enerji sektöründeki yatırımcı ortamı ele alındığında; devam eden yatırımlar, finansmanın varlığı ve bunların enerji sektöründe neye veya nereye yatırılması gerektiğine ilişkin endişeler ön plana çıkmaktadır. Ayrıca enerji arzı yatırımları, enerji yatırımlarının ve arzının istikrarı için risk oluşturan fiyat dalgalanmalarından da etkilenmektedir. Bu koşullar, ilerleyen bölümlerde detaylı olarak açıklanan enerji sektöründeki yenilikçi iş modellerinin önünde engeller oluşturabilir.

6.4.1 Yüksek ilk yatırım maliyetleri

Enerji tesislerinin yatırım maliyeti ve uzun geri dönüş süreleri

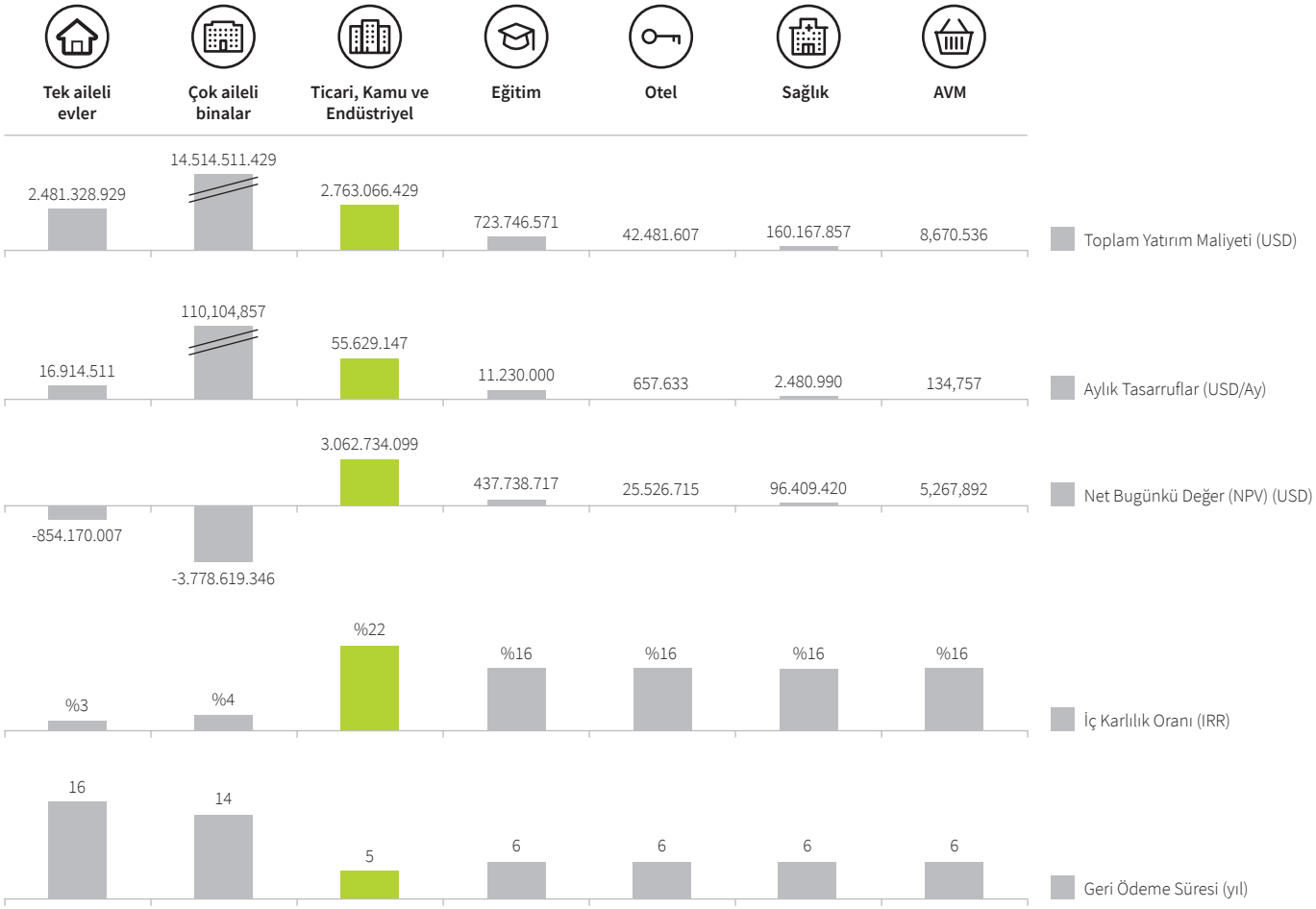
Güneş panelleri, bataryalar, elektrikli araç şarj istasyonları, bina ve sanayideki sistemlerin elektrifikasyonu gibi ilk kurulum maliyetleri, yatırımcıların önünde engel teşkil etmektedir. Bu tesislerin görece yüksek maliyetleri aşağıdaki başlıklardan kaynaklanmaktadır:

- Yenilenebilir teknoloji maliyetleri
- Tedarikçi sayısının sınırlı olması
- Türkiye'de enerji tesislerine ilişkin yetersiz üretim
- Enerji ekipmanlarının ihracatında, diğer ülkelerce uygulanan ithalat vergileri - Özellikle güneş paneli ihracatı için gözetim vergisi ve anti-damping vergisi

SHURA'nın çalışmasına göre, Türkiye'de konut binalarında 2020 yılında güneş paneli sistemlerinin ortalama maliyeti 1.500-2.000 ABD doları/kW arasında değişmekte ve güneş paneli sistemlerinin yatırım maliyetleri her yıl %10 ile %15 arasında azalmaktadır. Diğer yandan, bu maliyet seviyeleri, diğer bina türlerinde daha büyük kapasiteler için (10 ila 1.000 kW) 600 ABD/kW doları ila 1.200 ABD Doları/kW arasında olabilir. Ancak, güneş enerjisi sistemlerinin uygulanabilirliğini karşılaştırmak için, sistem yatırımlarının seviyelendirilmiş elektrik maliyeti (LCOE) hesaplandığında, meskenlerdeki çatı güneş sistemlerinin LCOE'si şebeke tarifesinden yaklaşık %30 ila %50 daha yüksek, buna karşılık mesken dışı diğer binalarda çok daha düşük olduğu görülmektedir (SHURA, 2020b). Günümüzde bu maliyetlerin hızla düştüğü de gözlemlenmektedir.

Güneş paneli sistemlerinin geri ödeme süreleri de, yatırımın karlı olup olmadığına ilişkin değerlendirmelerinde, yatırımcılar için kritik bir ölçüttür. Farklı bina tipleri için geri ödeme süreleri ve diğer etkilere aşağıdaki tabloda yer verilmiştir.

Şekil 40: *Türkiye genelinde güneş sistemleri yatırım geri ödeme süreleri ve diğer göstergeler*



Kaynak: SHURA (2020)

Yukarıdaki şekle göre, negatif Net Bugünkü Değerler, görece yüksek yatırım maliyetleri ve uzun geri ödeme süreleri ile mesken yatırımları, diğer bina türlerine kıyasla, yatırımcılar için tercih edilebilir durumda değildir. Fakat günümüzde yatırım yapılabilir seviyelere ulaştığı gözlemlenmektedir. Buna karşılık, 3.062.734.099 ABD Doları Net Bugünkü Değere sahip makul yatırım maliyeti ile aylık 55.629.147 ABD doları tasarruf, 5 yıl gibi oldukça kısa geri ödeme süresi ve %22 IRR sağlayan ticari, kamu ve sanayi binaları öne çıkmaktadır. Türkiye'deki koşullar dikkate alındığında, güneş projelerinin önünde büyük bir engel olarak görülebilecek makroekonomik, sektörel ve projeye özgü belirsizlikler nedeniyle, yatırımcılar uzun vadeli (5 yıldan fazla) sözleşme yapmaktan kaçınmaktadırlar.

Yüksek ilk yatırım maliyetleri ve bunların enerji projelerini nasıl engelleyebileceğine örnek olarak, Avustralya'da AGL Energy tarafından yürütülen bir VPP projesinde, şirketin konutlar için batarya dağıtımında yaşadığı zorluklar gösterilebilir. Bataryaların, müşteriler için oluşan yatırım maliyeti, satış konusundaki en hassas değişken olmuştur. Daha düşük fiyata odaklanan pazarlama kampanyaları, çok daha yüksek başarı oranları sergilemiştir. Bu kampanya, temel sorunun, bataryanın ilk alım maliyeti olması nedeniyle, yalnızca sınırlı bir başarı elde etmiştir. Bataryanın ilk alım maliyetinin, satışlardaki ana belirleyici unsur olduğu kabul edildiğinde, başarılı bir kampanya için cazip fiyat politikalarına odaklanılmalıdır. 2018 yılının sonlarında, iki farklı dağıtım bölgesi seviyesinde yapılan çok küçük bir deneme ile AGL, 1.000 doların altında bir fiyat ile sekiz meskene, batarya satışı teklif etmiş ve batarya alış oranlarının önceki

hedeflenen pazarlama kampanyasından (Energy, 2020) önemli ölçüde daha yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Enerji tesislerinin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle potansiyel yatırımcılara yönelik finansal teşvikler önem arz etmektedir. Genel olarak, bu tesisler bir kez faaliyete geçtiğinde, işletme maliyetleri nispeten düşük olmaktadır. Finansman sağlandıktan sonra, yatırımcılar için kredinin geri ödenebilmesi adına projelerin geri dönüş süresi önem kazanırken, potansiyel yatırımcıların fizibilite çalışmaları yapabilmeleri için fiyatlama modelinin veya yatırım yapılarak kaçınılan elektrik maliyetlerinin net olarak belirlenmesi gerekmektedir (SHURA, 2021b).

Altyapı maliyeti

Enerji sistemini dönüştürmek, sadece enerji tesisi kurulumunu değil, aynı zamanda daha esnek bir altyapıya yatırımı yapılmasını da gerektirmektedir. Son tüketiciyi merkeze alan yeni iş modellerini uygulamak için, akıllı şebeke altyapısına; akıllı sayaçlar, sensörler, kontrol sistemleri ve dijital bağlantılar gibi ek yatırımlar yapılması gerekmektedir. Özellikle imalat sanayinde ve binalarda enerji talebinin yönetilmesine ve tüketicilerin talep tarafı katılımına ve enerji üretimine katkıda bulunmasının sağlanması için akıllı sayaçlar, sensörler, kontrol sistemleri gibi destekleyici altyapıların kurulması, işletilmesi ve planlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, bu altyapı yatırımlarının maliyeti oldukça yüksek olabilmekte ve yenilikçi iş modellerinin uygulanmasına engel teşkil etmektedir.

ELDER'in (Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği) açıklamasına göre, Türkiye'de, 37-38 milyonu mesken tüketicisi olan yaklaşık 42 milyon tüketici vardır . 37-38 milyona ulaşan mekanik elektrik sayaçlarının akıllı sayaçlarla değiştirilmesi durumunda, sayaç başına minimum 70-80 Euro, toplamda 3 ila 3,5 milyar Euro'ya ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle, finansal zorluklar ve bütçe gereksinimleri göz önüne alındığında, anlık veri iletebilen akıllı sayaçlara geçişin zamana yayılması gerekeceği düşünülmektedir (Ajansı, 2018).

VPP işletmecileri açısından, sanal santrallerin oluşturulması ve işletilmesi için dağıtık üretimden gerçek zamanlı veri çekişi gereklidir. Bunun için akıllı sayaçlar, geniş bant iletişim altyapısı, şebekenin uzaktan yönetimi ve otomasyon sistemleri (şebekenin dijitalleşmesi) gerekmektedir. VPP işletmecileri ve bağlı DEK arasında gerçek zamanlı iletişim gereklidir. Bu gerçek zamanlı iletişim, toplanan veriler talebin daha iyi şekilde tahmin edilmesinde kullanıldığından dolayı şebeke verimliliğini artırmaya yardımcı olmaktadır. İlk maliyetleri enerji sistemi paydaşları için külfetli de olsa, iki yönlü iletişim cihazları önemlidir. (IRENA, Business Models Collection, 2020).

Teknoloji maliyeti

Teknoloji, hızlı bir şekilde gelişmekte ve teknolojik gelişmeler hayatımızın her alanını değiştirmektedir. AI, teknolojik gelişmeleri yönlendiren başlıca faktördür. Ancak, bu akıllı çözümlerin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, yatırımcıların Türkiye'de aktif olmasına engel olmaktadır. Özellikle talep tarafı katılımı ve akıllı ev teknolojileri gibi AI kullanan akıllı çözümler, elektrik tarifesine göre daha maliyetli teknolojiler olarak değerlendirilmektedir.

AI, patentli olması ve amaca özel olarak geliştirilmesi nedeniyle işletmeler için pahalı bir çözüm olabilir. AI, aynı zamanda, verilerin toplanması, temizlenmesi ve etiketlenmesini gerekli kılmakta ve donanım yatırımı da gerektirmektedir. AI

maliyetlerini belirlemek için mevcut fiyatlandırmayı etkileyen faktörleri anlamak çok önemlidir:

- **Yazılım türü:** AI maliyeti, karmaşıklığına, performansına ve yazılımın amacına göre farklılık gösterir.
- **AI uygulamasının zekâ seviyesi:** AI uygulamasının zekâ seviyesi, görevleri yerine getirmek için ihtiyaç duyulan kullanıcı müdahalesi ve talimatı seviyesine göre belirlenebilir.
- **AI algoritmasının performansı:** AI tahminlerinin doğruluğu ve verimliliği ne kadar yüksek olursa, bu çözümlerin uygulanmasının maliyeti o kadar fazla olacaktır.
- **AI çözümünün karmaşıklığı:** Bulut tabanlı bir arka yüzlü, ETL (yani ayıklama, dönüştürme, yükleme) / streaming araçları (gerçek zamanlı verilerin işlenmesi ve bir yerden diğerine taşınması için), sesli yardımcılar, bulut panosu ve diğer hizmetleri olan uygun AI yazılımı oluşturma maliyeti, çözümün karmaşıklığını etkileyen önemli bir faktördür.
- **AI uygulamasının ihtiyaç duyacağı veri miktarı:** AI cihazları, sisteme yüklenen verilere göre performans gösterir. Özellikle yapılandırılmamış veriler, sistem için yüksek maliyetler oluşturabilmektedir.

Şekil 41: *Farklı portföylere dayalı yapay zekâ fiyatlandırması*

1. Gereksinimleri belirleme	2. Prototip uygulaması	3. Minimum uygulanabilir ürün (MPV)	4. Ürün sürümü
AI projesinin fizibilitesini analiz etmenin yanı sıra proje hedefleri ve gereksinimleri hakkında araştırma yapmak	Tam bir çözüm geliştirmeye başlamadan önce şirketlerin olası tuzaklardan kaçınmasına yardımcı olacak bir prototip geliştirmek	AI ürününün amaçlanan sonuç için gerçekten herhangi bir değer sağlanıp sağlanamayacağını öğrenebilmek	Piyasaya sürülmesi beklendiği üzere tam işlevsellik ve özelliklere sahip eksiksiz bir geliştirme
ÜCRETSİZ	~USD2500	~USD8000 - ~USD15000	~USD20000 - ~USD1000000

Kaynak: Analitik Insight (2021)

AI teknolojilerinden yararlanmak bugün bir servete mal olmasa da, kuruluşların %76'sı, yüksek ilk maliyetler nedeniyle AI yatırımlarını zor karşılamaktadır (PwC, 2021). AI yatırımları, Türkiye'deki koşullara göre de henüz istenilen düzeyde değildir. ABD ve Çin'de AI'ye odaklanan girişim sayısı 2.000'e ulaşırken, Türkiye'de bu sayı 200 civarındadır (Ajansı, 2021). AI'nin azalan uygulama maliyeti ve bu teknolojilerin işletmelerde daha geniş çapta benimsenmesiyle, bu sayının artması beklenmektedir.

6.4.2 Döviz kurlarından kaynaklanan baskı

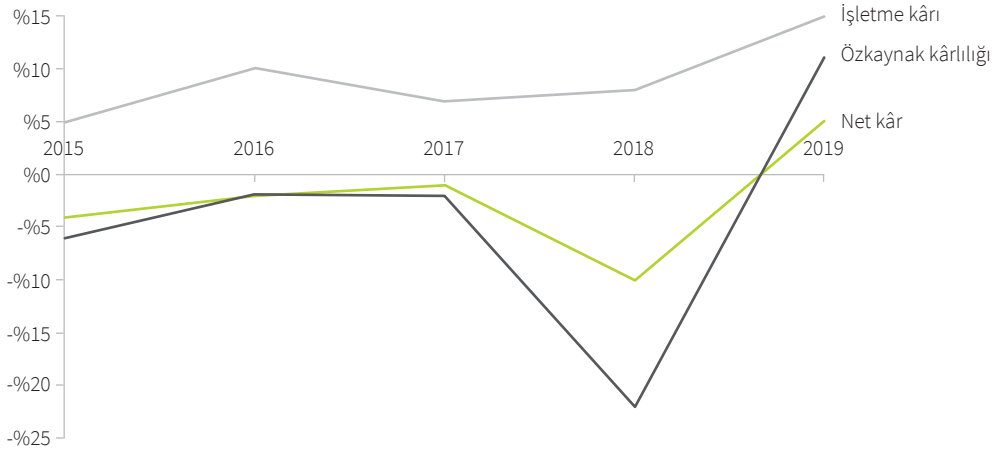
Türkiye'de yatırımların finansmanında makroekonomik koşullar açısından nispeten kırılgan bir yapı bulunmaktadır. Döviz kurlarındaki dalgalanmalar da dâhil olmak üzere, belirsizlikler yatırımların fizibilitesini ve geri dönüş süresini etkilemektedir. Yatırımlar ve finansmanın genellikle döviz cinsinden olması, önemli bir engel olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenlerle, siyasi mekanizmaların döviz kuru ve vade uyumsuzluğu (SHURA, 2019a) gibi yapısal olumsuz etkileri azaltacak şekilde tasarlanması beklenmektedir.

Halen Türkiye'de şirketler zaman zaman kaynak bulmakta zorlanmaktadır. Türkiye'de elektrik sektörüne yönelik giderlerin döviz, gelirlerin ise Türk lirası olması yatırımcılar için belirsizlik yaratmaktadır. Özellikle bir sanayi yatırımı için, proje sözleşmeleri döviz ve finansman riskleri barındırmaktadır. Diğer yandan, müşterilerin yeni işlerdeki uzun yatırım süreci öngörüleri, bu yatırımların cazibesini kaybetmesine neden olmaktadır. Bu nedenlerle sanayiciler, uzun vadeli iş yapma yaklaşımına girmemekte ve kısa vadeli yatırım getirisi olan projeleri tercih etmektedirler.

6.4.3 Kâr marjları

Elektrik sektöründeki düşük kar marjları, yenilikçi iş modellerinin ortaya çıkmasına engel olan başlıca etkenlerden biridir. Enerji şirketleri düşük marjlarla çalıştıkları için, paydaşlar arasında paylaşılacak değer azalmaktadır. Aşağıdaki grafik, elektrik enerjisi sektörünün yıllara göre karlılık oranlarını göstermektedir. Grafikte hem net kâr marjı hem de özkaynak kârlılığı oranının 2019 yılına kadar sıfırın altında olduğu görülmektedir.

Şekil 42: *Elektrik enerjisi sektörünün kârlılık oranlarının yıllara göre gelişimi*



Kaynak: Elektrik Enerjisi Sektörünün Finansal Performanslarının Oran Analizi Yöntemiyle Analizi – JOURNAL OF BUSINESS REEARCH

İstanbul Sanayi Odası'nın (İSO) Türkiye'nin en büyük 1.000 sanayi kuruluşu için yaptığı bir başka araştırmada, 13 sektörün yatırılan sermaye getirisinin (ROIC), ağırlıklı ortalama sermaye maliyetinden (WACC) daha yüksek olduğu, varlık büyüklüğü yüksek olan gıda, enerji ve tekstil sektörlerinde ise kârlılığın, maliyetlerin altında kaldığı (SHURA, 2019a) tespit edilmiştir.

Avustralya'daki durum incelendiğinde, elektrik fiyatlarında sürekli aşağı yönlü bir hareket gözlemlenmiş ve hatta belirli zaman dilimlerinde ise negatif fiyatlar ortaya çıkmıştır. Bu şartlar altında VPP modeli düşünüldüğünde ortaya çıkacak değeri paylaşmak daha zor olacaktır. Tüm yeni iş modellerinin önündeki en büyük engellerden birisi, düşük enerji fiyatı ve bunun karlılık üzerindeki olumsuz etkileridir. Başlangıç noktası olarak, kWh cinsinden satılan enerjiye ek olarak, değer yaratmanın yeni yollarını bulmak için son tüketicilere farklı hizmetler sunulması dikkate alınmalıdır.

6.4.4 Sınırlı şirket bütçeleri

Türkiye'deki enerji sektöründe de diğer sektörlerde olduğu gibi yatırımlar için sermaye birikimi eksikliği bulunmaktadır. Bunun nedeni, enerji şirketlerinin kaynaklarının kısıtlı olması ve yüksek giderleri nedeniyle bütçe planlamasında bu yatırımlara sınırlı pay ayırmalarıdır. Türkiye'de enerji yatırımlarının toplam sabit sermaye yatırımları içindeki payı 2009 yılına kadar %5,3'e kadar yükselmiş ve daha sonra sürekli olarak azalmıştır (T.C. Strateji ve Bütçe Daire Başkanlığı, 2019). Ayrıca, yatırımların hızlanması nedeniyle diğer sektörlerin paylarının artması da enerji yatırımlarındaki bu oransal düşüşün nedeni olabilir. Ayrıca, bugüne kadar mevcut olan veriler, 2015'ten bu yana kaydedilen enerji verimliliğine dair birkaç ilgili anlaşmayla birlikte, Türkiye'de yerleşik enerji girişimlerinde sınırlı risk sermayesi faaliyetini göstermektedir (Agency, 2021). Yenilikçi iş modellerinin gündeme geldiği önümüzdeki günlerde, şirketlerin bu iş modellerini hayata geçirmeleri için enerji yatırımlarına daha fazla kaynak ayırması önem arz etmektedir.

6.4.5 Bankacılık ve enerji sektörleri arasında sinerji eksikliği

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın tahminlerine göre, önümüzdeki 30 yıl içinde iklim dostu bir yol haritasına sahip olma küresel hedeflerine ulaşmak için, dünya genelinde 2018-2050 yılları arasında 110 trilyon ABD doları, yıllık bazda ise ortalama 3,4 trilyon ABD doları yatırım ihtiyacı bulunmaktadır. 110 trilyon ABD doları tutarındaki gerekli yatırımın kırılımı göz önüne alındığında, enerji verimliliği çözümleri için 37 trilyon ABD dolarından fazlasına, yenilenebilir için 27 trilyon ABD dolarına, son kullanım sektörlerinin (örneğin elektrikli araçlar ve ısı pompaları) elektrifikasyonu için 13 trilyon ABD dolarına ve enerji şebekeleri ile akıllı sayaçlar ve enerji depolama gibi enerji esnekliği sağlayan yöntemler için 13 trilyon ABD dolarına ihtiyaç duyulacaktır. Mevcut durum devam ederse, yatırım ihtiyaçları, mevcut yatırım seviyelerinin (IRENA, 2020) üzerinde görünmektedir. Hem enerji dönüşümü açısından hem de mevcut durumun sürdürülmesi açısından, yatırımlar için finansman hacminin genişletilmesi ve ek kaynak yaratılması ihtiyacı hayati hale gelmektedir. Türkiye'de enerji sektörü, özellikle doğalgaz ve petrol şebeke ölçekli yatırımlar için finansman fırsatlarından en fazla yararlanan sektörlerden biri olmasına rağmen, yenilenebilir üretim, mikro şebekeli tüketici teklifleri, elektrikli araç şarj istasyonları, VPP finansmanı veya ESCO modellerinin uygulanması gibi yenilikçi çözümlerin risk algısı bankacılık sektörü açısından oldukça yüksektir. Bu nedenle, makul faiz oranlarında finansman seçeneklerinin bulunabilmesi için, bu projelerin çok net bir şekilde finans kuruluşlarına aktarılması, bununla birlikte yeterli zaman ve çabanın gösterilmesi gerekmektedir.

6.4.6 Yetersiz finansman

Şirket sermayelerinin yetersizliği, enerji dönüşüm projelerinde finansman kullanma ihtiyacını doğurmaktadır. Geçtiğimiz 30 yıl, küresel ölçekte finansmana erişimin ve finansal derinleşmenin büyük önem kazandığı bir dönem olmuştur. Buna rağmen, enerji başta olmak üzere altyapı yatırımlarına yönlendirilebilecek orta ve uzun vadeli kaynaklar sınırlı kalmıştır. Özel sektör tasarruflarının daha çok enerji dönüşümüne yönlendirilmesi, ihtiyaç duyulan finansmanın sağlanmasında önemli rol oynayacaktır. Türkiye'de enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji yatırımları için kullanılan finansman oranının yüksek olması, yatırımlardaki finansman seçeneklerinin enerji sektöründe, diğer sektörlere göre daha yaygın olarak kullanıldığını göstermektedir. Nitekim 2002-2018 döneminde toplam bankacılık kredileri %340 artarken, enerji sektörü kredileri %2.750 artmıştır. Ayrıca, enerji sektörünün toplam kredi yükümlülüğü 57,4 milyar ABD doları civarında olup, bu tutarın 45 milyar ABD doları veya %79'u orta-uzun vadeli borç stokundan oluşmaktadır. Enerji dönüşüm yatırımlarının borçlanma oranı %60-65 civarındadır. Sonuç olarak, hacim, kaynak çeşitliliği ve finansman modelleri açısından dönemin ihtiyaçları ve öncelikleri bağlamında gerek ulusal gerekse uluslararası ölçekte sektörün finansmanına yönelik önemli bir deneyim ortaya çıkmıştır. Ancak Türk lirasının 2018 ortalarından itibaren hızla değer kaybetmesi ile birlikte, Türk ekonomisinde sıkıntılar baş göstermiştir (SHURA, 2019a).

Konjonktür sıkışıklığı, enerji sektöründe uzun vadeli planlamalarda geçici bir duraklamaya neden olurken, sektörde enerji dönüşümü perspektifinden yeni ihtiyaç ve öncelikleri öne çıkarmaktadır. Bu noktada finansman maliyetleri çok yüksek olduğu için, Türkiye'de enerji projelerini finanse etmek zorlaşmaktadır. Örneğin, ESCO'lar finansal olarak pratik güçlerini kaybetmişlerdir. Uygulamada %20'lik bir kazanç yeterli görünse de, finansman artık %25 maliyetle bulunabilmekte ve bu durum, ESCO şirketlerinin uygulamada zorluklar yaşamalarına sebep olmaktadır.

Litvanya'daki Smalininkai köy derneği, benzeri bir mali zorlukla karşılaşmıştır. Proje; yüksek beklentilere rağmen, düşük elektrik üretimi ve proje finansmanındaki zorluklar nedeniyle, başarısız olmuştur. Şirketler, yenilenebilir enerji projeleri için borç para alma konusunda toplum temelli kuruluşlara kıyasla önemli bir avantaja sahiptir. Projedeki ilk fikir, projenin %40'ını banka kredisi ile kalan %60'ını ise hibe ile finanse etmek olmuştur. Köy derneğinin karşılaştığı bir diğer engel de, kendilerine kredi verecek banka bulmaktaki zorluk olmuştur. Litvanya'daki ilk toplu rüzgâr projesi olmaları nedeniyle, bankaların topluluk liderliğindeki projeler için finansman prosedürlerine alışkın olmaması engelleyici olmuştur. Ayrıca, köy derneğinin herhangi bir varlığı olmadığı için, proje liderleri, kredi teminatı olarak kendi evlerini ipotek ettirmek zorunda kalmışlardır. Kredinin faiz oranı başlangıçta %6 olmasına rağmen, o sırada Avrupa'yı vuran mali kriz nedeniyle, %16'ya kadar artmıştır (Avrupa Birliği - co2mmunity, 2018).

Türkiye'de enerji dönüşümünde ilerleme sağlamak amacıyla, finansman fırsatlarının kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi, finansman kaynaklarının yeni teknolojilerin sunduğu fırsatlar doğrultusunda çeşitlendirilmesi ve yenilikçi finansman modellerinin incelenmesi gerekmektedir. Örnek olarak, finansal kuruluşlar da dâhil olmak üzere ESCO modelinde teknik/kredi riskinden korunma mekanizmalarını içeren yenilikçi modeller, bu iş modelinin yaygınlaşmasında çok önemli olacaktır. Sözleşme tarafının kim olduğuna bağlı olarak, bir teminat ve sigorta mekanizması oluşturulabilir. Bu sayede, bankalar da sigortayı kullanarak, teminat miktarını azaltabilmektedirler. Türkiye'de tasarım ve performansı sigortalayan bir sistem kurulabilir. Hâlihazırda az sayıda güneş enerjisi projesi sigortalı olmakla birlikte, büyük uluslararası sigorta şirketleri, enerji verimliliği projeleri için bu çözüme sıcak bakmamaktadırlar.

Şekil 43: *İş modelleri bazında finansal engeller*

Engel puanlama analizi, Türkiye'deki finansal koşulların yenilikçi iş modelleri üzerinde büyük etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Talep toplayıcılar, her ne kadar maliyetli tesisler (yenilenebilir tesisler, depolama sistemleri vb.) kurmak zorunda olmamaları nedeniyle nispeten daha az etkilenmiş gibi görünse de, finansal koşullar aşılması gereken önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

6.5 Teknolojik altyapı

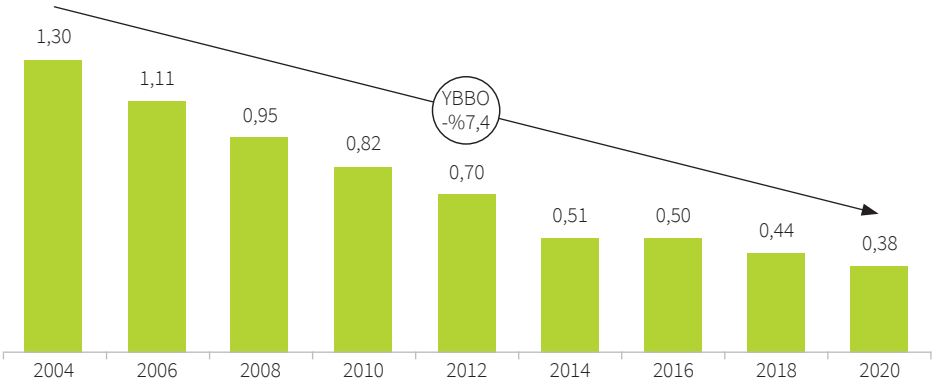
6.5.1 Donanım

Türkiye enerji sektörünün dönüşümünde rol oynayacak yeni iş modellerinin hayata geçirilmesi için verilere erişim kritik öneme sahiptir; ancak, donanıma ilişkin 3 ana kısıt bunların yaygınlaşmasını yavaşlatmaktadır. İlk olarak, enerji üretimini ve tüketimini izlemek için sensörler kullanan nesnelerin interneti (IoT) uygulamaları, Türkiye'de henüz gelişme sürecinin ilk aşamasındadır ve olgunlaşması biraz zaman alacaktır. Ayrıca, akıllı sayaçların benimsenmemesi ve mekanik sayaçların kullanılmaya devam edilmesi nedeniyle, verilere gerçek zamanlı olarak erişilememekte, bu da

veri güvenilirliği ve kalitesi açısından risk oluşturmaktadır. Son olarak, depolama sistemlerinin kullanımının henüz ilk aşamalarda olması, yenilenebilir enerji kaynaklarından en fazla değeri elde etmeyi zorlaştırmaktadır.

Nesnelerin İnterneti, sensörler kullanarak gerçek zamanlı olarak birbirleriyle iletişim kurmalarını sağlayarak, birden fazla cihazı, insanı, veriyi ve süreci birbirine bağlamaktadır. Enerji üretim sürecinin her adımında kullanılan bu sensörler, akıllı algoritmalar vasıtasıyla enerji üretim yapısının, hesaplamalarının ve optimal karar alma sürecinin izlenmesine olanak tanımaktadır. Sensörlerin bakımının ve çalıştırılmasının, nesnelerin internetinin yaygın kullanımından önce çok daha pahalı olması, enerji endüstrisinde sınırlı kullanımına neden olmuştur. Ancak IoT uygulamaları daha yaygın hale geldikçe daha ekonomik hale gelmiştir. Bir IoT sensörünün ortalama fiyatı 2004'te 1,3 ABD dolarından, 2018'de 0,44 ABD dolarına düşmüştür (Microsoft Dynamics 365, 2019). Böylece, Türkiye'de sensörler aracılığıyla verilere erişimin giderek kolaylaşması beklenmektedir. Türkiye merkezli IoT girişim şirketi Skysens, düşük enerjili uzun mesafe modülü üzerinden tek batarya ile 10 yıl çalışabilen ve 15 km mesafeden internete veri aktarabilen sensör altyapısı geliştirmiştir. Şirket, sağlanan avantajların kolay kurulum ve düşük maliyet olduğunu ve düşük enerjili sensörlerin yüksek talep gördüğünü ifade etmiştir (Şahbaz, 2021).

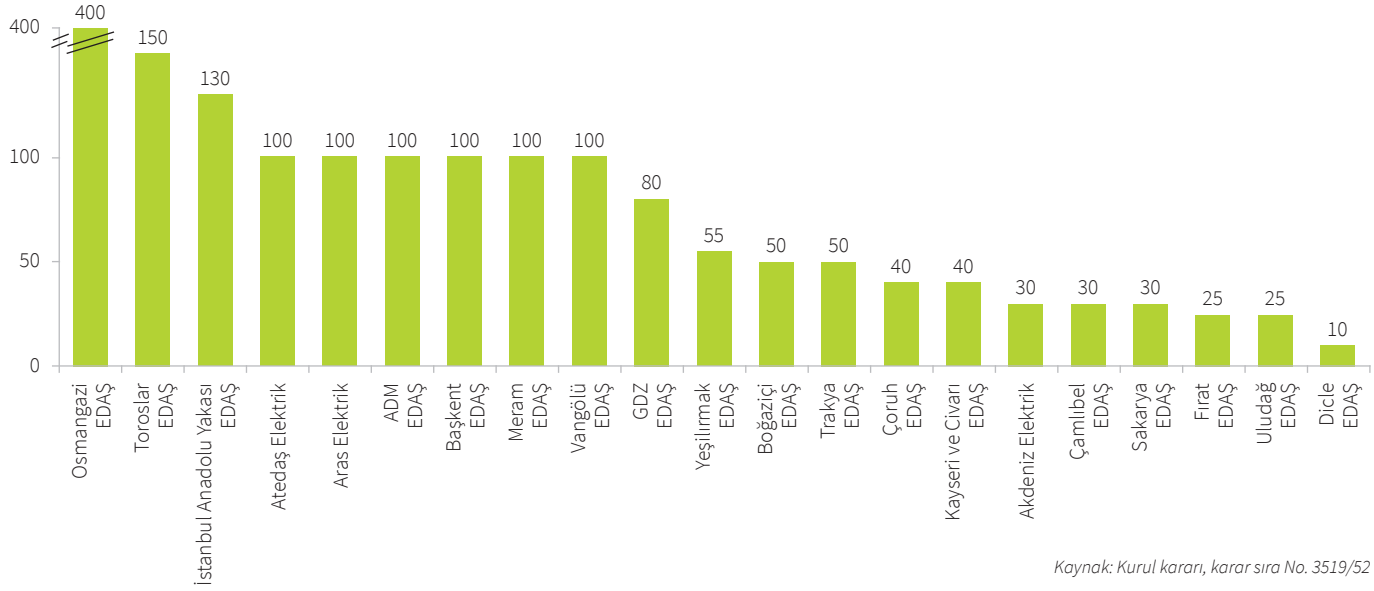
Şekil 44: *IoT sensörlerinin ortalama maliyeti (ABD doları)*



**YBBO: Yıllık Bileşik Büyüme Oranı*
Kaynak: Statista, Deloitte analizi

Akıllı sayaç uygulamaları, enerjinin üretim, iletim ve dağıtım aşamalarında en verimli şekilde kullanılmasını sağlamak için elektrik şebekelerini bilgi teknolojileriyle birleştiren akıllı şebeke sistemlerinin önemli bir parçasıdır. Akıllı sayaç uygulamaları, uzaktan sayaç okumaya izin vermek, faturalama gibi iş faaliyetlerini azaltmak ve enerji kullanımını yönetmek için tasarlanmıştır. Türkiye'de akıllı şebekelerle ilgili çalışmaların temelini otomatik sayaç okuma sistemi (OSOS) oluşturmaktadır. OSOS kapsamında iletişim tek yönlü olarak gerçekleştirilmekte ve merkezi sisteme sadece sayaç verileri iletilmektedir. Belirli bir tüketim kapasitesinin üzerindeki dağıtım şirketlerinin abonelerinin OSOS kapsamında olması zorunludur. Belirlenen bu limitler, uygulamanın yaygınlık düzeyinin daha da büyüyebileceği bir alanın olduğunu göstermektedir. Bu kural, ayrıca, normal bir son tüketicinin yıllık enerji tüketiminin yaklaşık 1,6 MWh (EPDK, 2020) olduğunu kabul ederek, küçük tüketicileri kapsam dışında bırakmaktadır. OSOS üzerinden veri paylaşımı için gerekli altyapıyı sağlamak, dağıtım şirketlerinin sorumluluğundadır. Bu şirketler, her fatura döneminde paylaşılan bilgiler için ücret talep edemese de, daha kısa sürelerde ek OSOS verilerinin toplanması için ücret talep etmektedirler. Ancak Kişisel Verilerin Korunması Kanunu, bu verilerin toplanması, yönetilmesi ve paylaşılması konusunda engel teşkil etmektedir.

Şekil 45: *Dağıtım şirketlerinin OSOS tüketim limiti, MWh/yıl*



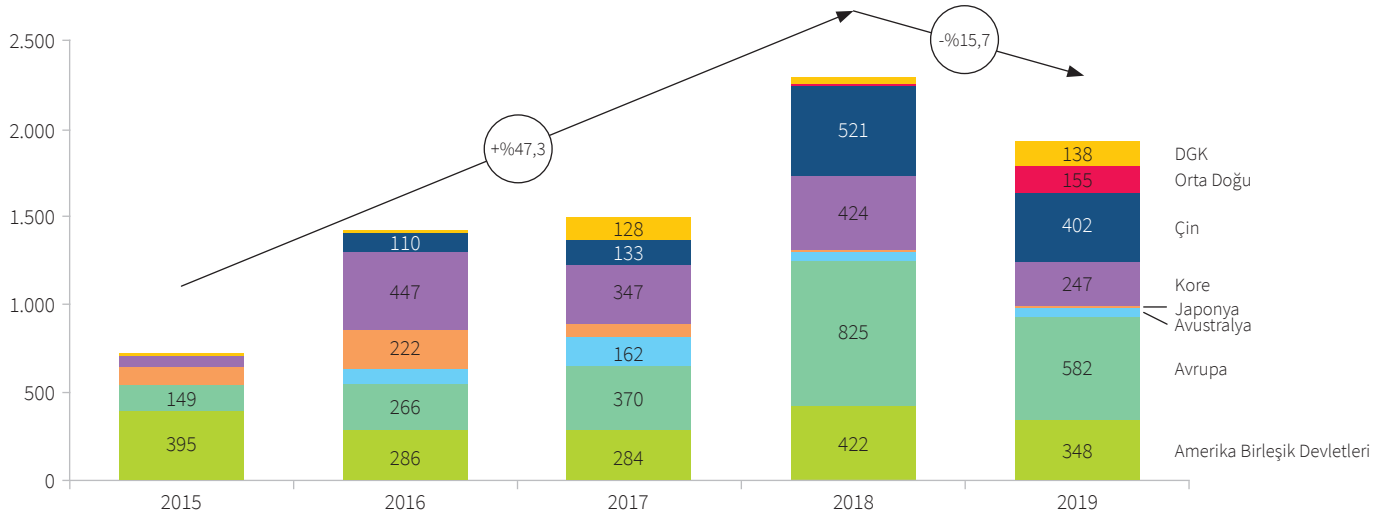
Kaynak: Kurul kararı, karar sıra No. 3519/52

Sayaçlar, teknolojisine göre mekanik veya elektronik olarak sınıflandırılır. Türkiye'de mekanik sayaçlar halen yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanımları artmaya başlasa da akıllı sayaçların sayısı sınırlı kalmaktadır. Akıllı sayaçların sayısının az olması nedeniyle, kullanıcı verilerini toplamaya devam etmek için insan kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği'ne (ELDER) göre, Türkiye'de sayaçlar herhangi bir iletişim kanalı üzerinden bir merkeze veri iletme özelliğine sahip değildir ve ayda sadece bir kez manuel olarak veri toplanabilmektedir. Ayrıca, yaklaşık 38 milyon konut sayacının, akıllı sayaçlarla değiştirilmesinin yaklaşık 3,5 milyar Euro'ya mal olacağını ileri sürmüşlerdir (Şengül, 2018). Mali zorluklar ve bütçe kısıtlamaları nedeniyle kademeli bir dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır. İnsan kaynağı ile yönetilen bir sistem, hata yapma olasılığına bağlı olarak, verilerin güvenilirliği ve kalitesi açısından risk oluşturmaktadır. Manuel sayaç okuma, faturalanamayan enerji konusunun yanı sıra, tartışmalı ve yanlış faturalara da neden olabilmektedir. Enerji ölçümünün yapılamaması ve faturalama için saatlik tüketim profilinin oluşturulması, faturalama altyapısının kurulmasını ve böylelikle de P2P modelinin benimsenmesini engellemektedir. Nisan 2020'de EPDK tarafından, COVID-19'a karşı alınacak önlemler kapsamında, çalışanların sosyal mesafeyi koruyamayacağı durumlarda üç ay boyunca yerinde sayaç okuma yapılmayacağı açıklanmıştır. Enerji faturaları, önceki iki yılın aynı aylık faturalarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Akıllı sayaçların kullanımı yaygın olsaydı, operasyonlarda herhangi bir aksama olmadan, uzaktan sayaç okuma mümkün olacak ve tüketicilerin tüketimleri doğru bir şekilde ölçülerek hatasız ve doğru miktarda fatura kesilmesi mümkün olabilecekti.

Yeni iş modelleri, tüketicileri batarya sistemlerini maliyet optimizasyonu amacıyla kullanmaya teşvik etse de, tüketici düzeyinde sayaç arkası ve şebeke ölçekli bataryalar sınırlı sayıda kalmıştır. Dünya çapında batarya depolama yatırımları, ilk kez 2019'da azalmış ve piyasa belirsizliği ve istikrarlı politikaların eksikliği nedeniyle, 2020'de de düşmeye devam etmiştir. Bununla birlikte, yatırım seviyesi hala 4 milyar ABD dolarının üzerindedir. Şebeke ölçekli bataryalara yapılan yatırımlar, yaklaşık %16'lık ciddi bir düşüş yaşarken, sayaç arkası depolama yatırımları %7'den fazla düşmüştür. Avustralya ve Orta Doğu hariç, her bölgenin şebeke ölçeğinde depolama harcamaları 2019'da düşmüştür. Fakat, ABD, Avrupa, Avustralya ve Japonya aynı yıl içinde

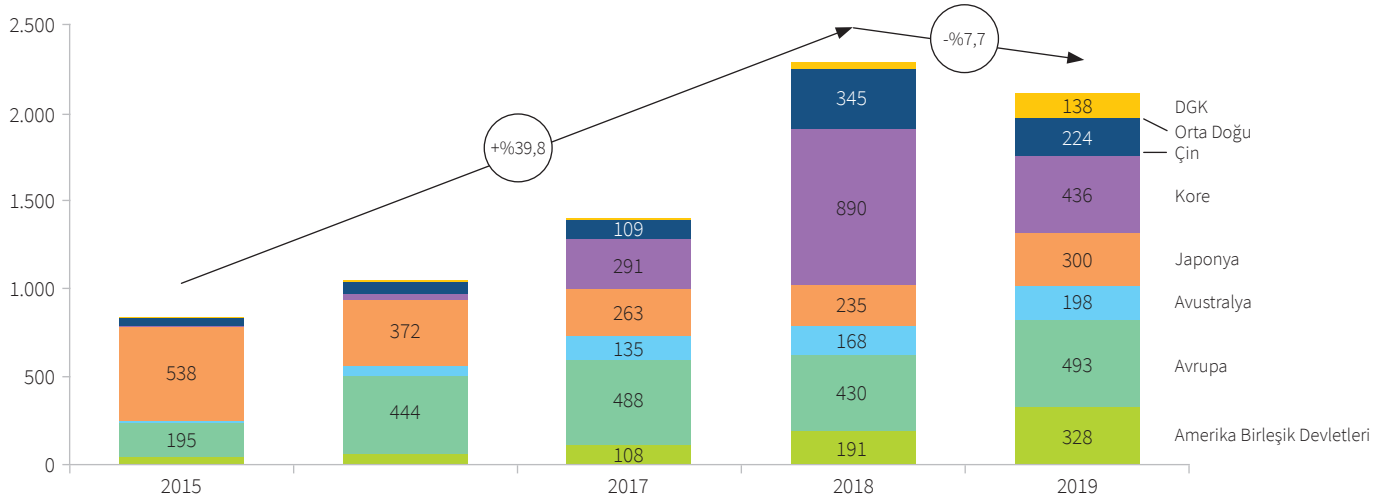
sayaç arkası yatırımlarını artırmıştır (IEA, 2020). Enerji depolama uygulamalarının, ticarileşme sürecinin henüz başında ve ekonomik zorluklarla karşı karşıya olduğu düşünülmektedir. Maliyetler düşmüş olsa da, sayaç arkası bataryalar, halen şebeke ölçekli bataryaların neredeyse iki katı pahalıdır.

Şekil 46: *Şebeke ölçekli batarya depolama yatırımları (milyon), 2015-2019*



Kaynak: IEA, World Energy Investment, 2020

Şekil 47: *Sayaç arkası batarya depolama yatırımları (milyon), 2015-2019*



Kaynak: IEA, World Energy Investment, 2020

İskoçya merkezli çok uluslu bir enerji çözümleri şirketi olan Aggreko, yerel şebeke altyapısının arz ve talepteki puant noktalarını dengeleyerek güvenilir elektrik sağlamasına yardımcı olmak için Türkiye Alaca'da 500 kW'lık bir lityum-iyon batarya depolama sistemi kurmuştur. Öncü olan bu projeyle birlikte, ülkede batarya depolamanın yaygınlaşmasının hızlanması beklenmektedir (Aggreko, 2021). Batarya depolama sistemlerinin kullanımını artırmak için, düzenleyici ortam şeffaf olmalı ve şebekelerde depolamanın rolünü ve mülkiyet konularını yapılandıran politikalar geliştirilmelidir. İspanyol hükümeti, 2021 yılında, 2030 yılına kadar ülkede beklenen depolama kapasitesinin 20 GW olarak belirlendiği ve kullanıma alınmalarına ilişkin önlemlerin paylaşıldığı bir enerji depolama stratejisi yayınlamıştır (IEA, 2021). Türkiye de piyasada depolama uygulamalarına izin verecek düzenlemeler

üzerinde çalışmaktadır. 2021 yılının Mayıs ayında çıkarılan ikincil mevzuat ile dağıtım şirketlerinin, maliyet etkin olduğunu kanıtlaması suretiyle, sadece şebeke dengeleme amaçlı depolama tesisi kurmalarına izin verilmiştir. Üniversitelerin ve teknoloji geliştirme bölgelerinin de depolama tesisleri kurmasına izin verilmiştir. Ancak, enerji sınırlamaları, daha küçük tüketicilerin piyasaya katılmasını engellemektedir. Daha kapsayıcı düzenlemeler, depolama uygulamalarının yaygınlaşmasının önünü açacaktır.

6.5.2 Yazılım

Yazılım açısından Türkiye'nin yenilikçi iş modellerinin benimsemesinin önünde iki büyük engel bulunmaktadır. İlk olarak, verileri tekilleştirilmiş ve standartlaştırılmış bir yapıda koruyacak bir veri toplama sistemi eksikliği vardır ve sektör oyuncuları, her biri kendilerine özgü eski yöntemlere güvenmek zorundadırlar. Ayrıca, veri paylaşımına, analizine ve modellemesine izin veren ortak bir platform gereklidir. Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) ile olası ihtilaflar konusunda endişeler olsa da, bu platformlar, yeni nesil teknolojilerin yaygınlaşmasıyla piyasada tanınmaya başlayacaktır.

Öncelikle, Türkiye'de eksik olan standart bir veri paylaşım altyapısı ile sürekli izleme ve kontrol yoluyla enerji kaynaklarının arz ve talebi dengede tutulmalıdır. Hâlihazırda, genel olarak veri toplama, manuel elektronik tablolarla yapılmaktadır ve veri ve bilgi paylaşımı için bir platform mevcut değildir. AES Corporation'ın bir yan kuruluşu olan ve elektrik enerjisi üreten ve dağıtan bir Fortune 500 şirketi olan AES Colombia, bağımsız ve düzensiz elektronik tablolarda, büyük hacimli verilerin işlenmesinde standart yöntemler kullanmıştır. Manuel çalışma, daha sonra hataların ve tutarsızlıkların oluşmasına neden olmuştur. Sonuç olarak, modern araçlar aracılığıyla veri yönetimi süreçlerini takip etmek için dijital bir dönüşümün şart olduğu anlaşılmıştır (Giraldo, la Rotta, Nieto-Londono, Vasquez, & Escudero-Atehortua, 2021). Türkiye'de değer zincirinin her adımında şirketlerin farklı veri altyapıları, verimsizliklere ve düzenleyiciler bazında kontrol güçlüğüne neden olmaktadır. Ayrıca, şirketlerin dijitalleşme konusunda hedef ve stratejilerinin farklı olması da, teknolojik altyapıyı bölgesel olarak farklılaştırmaktadır.

İkinci olarak, paylaşıma yönelik veri standartlarının ve protokollerinin eksikliğine ek olarak, mevcut yasal çerçeve Türkiye'de ortak veri yönetiminin gerçekleştirilmesini engellemektedir. Enerji şirketleri, faaliyetlerini bulut üzerinden yürütme ihtiyacı içindeyken, KVKK veri paylaşımını engelleyerek, olası kıyaslama fırsatlarının kaybedilmesine neden olmaktadır. Örneğin, toplayıcı modelinde, dağıtım sistemi işletmecileri tarafından yapılan veri toplama, yönetim ve paylaşım kuralları, KVKK ile çelişebilmektedir. Bu yasa, PAYG modeli için bulut tabanlı kontrol ve yönetim yazılımının uygulanmasını da engellemektedir. Ayrıca, bazı endüstriyel süreçlerin ve şirket bilgilerinin gizliliği nedeniyle ESCO yerine "kurum içi" çözümler tercih edilebilmektedir. Türkiye'de elektrikli araçlar, akıllı ev aletleri, elektronik ürünler ve güneş enerjisi yönetim sistemleri gibi bileşenlerin aynı protokol üzerinden yönetilmesini sağlayacak, AI'yi destekleyen ortak ve standart bir platforma ihtiyaç vardır. Avrupa Komisyonu tarafından, sektör ve ETSI işbirliği ile akıllı cihazlar için SAREF adlı bir Avrupa standardı geliştirilmiştir (Avrupa Komisyonu, 2019). Standart, enerji ile ilgili veriler için cihazlar tarafından kullanılacak ve bilgi alışverişinde bulunmalarına izin verecek bir referans dil oluşturmaktadır.

Türkiye'de veri modelleme ve optimizasyon uygulamaları sınırlıdır ve halen planlama aşamasındadır. Türkiye enerji sektöründe, şebeke içi optimizasyon, batarya sistemleri

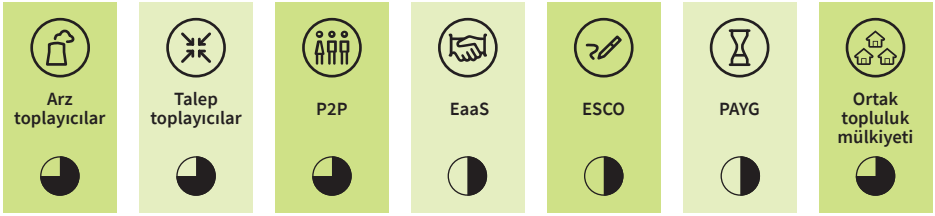
ve elektrikli araçlar için çeşitli yazılımlara ve P2P modeli için güvenilir bir ticaret platformunun kurulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, AI teknolojileri, enerji talebinin erken tespitine ve yenilenebilir kaynaklardaki üretim değişikliklerinin yönetimine izin vererek, hava koşullarından kaynaklı şekilde alternatif mekanizmalara duyulan ihtiyacı azaltmaktadır. 2009 yılında kurulan ABD merkezli bir firma olan Stem, enerji kullanım zamanlamasını optimize etmek için AI ve enerji depolamanın gücünü birleştirerek "Athena"yı oluşturmuştur. Athena yazılımı, bataryaları iyileştirmek için AI kullanmakta, enerji talebini ve şebekedeki enerji miktarını doğru bir şekilde tahmin etmekte, ne kadar enerji dağıtacağını veya depolayacağını belirlerken ekonomik hesaplamalar yapmaktadır. Bu hesaplamalar ile piyasadaki karmaşıklığı anlamakta ve müşteriler için en yüksek ekonomik değeri yaratmaktadır. Başka bir firma, SaaS tabanlı bir platform sağlayıcısı olan Verdigris Technologies, büyük tesislerde enerji tüketimi hakkında fikir edinmek için IoT ve AI'yı birleştirmektedir. İşletmeciler, binanın tüm enerji tüketimini haritalayarak, en yüksek tüketimin nerede olduğunu ve sistemdeki arızaların yerini belirleyebilmektedir (Lugo, 2020).

6.5.3 İletişim protokolleri

Sistem işletmecileri, şebeke işletmecileri, üreticiler, tüketiciler ve türeticiler arasında koordinasyonu sağlamak için iletişim protokolleri geliştirilmelidir. IoT kablosuz iletişim protokolü, sensörler ve elektronik cihazlar arasında veri alışverişine imkan tanıyan bir dizi kuraldan oluşmaktadır. Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee ve LTE-4G ve 5G ağları gibi hücresel teknoloji bu teknolojilerin örnekleridir. Farklı enerji uygulamaları, menzil, enerji tüketimi ve bant genişliği gereksinimlerine dayalı doğru iletişim protokollerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Türkiye'deki elektrikli araç şarj altyapısı sağlayıcıları, protokoller aracılığıyla dağıtım şebekesi ile iletişimlerini artırabilmeli ve şebekedeki eşzamanlılık faktörünü ve hatta dinamik fiyatlandırmayı yönetebilmelidir. Bu, şebekeden bağımsız olarak gerçekleştirilemeyeceğinden, dağıtım sistemi işletmecileri ile hizmet sağlayıcılar arasındaki iletişim protokollerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Aynı zamanda, Türkiye'de telekomünikasyon işletmecileri ve yatırımları da gelişmektedir. Örneğin 2020 yılında 6,7 milyar TL yatırım yapan Türk Telekom, 2021 yatırım tahminini yaklaşık 7,7 milyar TL olarak belirlemiştir. Özellikle COVID-19 ile birçok şirketin uzaktan çalışmaya geçişi ve eğitimin sanal ortamda devam etmesi, güçlü altyapı ve kesintisiz hizmet ihtiyacını beraberinde getirmiştir. COVID-19 öncesinde 5G yatırımlarına başlamış olan Türk şirketlerinin, çalışmalarına devam etmesi beklenmektedir. Bu yatırımlarda telekom ve enerji sektörlerinin entegrasyonu kritik önemde olacaktır.

Şekil 48: *İş modelleri üzerindeki teknolojik altyapı engelinin kapsamı*



Arz toplayıcı ve P2P operatör modeli, Türkiye'deki teknolojik altyapıdan en olumsuz etkilenen iş modelleridir. Bunun nedeni, P2P modelinin taraflar arasında enerji ticaretine izin veren blok zincir tabanlı bir platform gerektirmesi olabilir; ancak böyle bir platform/yazılım Türkiye'de henüz planlama aşamasındadır. Ayrıca, sanal enerji santralleri olarak da bilinen arz toplayıcılar, farklı enerji kaynaklarını, akıllı sayaçlar, enerji depolama sistemleri ve analitik araçlar gibi teknolojik altyapının tüm bileşenlerinden oluşan merkezi bir BT sistemi aracılığıyla birleştirmektedir. Talep toplayıcılar, enerji optimizasyonu amacıyla IoT ve AI teknolojisinden yararlanmaktadırlar. Topluluk mülkiyeti modeli, enerjiyle ilgili diğer tesislerle birlikte batarya sistemlerinin satın alınmasına imkân tanımasına ve daha iyi veri yönetimine ihtiyaç duymasına rağmen, Türkiye'deki teknolojik altyapı, bu modelin benimsenmesi için ciddi bir zorluk teşkil etmemektedir.

6.6 Şebeke planlaması ve altyapı

6.6.1 Şebeke planlama yaklaşımı

Enerji sistemi planlaması, şebeke hizmet şirketlerinin şebeke yatırımlarına öncelik vermesine yardımcı olacak yeni metodolojiler ve araçlar gerektiren zorlu bir uygulama haline gelmiştir. Teknoloji, müşterilerin artık öngörülebilir büyümelerle "statik yükler" olarak görülmediği, bunun yerine, yüklerini aktif olarak değiştirerek, fiyatlara ve tarifelere tepki vererek veya güneş enerjisi ve depolama teknolojilerini benimseyerek dağıtım şebekesini etkileyen bireysel kararlar alan birer oyuncu haline getirmektedir. Ek olarak, ekonominin ve toplumun önemli sektörlerinin (sağlık, bilgi, sanayi vb.) elektrifikasyonu, enerji dağıtımını topluluklarımız için hayati hale getirerek, şebekenin birçok belirsiz senaryoda (Berkeley Lab Grid Integration Group, 2021a) güvenilir ve dirençli olmasını gerektirmiştir.

Türkiye'de dağıtık enerji kaynaklarının artan kullanımı ve elektrifikasyon eğilimleri ile birlikte, şebeke altyapısının bu değişimi tolere edip edemeyeceği tartışmaları başlamıştır. Güneş ve rüzgâr enerjisinin Türkiye'nin enerji karmasında daha büyük pay elde etmesi ve elektrikli araçların daha yüksek entegrasyonu sonucu, şebeke yönetimi ve planlaması her zamankinden daha önemli hale gelecektir. Hâlihazırda, Türkiye'de elektrik şebekeleri nispeten eski olup, çoğunlukla havai hat şeklinde çekilmiştir. Ayrıca, şebekelerin bakım ve işletimi bütüncül bir yaklaşımla ve yakın bir koordinasyon ve planlamayla optimize edilmediğinden, enerji kesintisi riski ortaya çıkmaktadır. Dağıtım şebekesi planlamasının kapsamı dağıtık üretim, yeni talep biçimleri ve esneklik seçeneklerini içerecek şekilde yapılmalıdır. Yılda iki kez hazırlanan şebeke iyileştirme planları, ihtiyaç duyulan orta ve uzun vadeli esneklik konusunda şeffaflık sağlamalı ve önümüzdeki beş ila on yıl için planlanan yatırımları özetlemelidir. Elektrikli araçlar için şarj istasyonları da dâhil olmak üzere, yeni yükleri yeni üretim kapasitelerine bağlamak için yeni bir dağıtım altyapısı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Şebeke geliştirme planı, ayrıca talep tarafı katılımı, enerji verimliliği, enerji depolama tesisleri veya dağıtım sistemi işletmecisinin sistem genişletmeye alternatif olarak kullanacağı diğer kaynakların kullanımına dair bilgileri de kapsamalıdır (SHURA, 2021b).

6.6.2 Dağıtım ve iletim şebekesi işbirliğinin iyileştirilmesi

Dağıtım şirketlerinin gelecekteki rolü ve iletim sistemi işletmecisi ile ilişkileri hakkındaki temel sorular, üretim kapasitesinin iletimden dağıtım şebekesine kayması ve dağıtık üretim kaynakları ve yerel piyasalar aracılığıyla üretilen hizmetlere artan bağımlılık konusunda olacaktır. Kısıt yönetimi sistemleri, geleneksel olarak iletim sistemi düzeyinde ele alınmıştır. Ancak, DEK'in yaygın kullanımı ve beklenen ciddi yük artışı

nedeniyle, kısıt yönetiminin dağıtım şebekesinde de uygulanması gerekecektir. Bu nedenle, iletim ve dağıtım sistemi işletmecileri arasındaki iş birliğinin düzenlemelerle belirlenmesi ve idari süreçler, ürün özellikleri ve maliyet paylaşımı gibi konuların tanımlanması kritik önem taşımaktadır. Kısıt yönetimi, dağıtım şirketi ile iletim sistemi işletmecisi arasında farklı yaklaşımlarla ortaklaşa yönetilebilmektedir. Buradaki en büyük avantaj, iletim sistemi işletmecisi ve dağıtım şirketinin kısıtla ilgili gereksinimleri ortaklaşa optimize edebilmesi ve böylece, toplam maliyeti azaltarak piyasa oyuncularına rekabetçi bir piyasa sağlayabilmesidir.

6.6.3 Akıllı şebeke yaklaşımının eksikliği

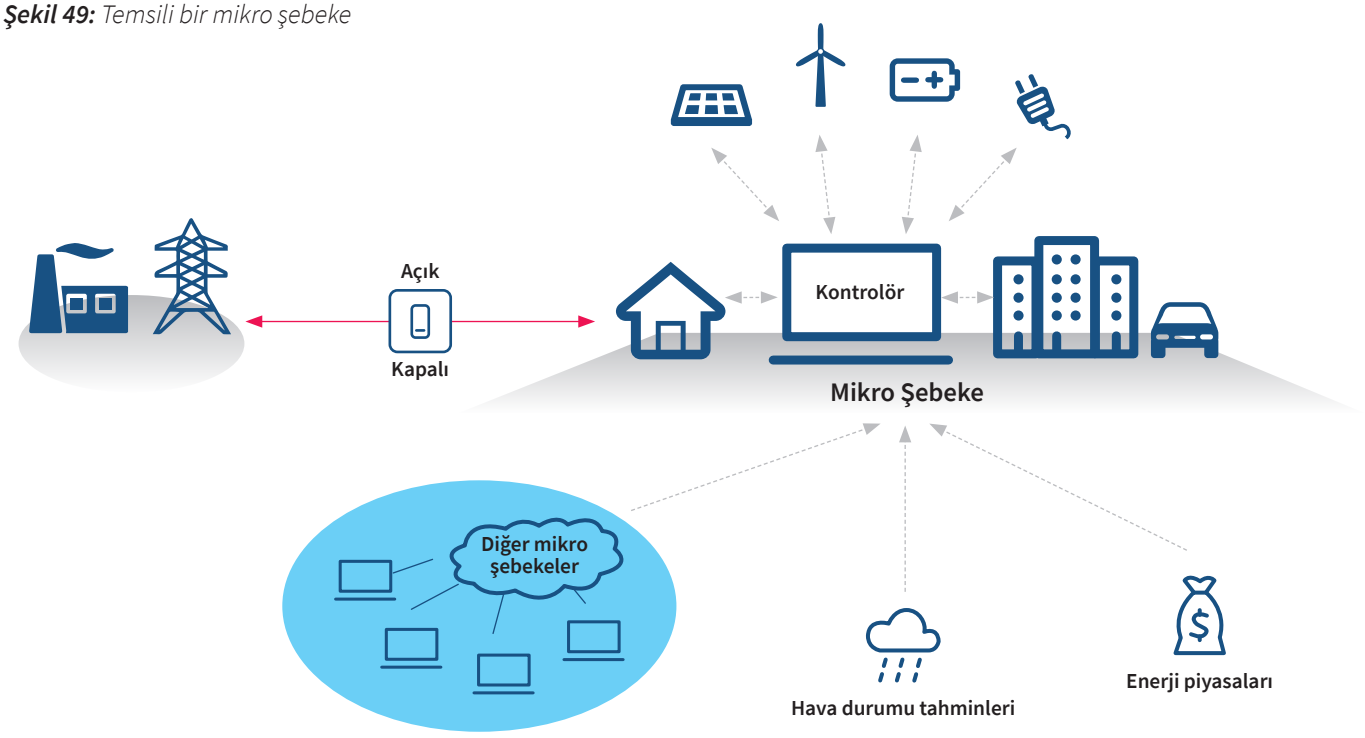
Dağıtım şirketleri, hem şebeke yönetimi hem de piyasa operasyonları için dijitalleşmeye önem verirse, aktif olarak yönetilen şebekelere dönüşüm başarılı olacaktır. İlk olarak, akıllı şebekelere yatırım yapmak, şebekeyi çeşitli üretim yöntemlerinin mümkün olduğu bir ortama adapte edecek ve şebekenin her zaman için güvenilir şekilde işlemesini sağlayacaktır. Ayrıca, piyasa katılımcıları, iş modellerini, akıllı şebekelerin işlevsellikleri üzerine kuracak ve bu şekilde piyasanın sağlıklı işleyişini sağlayan şebeke işletmecilerini desteklemiş olacaklardır. Sonuç olarak, akıllı şebekelerden asıl fayda sağlayan son tüketicilerdir. Çünkü akıllı şebekeler, son tüketicilere, güvenilir, uygun maliyetli ve çeşitli enerji kaynakları ve hizmetleri sunmaktadırlar (CEDEC).

Enerji sisteminin farklı oyuncuları için akıllı şebekelerin fayda sağlayabilmesi için atılması gereken adımlar şu şekildedir: akıllı sayaçların kurulumu; tüketim verilerine tüketici erişimi; şebekenin gerçek zamanlı izlenmesi; ortak sensör ve büyük veri analitiği uygulamaları; şebeke kapasitesinin ve kısıtlamalarının piyasa platformları aracılığıyla şeffaf şekilde izlenmesi. Bu şekilde dağıtım şirketleri, anlık gözetim, şebekenin kontrolü ve tedarik sürecinin akıllı yönetimi için gelişmiş izleme ve veri tedarik süreçlerine ihtiyaç duymaktadır. Ancak sensör teknolojileri, Türkiye'de yaygın olarak kullanılmasına rağmen, akıllı şebeke yaklaşımı halen yeterli düzeyde değildir. Bu nedenle, toplayıcılar ve EaaS şirketlerinin enerji yönetimi faaliyetleri, P2P modellerinde yer alan akıllı sözleşmeler, V2G çözümleri/elektrikli araçların akıllı şarjı veya dinamik tarife -talep tarafı katılımı- içeren teklifler gibi yenilikçi çözümler süreçte bir darboğazla karşılaşmaktadır.

6.6.4 Alternatif şebeke yaklaşımlarının eksikliği

Mikro şebekeler, depolama varlıkları ve yükleri de dâhil olmak üzere, dağıtık enerji kaynaklarından (DEK) oluşan yerel ve özerk elektrik dağıtım şebekeleridir. Günümüzde projeler birkaç kW ile yüzlerce MW arasında değişmektedir. Hızla gelişen bir enerji sektörü ortamında, mikro şebekeler, yerel ve merkezi olmayan üretimi büyük bir merkezi şebekeye taşımak ve ayrıca bağımsız elektrik şebekeleri oluşturmak için doğru bir çözümdür.

Şekil 49: *Temsili bir mikro şebeke*



Kaynak: Berkeley Lab Grid Integration Group

Elektrik hizmetleri için mikro şebekeye yatırım yapmak aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı mantıklıdır:

- Şebekeye bağlı olmayan bir alanın elektrifikasyonu
- Çevresel nedenlerle yerel ve yenilenebilir üretime öncelik verilmesi
- Ana şebekeye yönelik saldırılara maruz kalan alanlarda hizmetin devamlılığının sağlanması gibi politik sebepler

Mikro şebeke projeleri, esas olarak büyüklüklerine veya ana hedeflerine göre farklılık göstermektedir:

1) Ana şebekeye bağlı mikro şebekeler

Ana şebekeye bağlı olan mikro şebekelerin, şebekedeki frekans ve gerilim değerlerini dengede tutmak için bir aksiyon almalarına gerek yoktur. Bu nedenle, mikro şebeke kontrolörü, enerji sorunları ve optimizasyon dâhil olmak üzere, yalnızca enerji yönetim sistemi (EYS) ile meşgul olacaktır.

Dünya mevcut 400'den fazla mikro şebekeden bazıları, bu model altında sınıflandırılabilir. Amerikan Samoa'sında 6 MWh bataryalarla 1,4 MW'lık bir güneş enerjisi santralini optimize etmeyi amaçlayan Tesla mikro şebekesi veya 10 MW (Energy Pool, 2020) gibi büyük projelerle çok sıkışık iletim hatlarını rahatlatmayı amaçlayan Kaliforniya mikro şebekeleri bu modele örnek olarak verilebilir.

2) Ada modundaki mikro şebekeler

Ada modundaki mikro şebekelerde, dağıtık üretim tesislerinin frekans ve gerilim kontrolünü sağlamaları gereklidir. Aslında, bir üst bölümde anlatılan bağlı moddan farklı olarak, dağıtık kaynaklar, artık şebeke bağlantılı olarak değil, bağımsız modda çalışacaktır. Mikro şebekeler, bağımsız modda, ana şebekeden izole edilmiş olduğu için gerilim dalgalanmalarını yönetmek zorundadırlar.

Ana şebekeye bağlantısı olmayan ada mikro şebeke projeleri ağırlıklı olarak Afrika ve adalarda yer almaktadır. Bu şebekelere örnek olarak, 1.300 kW güneş enerjisi ve 5.000 kW dizel ve gaz gücü ile "Moritanya için Enerji ve Maliyet Tasarrufu Sağlayan Hibrit Çözümler" veya dizel jeneratör kurulumu yerine yenilenebilir enerji entegrasyonunu teşvik etmeyi amaçlayan "La Palme Kanarya Adaları Mikro Şebekesi" verilebilir (Energy Pool, 2020).

Tüm faydaları ve dünyadaki örneklerine karşın, mikro şebeke yaklaşımı Türkiye'de yaygın değildir. Bunun ana nedenlerinden biri, mikro şebekelerin uygulanmasına izin verecek bir mevzuatın olmamasıdır. Bir mikro şebeke girişimi örneği de Filipinler'de gösterilebilir. 2001 yılında kabul edilen Elektrik Enerjisi Endüstrisi Reform Yasası, özellikle ülkenin hizmet verilemeyen bölgelerinde mikro şebekelerin operasyonuna izin vermeyi amaçlayan hükümler içermektedir. Ancak, düzenleyicinin bu hükmün uygulanması için gerekli kuralları çıkarması 2006 yılına kadar sürmüştür. Bu kapsamda, hizmet verilemeyen alanların belirlenmesi ve ardından bir kamu şirketinin çalışmasına izin verilmesine yönelik süreç ve komisyon kararı yer almıştır. Kuralların ilan edilmesinden bu yana geçen beş yıl içinde, yalnızca bir şirket (Power Source) düzenleyici bürokratik işlemleri aşmayı başarmış ve yasal olarak piyasaya hizmet sunmaya hak kazanmıştır. Diğer mikro şebekeler, halen yasa dışıdır. Sonuç olarak, yetkililerin dikkatini çekme korkusuyla finansmana erişememekte, faaliyetlerini büyütememekte veya resmi hale gelememektedirler. Kenya'da, 2006 Enerji Yasası ile 3 MW'tan daha az kapasiteye sahip enerji teşebbüslerinin lisansa değil, sadece izne tabi olması öngörülmüştür. Bu hüküm, muhtemelen mikro şebekeleri kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. Ancak yasanın geri kalanında, gereksinimler veya prosedür (Uluslararası Finans Kurumu, 2013) açısından lisanslar ve izinler arasında çok az ayrım bulunmaktadır.

6.6.5 Gerilim seviyelerinin düzenlenmesi

Dağıtık üretimin değişken doğası gereği, hem dağıtım şebekesinde hem de genel elektrik sisteminde belirli bir entegrasyon seviyesinden sonra bazı teknik zorluklar ortaya çıkarabilir. En önemli teknik konulardan birisi, dağıtık üretim miktarının AG (alçak gerilim) seviyesinde artmasıyla birlikte, enerji akışlarının iki yönlü hale gelmesi, yani bir besleyicideki bölgesel üretimin, talebi aşması durumunda, enerji akışının daha yüksek gerilim şebekesine/trafolarına doğru olmasıdır. Bu dağıtım trafoları, minimum ve maksimum eski yüke göre kalibre edilmiş bağlantı noktalarıdır ve yenilenebilir enerji üretiminin yarattığı ek dalgalanmalara kolayca uyum sağlayamayacaklardır (SHURA, 2021b). Yani, eskiden sadece tüketimi destekleyen bir trafo yapısı söz konusudur. Enerji dönüşümü ile birlikte, küçük üretimin çok fazla olacağı yerlerde trafolar bunu kaldıramayabilir, çünkü gerilimde artışa neden olan dağıtık üretim, şebekenin alabileceği maksimum gerilim sınırlarını aşabilir.

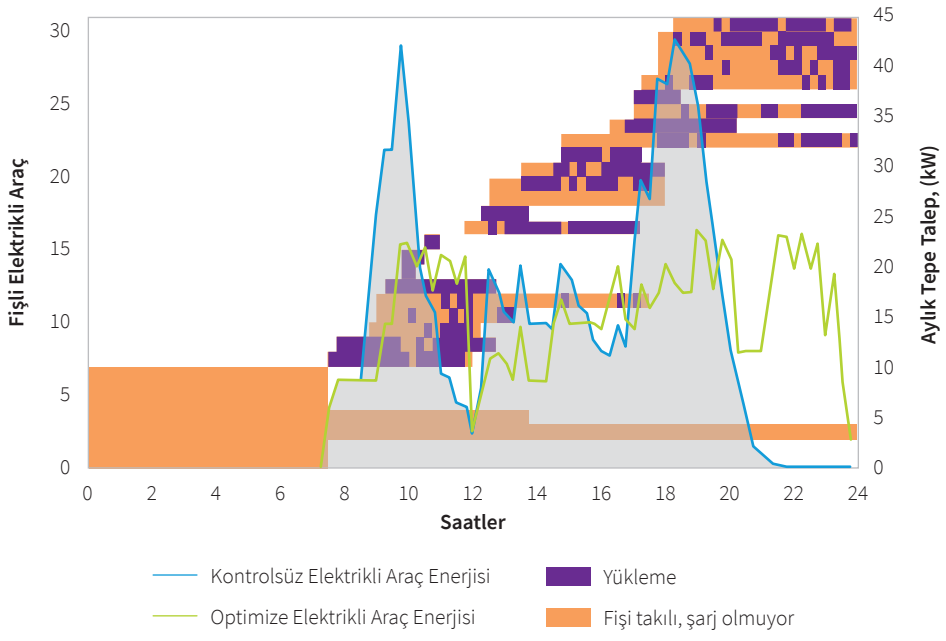
Yukarıda belirtilen nedenler göz önüne alındığında, dağıtık üretim ile birlikte bazı alanlarda trafoların ciddi şekilde değiştirilmesi gerekebilir. Trafolar değiştirilerek, şebekenin hem en yüksek hem de en düşük gerilim seviyelerini karşılayabilecek kadar esnek olması hedeflenmelidir. Birçok ülke, acil durumlarda gerilim ve frekans dengelemesi sürecinde dağıtık üretimle çalışırken problemlerle karşılaşmış ve yeni güneş santrali kurulumlarını buna göre değiştirmeye başlamıştır. Örneğin, ABD, 2018'de bağlantı standardını (IEEE 1547) değiştirmiştir. Bu değişiklik, birincil veya ikincil dağıtım gerilimi seviyelerinde (Kaliforniya ve Hawaii hariç) bağlanan tüm dağıtık üretim sistemi için geçerli ulusal bir standart haline gelmiştir (Nagarajan, 2018).

6.6.6 Elektrikli araçların sisteme getirdiği yük artışı

Yakın gelecekte, dağıtık üretime ek olarak elektrifikasyonun daha da artmasıyla birlikte (elektrikli araçların kullanımı, ısı pompaları vb.) dağıtım şebekelerinin, şebekelerin geliştirilmesi, yönetimi ve işletilmesinde tarafsız piyasa sağlayıcısı ve kolaylaştırıcısı olarak daha aktif bir rol alması gerekmektedir. Dağıtım şirketleri, şebekedeki puant yükün artmasından kaynaklanan yatırım gereksinimlerini azaltmak için, talep tarafı esnekliği oluşturmak ve/veya elektrikli araç sahiplerini bunu yapmaya yönlendirmek ve akıllı şarj kullanımı yoluyla puant talebi kaydırmaya teşvik etmek üzere talep toplayıcılar ile çalışmalıdır. Ayrıca, elektrikli araçlar için şarj noktaları da dâhil olmak üzere, yeni yüklerin yeni üretim kapasitelerine bağlanması için yeni bir dağıtım sistemi altyapısı ihtiyacı olduğu da göz ardı edilmemelidir (SHURA, 2021b).

Elektrikli ulaşımın şebeke üzerindeki etkisini en aza indirmenin yanı sıra, elektrikli araçlar, gerekli şebeke hizmetlerini ve talep tarafı katılımını sağlayarak şebekeye fayda sağlayabilir. Yenilenebilir enerji ve elektrikli araçların net yükler (yani, "ördek" eğrisi) üzerindeki belirsiz etkisi, talep tarafı katılımı için gerekli kaynakların otomatik kontrolünü gerektirir. Grid Integration Group of Berkeley Lab, konuyla ilgili çok sayıda araştırma arasında depolama ve araçtan şebekeye entegrasyon, akıllı elektrikli araç şarjı ve talep tarafı katılımı, otomatik talep katılımı teknolojileri, araçları ve standartları konularında elektrikli araçlara odaklanmaktadır. Çalışmalarından birinde akıllı şarj kontrol sistemi, Alameda ilçesine ait yaklaşık 50 elektrikli aracın bulunduğu bir filoya ve hem Alameda ilçesi araçlarının hem de halkın kullandığı ve saatte 50 kW'a kadar şarj edebilen hızlı DC şarj istasyonlarına uygulanmıştır. Proje, Alameda ilçesinin mevcut altyapı yatırımlarını; elektrikli araç şarj oranları ve programlarının akıllı optimizasyonu için sistemler, basit elektrikli araç sahibi katılımı ve gelecekteki filo ve kamu elektrikli araçlarının akıllı şarjı için esnek, modüler ve ölçeklenebilir bir çözüm oluşturmak için kontrol algoritmaları ekleyerek tamamlamaktadır. Aşağıdaki gösterim, elektrikli araç şarjının şebeke elektrik maliyetlerini azaltarak, elektrikli araç şarjının zaman ve hızındaki doğal esnekliği nasıl sağladığını ortaya koymaktadır (Berkeley Lab Grid Integration Group , 2021).

Şekil 50: *Akıllı şarj ile kontrolsüz şarjın oluşturduğu aylık puant talebi, kW*



Kaynak: Berkeley Lab Grid Integration Group (2021)

Şekil 51: *İş modelleri üzerinde şebeke planlaması ve altyapı engelinin kapsamı*

Arz toplayıcıları, P2P işletmecileri ve topluluk mülkiyeti modeli, Türkiye'deki şebeke planlaması ve altyapısından en çok etkilenen iş modelleridir. Bu modellerin, ticaret yapabilmesi ve sisteme değer katabilmesi için özellikle akıllı şebekeler ve mikro şebekeler yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, dağıtım düzeyinde bu modellerin temelini oluşturan dağıtık üretimin en olası riski olarak gerilim regülasyonu ön plana çıkmaktadır. Diğer yandan, son tüketiciler için bireysel enerji çözümlerini içeren EaaS modelinin benimsenmesi için, şebeke planlaması ve altyapı Türkiye'de ciddi bir zorluk teşkil etmemektedir.

6.7 Kentsel gelişim

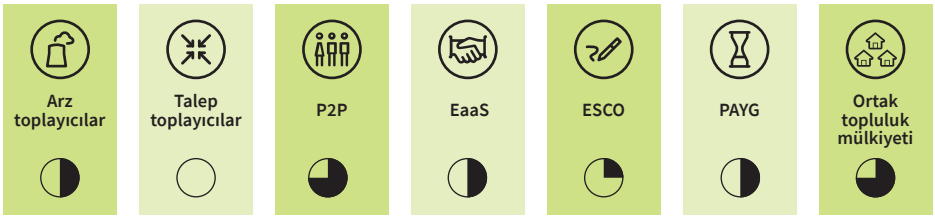
Özellikle orta sınıfta artan nüfus ve konforlu yaşam isteği gibi önemli küresel eğilimler, kentsel alanlara göçü artırmıştır. Kırsal alanlarda yaşayanlar kentlere yöneldikçe, ısıtma, soğutma, aydınlatma, enerji ve ulaşım dâhil olmak üzere enerji hizmetlerine olan talebin artmasıyla birlikte, kişi başına düşen enerji tüketimi önemli ölçüde artmaktadır (Reuters , 2019). Kentsel alanlarda artan talebi karşılamak için enerji kaynaklarının kapasitelerinin artırılması veya mevcut enerji kaynaklarının verimli kullanılması önem kazanmıştır. Elektrifikasyon trendleri mevcut olduğu sürece, gerekli enerji üretiminin fosil yakıtlar yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması, küresel karbonsuzlaştırma hedefleri için vazgeçilmezdir.

Kentsel alanları daha yeşil enerji kaynaklarıyla elektriklendirmek ve artan enerji talebini karşılamak için, yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması ve elektrifikasyon eğilimleri (örneğin, ısı pompaları ve elektrikli araçlar) büyük ölçüde gerekli altyapının oluşturulmasına bağlıdır. Ancak kentsel dönüşüm projelerinin oldukça fazla olduğu bir ülke olan Türkiye'de, dikey yapılaşmanın artması ve kentsel dönüşüm projelerinin yenilenebilir enerji kurulumuna yönelik bir şekilde planlanmaması ve altyapı gereksinimleri nedeniyle yenilikçi enerji projeleri kesintiye uğrayabilmektedir. Enerji projelerinin dikkate alındığı bir şehir planlamasına örnek olarak, İsveç'teki yatay planlama deneyimleri, CITYLAB'ın geliştirilmesiyle İsveç Green Building Council tarafından hayata geçirilmiştir. CITYLAB, belediyelerdeki mevcut planlama sistemlerinin yerini almamakta, bunun yerine farklı aktörler ve projeler arasındaki işbirliğini ve deneyim alışverişini desteklemektedir. Bu amaçla, bir kılavuz geliştirilmiştir. CITYLAB, kentsel gelişim projelerini, öncelikle sürdürülebilirlik hedeflerinin oluşturulmasında ve bu hedeflere kentsel planlama sürecinde ulaşılmasının sağlanmasında desteklemektedir. Tüm alanlar düşünüldüğünde, "Enerji" CITYLAB REHBERİ (Wennersten, 2018)'nde ele alınması gereken bir odak alanı olarak ön plana çıkmaktadır. Kentsel dönüşüm planlamasına enerji dönüşümünün dâhil edilmesine ilişkin bu tür uygulamalar, hem güneş enerjisi sistemlerinin yayılması gibi dağıtık enerji kaynaklarından maksimum verimin elde edilmesi hem de elektrikli araç şarj istasyonları ve ısı pompalarının yaygın kullanımı dâhil elektrifikasyon hedefleri için Türkiye'de de bir öncelik olmalıdır.

Artan kentleşmenin bir diğer sonucu olarak, Türkiye'de dengesiz nüfus dağılımı hâkimdir. İstanbul ve Ankara başta olmak üzere belirli bölgelerde yoğunlaşan nüfus, plansız kentleşmeyi tetiklemekte ve enerji projelerinin uygulanması noktasında olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Türkiye'deki inşaat, coğrafi koşullar ve tüketici alışkanlıkları dikkate alındığında, yenilenebilir enerji ve elektrikli araç şarj istasyonları için gerekli alanların tahsisi, bu projelerin uygulanması için yetersiz kalmaktadır. Türkiye'deki mevcut durumda, hanelerin çoğu genel olarak ortak alanların sınırlı olduğu apartman dairelerini tercih etmektedir. Sonuç olarak, tüm gereksinimler karşılansa da, kentsel alanlardaki tesis kurulumu için sınırlı alan, yenilikçi iş modellerinin önünde bir engel oluşturmaktadır.

Türkiye'deki çatı güneş enerjisi sistemleri düşünüldüğünde, 10 yıl önce toplam konut stokunun %15'inin çatı üstü güneş sistemleriyle uyumlu olduğu varsayılırsa, günümüzde her 4 konuttan 1'i güneş enerjisi kurulumu için kullanılabilmektedir. Artışa rağmen konut yapılarının çoğunluğunun apartman olduğu düşünüldüğünde, mevcut yapıların alan ihtiyacını karşılamada yetersiz kaldığı ortaya çıkmaktadır. Hâlihazırda, Türkiye'nin 6 GW'lık güneş enerjisi kapasitesinin yalnızca yaklaşık %15'i (0,9 GW), çoğunlukla ticari, kamu ve sanayi binalarındaki çatı güneş sistemleri tarafından sağlanmaktadır (SHURA, 2020b). Bu olgular göz önüne alındığında, özellikle uygun bir şehirleşme planlaması ile konuttaki kurulumların katkısıyla, çatı güneş sistemlerinin toplam güneş enerjisi üretimi içindeki payının gelecekte artması beklenmektedir.

Şekil 52: *Kentsel gelişim engelinin iş modelleri üzerindeki etkileri*



Kentleşmenin yenilikçi iş modelleri üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, yenilenebilir tesisler için geniş alan gereksinimi nedeniyle en fazla zararı P2P operatörleri ve topluluk mülkiyeti projelerinin yaşayabileceği öne sürülmektedir. Bu nedenle, hem enerji tesisi kurulumları hem de kırsal topluluklara enerji iletimi için uygun olan kırsal alanlarda, topluluk mülkiyeti modelinin görülmesi muhtemeldir. Kentleşme ve enerji eğilimleri için alan yetersizliği, çatı üstü güneş panelleri tarafından üretilen enerji de dâhil olmak üzere, konut enerji yönetiminde rol oynayabilecek EaaS modelinin potansiyelini de engelleyecektir. Ayrıca, özellikle büyük enerji tüketicilerinin lisanssız enerji üretimini destekleyen ESCO projeleri ve güneş enerjisi üretiminin ve elektrikli araçların ticarette rol oynayabileceği P2P modeli, artan şehirleşmeden oldukça etkilenebilmektedir.

7. Sonuç

Tüm dünyada enerji sektörlerinde teknolojik gelişmelere paralel olarak, iklim değişikliği ile mücadele kararlılığıyla önemli bir dönüşüm yaşanmaktadır. Enerji kullanımı ve sera gazı emisyonları açılarından küresel olarak en hızlı büyüyen ülkeler arasında yer alan Türkiye de bu dönüşümün bir parçasıdır. Enerji dönüşümüne öncülük eden bileşenler arasında, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde yaygınlaşması ve elektrifikasyon uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojileri, dijitalleşme, yenilikçi politikalar, piyasa araçları ve finansman modelleri de bu dönüşümü destekleyen diğer etkenler arasındadır.

Enerji sistemlerindeki dönüşüme paralel olarak, elektrik sektörü değer zincirindeki dönüşümü kolaylaştıran dijitalleşme inisiyatifleri ve dijital teknolojiler de daha yaygın hale gelmektedir. Dijital teknolojilerin enerji sektöründe daha yaygın kullanılmaya başlaması, bir taraftan işletmelerin kendi iç faaliyetlerinde dönüşüme yol açarken, diğer taraftan değer yaratma potansiyelini artırarak yeni iş fırsatlarının oluşmasına imkân vermektedir.

Bu raporda kapsamlı şekilde ele alınan, dijital teknolojileri odağına alan yenilikçi iş modelleri, enerji dönüşümü ile ortaya çıkan fırsatları değerlendirmek ve olası zorluklarla başa çıkmak için bir çözüm olarak görülmektedir. Dijitalleşmenin sunduğu kolaylaştırıcı etkiler enerji dönüşümünü hızlandıracak yeni iş modellerinin doğmasına imkan sağlamaktadır. Küresel ölçekte yeni uygulamaya konulan iş modelleri, enerji sistemini birçok yönden iyileştirme imkânı sunmasına rağmen, bazı engeller sebebiyle hiç hayata geçememe, kısıtlı uygulanma ya da sahip olduğu potansiyeli ortaya koyamama gibi durumlarla karşı karşıya kalabilmektedir. Raporun hazırlanması sırasında yapılan araştırmalar ve paydaş görüşmeleri sonucunda Türkiye enerji sektöründe yeni iş modellerinin hayata geçmesi konusunda mevcut piyasa yapısı, mevzuat, sosyo-kültürel koşullar, finansal koşullar, teknolojik altyapı, şebeke planlaması ve altyapısı ile kentsel gelişimde ortaya çıkabilecek engeller irdelenmiştir. Tespit edilen olası zorlukların ortadan kaldırılmasına ilişkin öneriler geliştirilmesi amacıyla, bu engeller detaylı olarak analiz edilmiş ve sonuçları kapsamlı şekilde ortaya konulmuştur.

Olası engellerin hemen hemen tüm iş modellerini etkilediğini söylemek mümkün olmakla birlikte bu engellerin kapsamı ya da etkisinin her bir iş modelinde farklı olabildiği görülmektedir. P2P modeli ele alınan diğer iş modellerine kıyasla engellerden en çok etkilenen, dolayısıyla Türkiye'de uygulanması en zor olup, kentsel gelişim hariç her kategoride en çok etkilenen model olarak öne çıkmaktadır. Bunun nedeni, bu modelin, piyasa katılımının sağlandığı ve tüketicilerin akıllı şebekelerden elde edilen enerjiyi bilinçli olarak bir platformda satmasına/satın almasına izin verildiği, hem teknolojik hem de şebeke altyapısıyla ve ilgili düzenlemeler ile desteklenen bir yapı gerektirmesidir. Tüketici katılımı, belirli bir düzeyde farkındalık ve iş modelinin sunduğu faydaların tanınmasını gerektirmektedir. Ancak, P2P işletmecilerinde olduğu gibi, EaaS ve ESCO'lar da sosyo-kültürel koşullardan en fazla etkilenen modellerdir; çünkü bu modeller, tüketicilerin çabalarını ve aktif katılımını gerektirmektedir. Diğer yandan, son tüketiciler için bireysel enerji çözümlerini içeren EaaS modelinin, mevzuat ve şebeke planlamasının etkilerinin en az olduğu model olması ve ortalamanın altında bir etkiye sahip olmasıyla, uygulama için en fazla potansiyeli sunduğuna inanılmaktadır. Ayrıca, kentsel gelişim engelinin kapsamının diğer engellerle karşılaştırıldığında en düşük olduğu, ancak topluluk mülkiyeti modeli

için önemli bir tehdit oluşturduğu görülmektedir. Türkiye'deki dikey yapılaşma, topluluk mülkiyeti modelinin temel gereksinimi olan daha küçük yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulmasını engellemektedir. Ayrıca, kategoriler arasında farklılıklar olsa da, toplu olarak düşünüldüğünde arz ve talep toplayıcıların benzer oranda etkilendiği anlaşılmaktadır. Bu modellerin, enerji dengeleme faaliyetlerini desteklemek için piyasaya katılmalarını sağlayacak mevzuat çerçevesinin eksikliği yaygınlaşmasının önündeki en önemli engellerdendir. Enerji piyasalarındaki öngörebilme zorlukları ve sübvansiyonlu elektrik fiyatları, sektörde değer yaratılması potansiyelini engelleyebilir. Türkiye'de ihtiyaç duyulan teknolojiler henüz tam olarak kullanılmadığı ve benimsenmediği için, toplayıcılar teknolojik altyapıdan en olumsuz etkilenen iş modelleridir. Arz toplayıcılar, teknolojik altyapının tüm bileşenlerinden oluşan merkezi bir BT sisteminden yararlanırken, talep toplayıcılar, önemli dijital teknolojilerden olan IoT ve AI'dan yararlanmaktadırlar.

Yeni iş modellerinin hayata geçmesinin önündeki engellerin detaylı analizi bu engellerin giderilmesi konusunda kapsamlı şekilde fikir vermektedir. Burada ele alınan görüşleri tamamlar şekilde, Türkiye'de enerji dönüşümünün getirdiği yeni iş modellerinin enerji sektörüne entegrasyonunu hızlandırabilecek adımlar aşağıda ele alınmaktadır.

Mevcut piyasa yapısı

Herhangi bir iş modelinin etkin işleyişi piyasayı oluşturan tüm dinamiklerin (başta rekabeti etkileyen hususlar olmak üzere) ayrı ayrı doğru işleyişine bağlıdır. Enerji sektörü gibi büyük oranda düzenlemeye tabi bir sektörde rekabetçilik ile piyasa izleme unsurlarının etkin işleyişi ve diğer taraftan düzenlemeye tabi alanların rekabetçiliği olumsuz etkilememesi önemli unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır. Bölüm 7.1'de ele alınan mevcut piyasa yapısına ilişkin engellerin ortadan kaldırılması için oluşturulan öneriler aşağıda belirtilmektedir.

- Enerji fiyatlarının tüm maliyetleri içerecek şekilde belirlenmesi esas olmalıdır. Son tüketici fiyatlarına sübvansiyon uygulamalarından mümkün olduğunca uzak durulmalı, desteklenmesi gereken kırılgan tüketici gruplarına doğrudan destekler sağlanmalıdır.
- Toptan satış piyasalarında oluşan fiyatların gerçek koşullarda oluşacak arz-talep dengesine göre belirlenmesi sağlanmalı, fiyat öngörülebilirliğini olumsuz yönde etkileyecek fiyat tavanın belirlenmesinde kayıp yük değeri hesaplamaları esas alınmalı, diğer fiyat müdahalelerinden uzak durulmalıdır.
- Hızla gelişmekte olan teknolojiler için (yenilenebilir enerji kaynakları gibi) sağlanan desteklerin devamlılığı kapsamında, bu teknolojilerde meydana gelen maliyet düşüşlerinin piyasada rekabet edilebilir düzeylere gelmesi durumunda piyasalarda rekabetçi şekilde yer almaları sağlanmalıdır. Uygulanan doğrudan teşviklerin, ihtiyaç ortadan kalktıktan sonra, yeni iş modellerinin önünde engel oluşturabileceği değerlendirilmelidir.
- Piyasa oyuncularının maruz kaldıkları dengesizlik cezalarının, gerçek dengesizlik maliyetini yansıtır şekilde olması gerekmektedir. Piyasa katılımcılarının kendi dengesizliklerini azaltmasını teşvik edecek caydırıcı dengesizlik maliyetleri yenilikçi iş modellerinin önünü açacaktır.
- Enerji emtia fiyatlarının rekabetçi şekilde belirlenmesi sağlanmalı, düzenlemeye tabi tarifelerin en aza indirilmesi esas olmalıdır. Düzenlemeye tabi perakende satış tarifelerinin uygulanması halinde çok zamanlı ve dinamik tarife seçenekleri sunulabilir.

- Lisanssız elektrik üretiminde hâlihazırda kullanılan aylık mahsuplaşma uygulamasında anlık üretim/tüketim gereksinimleri dikkate alınamamakta, dengesizliklerin giderilmesi için teşvik unsuru ortadan kalkmaktadır. Aylık mahsuplaşma uygulaması belirli bir miktar dağıtık üretim entegrasyonundan sonra, yerini sistemin gerçek maliyetlerini dikkate alacak farklı yöntemlere bırakabilir.
- Yeni iş modellerinin sunduğu değeri en üst düzeye çıkarmak üzere gerekli olan enerji izleme cihazları, akıllı sayaçlar ve diğer ekipman maliyetlerinin tarifelere yansıtılabilmesi sağlanabilir.
- Tüketicilerin piyasada aktif oyuncu olmalarını sağlayacak mevzuat değişiklikleri hayata geçirilmelidir.
- Her ne kadar sistem güvenilirliği için rezerv kapasitenin sağlanması ve bunu temin edecek bir kapasite mekanizması uygulaması önemli olsa da, kapasite mekanizmasının esnek kaynakları ön plana çıkaracak şekilde tekrar değerlendirilmesi ve verimsizlik yaratmayacak bir yapıda olması sağlanmalıdır.
- Yeni iş modellerinin işlerlik kazanması açısından tüm toptan satış piyasalarının etkin işleyişi ve bunlar arasında yenilenebilir kaynakların dengesizliklerini azaltması açısından özelikle Gün İçi Piyasası önem taşımaktadır. Bu piyasadaki işlemlerin gerçek zamana daha yakın zaman dilimlerinde gerçekleşmesi durumunda oluşan dengesizliklerin ticarete konu olması mümkün olabilecek, üretim tahminlerinin doğruluğu artacak ve piyasadaki dengesizlikler azalacaktır. Bu kapsamda organize toptan satış piyasalarında işlem yapılabilme süreleri gerçek zamana yakın bir seviyeye indirilmelidir.
- Dengeden sorumlu grup (DSG) uygulaması her ne kadar finansal dengesizliklerin yönetilmesi için iyi bir enstrüman olsa da fiziksel dengeleme açısından olumsuz sonuçlar doğurabilmekte ve sistem işletmecisi için ek maliyetlere sebep olabilmektedir. DSG tanımı tekrar gözden geçirilerek fiziksel dengeleme açısından yükümlülükler getirilebilir.
- Organize sanayi bölgelerinin kendi bölgelerinde dağıtım tesislerinin kurulması, işletilmesi, elektrik enerjisinin dağıtımı ve ilgili diğer hizmetlerin yerine getirilmesi haklarına sahip olmaları, bu bölgelerde yenilikçi iş modellerinin uygulanması başarısını OSB'lerin bu alandaki başarıları ile sınırlamasına sebep olabilecektir. İleriki dönemlerde bu konuya ilişkin kısıtlar ve faydalar yeniden değerlendirilmelidir.
- Dağıtık üretim yöntemiyle yapılan elektrik ticaretinde üreticilerin aktif birer piyasa oyuncusu olmalarının önü açılmalıdır.
- Batarya teknolojilerinin şebeke ölçeğinde ve sayaç arkasında kullanımının önünü açacak mevzuat çalışmaları tamamlanmalı ve henüz rekabetçi olmayan bu teknolojiyi destekleyecek teşvikler sağlanmalıdır.

Mevzuat

Diğer birçok sektöre kıyasla enerji sektörünün büyük oranda düzenlemelere tabi olması sebebiyle faaliyetlerinin çoğunluğu mevzuat hükümlerine göre yürütülmektedir. Bu rapor kapsamında ele alınan yeni iş modellerinin bir kısmının hayata geçmesi için yeni mevzuat geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca yeni alanların tanımlanması ile birlikte hâlihazırda yürürlükte olan mevzuat ile uyumlaştırma ve/veya mevzuat işleyişlerinin iyileştirilmesi gibi konular da gündeme gelmektedir. Yen iş modellerinin hayata geçmesi için mevzuat alanında atılması gereken adımlar aşağıda özetlenmektedir.

- Sadece yeni iş modellerinin hayata geçmesi ve etkin işleyişi için değil, enerji sektöründe mevcut uygulamaların etkin işleyişi için de mevcut mevzuatta yer alan verimsizliklere sebep olan düzenlemelerin gözden geçirilerek uyumlaştırılması

önem arz etmektedir. Bu, aynı zamanda, düzenleyicinin sorumlu tarafları belirlemesine ve iletişim ve koordinasyonlarını iyileştirmesine de olanak sağlayacaktır.

- Enerji sektöründe yeni iş modellerinin önünü açacak olan yatırımların yapılması bürokratik süreçlere tabidir. Özellikle lisanssız güneş enerjisi santrallerinin hayata geçirilmesinde tanımlı olan bürokratik süreçlerin sadeleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. 9 adımlık ve yaklaşık 4 ay süren GES kurulum izin süreci gibi detaylı ve uzun olan mevcut bürokratik işlemlerin sürecinin basitleştirilmesi, tüketicilerin enerji ile ilgili yeni uygulamaları benimseme motivasyonunu artırmak için de faydalı olacaktır.
- Yeni iş modellerinin hayata geçmesi birçok yeni kavramın ortaya çıkmasını, bunlara ilişkin gerekli düzenlemelerin geliştirilmesini ve bu yeni düzenlemelerin hayata geçmesini sağlayacak uygulamaların geliştirilmesini gerekli kılacaktır.
- Yeni kavramların ve sorumluluk çerçevesinin belirlenmesi, bu modellerin yaygınlaştırılmasını kolaylaştıracaktır; toplayıcılar ve yap-işlet-devret modeli düzenlemelerde açıkça tanımlanmalı, enerji depolama faaliyetlerine ilişkin düzenlemeler küçük katılımcıları içerecek ve fazla enerjinin paylaşılmasına izin verecek şekilde iyileştirilmeli ve son olarak ESCO tanımlanmış olsa da, bu modelin ihtiyaç duyduğu hakem mekanizması gibi mekanizmalar düzenlemelere dâhil edilmelidir.
- Enerjide dijitalleşme uygulamaları önemli teknik altyapı ve uygulamaları gerekli kılmaktadır. Bu tür sistemlerin teknik standartlarının belirlenmesi ve bu sistemleri denetleyecek üçüncü tarafların yetkilendirilmesi katma değerli sistemlerin hızla hayata geçmesi ve güvenilir şekilde işletilmesi için gereklidir. EPC'lerin ilgili eğitim ve testlerden sonra kurumsallaşmayı sağlayacak yeterlilik önkoşulları ile belgelendirilmesi, enerji projelerinin başarısını da sağlayacak ve EDAŞ'ların her EPC uygulamasını denetleme yükünü hafifletmeye yardımcı olacaktır.

Sosyo-kültürel koşullar

Her ne kadar teknolojik imkânlar sağlansa da iş modellerinin geniş çaplı olarak hayata geçebilmesi enerji sistemi kullanıcılarının enerji dönüşümünün faydalarına duydukları inanç ve yeni hizmetleri talep etmeleri ile mümkün olabilecektir. Türkiye'de enerji sektörünün dönüşümünün tam anlamıyla benimsenmesi için piyasadaki tüketiciler, sektör oyuncuları ve kamu kurumlarının belirli bir bilince ulaşması kritik olacaktır. Bu, dijital okuryazarlık becerileri, enerji dönüşümünün kendisi ve yeni iş modellerinin potansiyel faydaları hakkında bilinç düzeyinin artırılması ile başarılabilir. Ayrıca, son tüketicilerin ihtiyaç duyduğu operasyonel çabayı en aza indiren kullanıcı dostu çözümler geliştirmek için sektör oyuncularının işbirliği büyük önem taşımaktadır. Bu aynı zamanda, yeni ve mevcut sektör oyuncuları arasında işbirliğine izin vererek piyasanın rekabet ortamını iyileştirecektir. Kamu sektörünün çabasının da çok önemli olduğunun altı çizilmelidir; sektör için tutarlı ve uzun vadeli bir yol haritasının geliştirilmesi ve şeffaf bir şekilde paylaşılması, yeni modellerin ortaya çıkmasına olanak tanıyacaktır. Yol haritasının hazırlanması sırasında küresel vakaların ve uygulamaların incelenmesi fayda sağlayacaktır. Son olarak, nitelikli işgücünün sektöre çekilmesi ve elde tutulması, sektörün ilerlemesi için önemlidir ve bu konuda önlemler alınması büyük önem taşımaktadır.

Sosyo-kültürel alanda yapılması gerekenler aşağıda özetlenmektedir.

- Enerji tüketicilerinin dijital okuryazarlık seviyelerinin artırılmasına yönelik programlar geliştirilmelidir.
- Kamuoyunda enerji dönüşümü hakkında farkındalık seviyesini arttıracak programlar uygulanmalıdır.

- Ticarethane ve sanayi tüketicilerinin enerji dönüşümü ile sağlanacak fayda konusunda bilinçlendirilmeleri büyük önem taşımaktadır.
- Kamunun sektörde öncü rolü sebebiyle enerji dönüşümü ve yeni dijital teknolojilerin enerji sektöründe uygulanması ile ilgili net hedefleri olan yol haritalarının geliştirilmesi, bunun kamuoyu ile paylaşılması ve uygulamasının yakından takip edilmesi gerekmektedir.
- Sektör çalışanlarının yetkinliklerini geliştirmek için mesleki konularda ve özellikle yazılım geliştirme konusunda eğitimlerin verilmesi gerekmektedir.
- İşgücünün korunmasına önem verilerek, başta Ar-Ge personeli olmak üzere tüm insan kaynağının işinde mutlu olmasını sağlayacak destekler ve teşvikler sağlanmalıdır.

Finansal koşullar

Her türlü yatırım ve bunu destekleyen iş modellerinin hayata geçmesi finansal koşulların doğru şekilde kurgulanması ile mümkün olabilmektedir. Enerji sektöründeki finansal zorlukların getirdiği engeller, yeni iş modellerinin uygulanmasını geciktirmekte ve yeni çözümlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Teknik/kredi riskinden korunma mekanizmalarını içeren yenilikçi finansman modelleri, özellikle ESCO şirketleri için iş modellerinin yaygınlaşmasında çok önemli olacaktır. Bu projelerin mali ve performansa dayalı risklerini hafifletmek için, bankaların yatırımcılardan aldıkları teminat miktarını nihayetinde azaltacak bir teminat ve sigorta mekanizması oluşturulması ihtiyacı bulunmaktadır. Ayrıca, enerji tesisleri, altyapısı ve teknolojisinin yüksek yatırım maliyetleri, kur baskısı ve sınırlı bütçelerle mücadele eden potansiyel yatırımcılar için finansal teşvikler büyük önem taşımaktadır.

Yeni iş modellerinin hayata geçmesinde en kritik alanlardan olan finansal koşulların iyileştirilmesine ilişkin öneriler aşağıda belirtilmektedir.

- Yeni iş modellerinin hayata geçmesi için gereken finansal koşulların sağlanması ancak enflasyon, döviz kuru ve emtia fiyatları gibi temel parametrelerin öngörülebilir olması ile mümkün olabilecektir.
- Yeni iş modellerine imkân tanıyacak yeni tesis ve altyapıların ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle potansiyel yatırımlara yönelik teşvikler tanımlanmalıdır. Ancak daha önce de belirtildiği gibi misyonu sona eren teşvik mekanizmalarının zamanında sona erdirilmesi de ayrıca önemlidir.
- Enerjide dijitalleşme uygulamaları için gerekli olan kritik teknolojik altyapıların kurulumu için gerekli bütçelerin tarifelerde yer alması değerlendirilebilir.
- Enerji dönüşümünün ihtiyaç duyduğu finansman imkânlarının sağlanması için bankacılık ve enerji sektörü arasında eşgüdüm sağlanmalıdır.

Teknolojik altyapı

Enerji sektöründe dönüşüm ve sektörün dijitalleşmesi büyük bir teknolojik dönüşümü gerekli kılmaktadır. Bu büyük teknolojik dönüşümün gerçekleşmesi için aşağıda belirtilen adımların atılması gerekmektedir:

- Enerji sektöründe dönüşümü destekleyecek olan üç teknolojik uygulamanın – nesnelerin interneti, akıllı sayaç altyapısı ve batarya depolama – yaygınlaştırılması desteklenmelidir.
- Standart sayaç gereksinimlerinin belirlenmesi ve pilot uygulamaların hayata geçirilmesi için "Türkiye'nin Akıllı Şebeke Yol Haritası"nda akıllı sayaçlarla ilgili oluşturulan yol haritası izlenmelidir.
- Uzaktan ölçüm uygulamalarının benimsenmesini artırmak için OSOS kurulumu için minimum sınır azaltılmalıdır.

- Enerji depolama sistemlerinin şebekedeki rolünün yanı sıra mülkiyet haklarının belirlenmesine yönelik düzenlemeler ve daha küçük tüketicilerin enerji sınırlamalarının azaltıldığı bir ortamın oluşturulması için gerekli adımlar atılmalıdır.
- Yazılım, veri paylaşımı için standartlar ve referans dil belirlenmeli, veri doğrulama ve kalite kontrol süreçleri geliştirilmeli, Kişisel Verilerin Korunması Kanunu ile uyuşmazlıkların çözümüne yönelik mevzuat değişiklikleri ile desteklenmelidir.

Şebeke planlaması ve altyapı

Türkiye'de dağıtık enerji kaynaklarının artan kullanımı ve elektrifikasyon eğilimleri ile birlikte, şebeke altyapısının nasıl dönüşeceği tartışmaları başlamıştır. Bundan sonraki dönemde dağıtım şebekesi planlaması kapsamının dağıtık üretim, yeni talep biçimleri ve esneklik seçeneklerini içerecek şekilde yapılması gerekliliği ortadadır. Şebeke altyapısının yeni iş modellerini destekleyecek şekilde gelişmesi için atılması gereken adımlar aşağıda belirtilmektedir.

- Şebeke gelişim planı; talep tarafı katılımı, enerji verimliliği, enerji depolama tesisleri veya dağıtım sistemi işletmecisinin sistem genişletmeye alternatif olarak kullanacağı diğer kaynakların kullanımını da içermelidir.
- Şebeke gelişim planlaması için dağıtım ve iletim sistem işletmecilerinin işbirliğini ve koordinasyonu artırması gerekmektedir.
- Akıllı şebeke gelişimine ilişkin bütünsel planlamalar yapılmalı ve hayata geçirilmelidir. Bu kapsamda akıllı sayaç kurulumu, tüketim verilerine tüketici erişimi, şebekenin gerçek zamanlı izlenmesi, ortak sensör ve büyük veri analitiği uygulamaları, şebeke kapasitesinin ve kısıtlamalarının piyasa platformları aracılığıyla giderilmesi gibi uygulamalar akıllı şebeke şemsiyesi altında ele alınmalıdır.
- Hızla dönüşen enerji sektöründe mikro şebekeler, yerel ve merkezi olmayan şebekeler gibi alternatif şebeke yaklaşımları tanımlanmalı ve hayata geçirilmelidir.
- Çok yönlü enerji akışlarını mümkün kılacak altyapı yatırımları gerçekleştirilmelidir.
- Sistem planlamasında elektrikli araç şarj altyapısının getireceği yük dikkate alınarak planlama yapılmalıdır.

Kentsel gelişim

Son olarak kentsel alanları daha temiz enerji kaynaklarıyla elektriklendirmek ve artan enerji talebini karşılamak için, yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması ve elektrifikasyon eğilimleri (örneğin, ısı pompaları ve elektrikli araçlar) büyük ölçüde gerekli altyapının oluşturulmasına bağlıdır. Türkiye'nin kentsel dönüşüm projelerinin oldukça fazla olduğu bir ülke olması nedeniyle, hem güneş sistemlerinin yaygınlaşması gibi dağıtık enerji kaynaklarından maksimum verim elde etmek, hem de elektrikli araç şarj istasyonları ve ısı pompalarının yaygın kullanımı dâhil olmak üzere elektrifikasyon hedefleri için, bu kentsel dönüşüm projelerinde enerji dönüşümü dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak, yeni yapılarda çatı üstü güneş enerjisi sistemleri, batarya sistemleri, elektrikli araç şarj istasyonları ve ısı pompaları gibi teknolojilerin uygulanması, bu yeniliklerin genele yayılmasının önünü açacaktır.

Kaynakça

Agency, I. E. (2021). Turkey 2021 Energy Policy Review .

Aggreko. (2021, March 30). First battery in Turkey commissioned by Aggreko to stabilise national grid. aggreko: https://www.aggreko.com/en/news/2021/global-news/april/first-battery-in-turkey-to-stabilise-national-grid adresinden alındı

Ajansı, A. (2018). https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/elektrikte-akilli-sayaclar-icin-pilot-uygulama-donemi-/1069347. adresinden alındı

Ajansı, A. (2021). https://www.dailysabah.com/business/tech/turkey-rolls-out-strategic-artificial-intelligence-road-map. adresinden alındı

Arthur D Little. (2020). Distributed flexibility: The next pool of value.

Avrupa Birliği - co2mmunity. (2018). Unsuccessfull community wind project in Lithuania by the Smalininkai village association.

Avrupa Komisyonu. (2019, July 12). ETSI releases three new SAREF ontology specifications for smart cities, industry 4.0 and smart agriculture. European Commission: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/etsi-releases-three-new-saref-ontology-specifications-smart-cities-industry-40-and-smart adresinden alındı

Avrupa Parlementosu. (2021). Renewable Energy.

Baes, K., & Carlot, F. (2018, April). Virtual Power Plants – At the heart of the energy transition. Arthur D Little: https://www.adlittle.com/en/insights/viewpoints/virtual-power-plants-%E2%80%93-heart-energy-transition adresinden alındı

Berkeley Lab Grid Integration Group . (2021). Microgrids and Vehice-Grid Integration.

Berkeley Lab Grid Integration Group. (2021a). Grid Planning and Economics.

Cambridge, U. o. (2019). Digitalisation and New Business Models in Energy Sector.

CEDEC. (tarih yok). Smart Grids for Smart Markets .

Energize Co2mmunity. (2002). Community energy cases. https://co2mmunity.eu/outputs/community-energy-cases adresinden alındı

Energy Pool. (2020). https://www.energy-pool.com.tr/post/mikro-sebekelere-dogru. adresinden alındı

Energy, A. (2020). Virtual Power Plant in South Australia .

Enerji Ticareti Derneği. (2017). Öngörülebilir, Serbest ve Rekabetçi Bir Elektrik Piyasası İçin Stratejik Yol Haritası Çalıştayı.

EPDK. (2020). Elektrik Piyasası Sektör Raporu.

EPDK. (2021). Elektrik Piyasası Sektör Raporu.

EPİAŞ. (2021). YEK-G Sistemi ve Organize YEK-G Piyasası Tanıtımı.

Euromonitor. (2019).

Euromonitor. (2020).

EÜAŞ. (2020).

Giraldo, S., la Rotta, D., Nieto-Londono, C., Vasquez, R. E., & Escudero-Atehortua, A. (2021). Digital Transformation of Energy Companies: A Colombian Case Study. energies.

IEA. (2017). Digitalisation and Energy.

IEA. (2020). World Energy Investment 2020.

IEA. (2021, July 15). Energy Storage Strategy. IEA: https://www.iea.org/policies/12809-energy-storage-strategy?q=energy%20storage&s=1 adresinden alındı

İhlas Haber Ajansı. (2006, June 30). Muğla: Muğla'da Santraller Eüaş'a Bağlandı. Haberler.com: https://www.haberler.com/mugla-mugla-da-santraller-euas-a-baglandi-haberi/ adresinden alındı

International, P. E. (2017). Turkey poised for first digital power plant.

IRENA. (2019). Enabling Technologies.

IRENA. (2019). Innovation Landscape.

IRENA. (2019). Renewable Energy Employment by Country. International Renewable Energy Agency: https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Benefits/Renewable-Energy-Employment-by-Country adresinden alındı

IRENA. (2020). Business Models Collection .

IRENA. (2020). Business Models: Innovation Landscape.

IRENA. (2020). Global Landscape of Renewable Energy Finance.

Kızıl Voyvoda, Ö., & Voyvoda, E. (2019, January). Türkiye'de Enerji Sektörünün Yeniden Yapılandırılması Sürecinde Hukuk Düzenlemeleri – Elektrik Sektörü. Çalışma ve Toplum.

Lugo, A. (2020, April 9). How Artificial Intelligence is changing the Energy Sector. https://becominghuman.ai/how-artificial-intelligence-is-changing-the-energy-sector-28968158332c adresinden alındı

Microsoft Dynamics 365. (2019). 2019 Manufacturing Trends Report.

PwC. (2021). AI Predictions 2021.

Resmi Gazete. (2009). Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği.

Reuters . (2019). Urbanization and rising energy consumption.

SHURA. (2019). Türkiye Ulaştırma Sektörünün Dönüşümü.

SHURA. (2019a). Türkiye'de Enerji Dönüşümünün Finansmanı.

SHURA. (2020a). 2030 Yılına Doğru Türkiye'nin Optimum Elektrik Üretim Kapasitesi.

SHURA. (2020b). Binalarda Çatı Üstü Güneş Enerjisi Potansiyeli.

SHURA. (2020c). Türkiye Elektrik Sistemi için En Ekonomik Katkı: Enerji Verimliliği ve Yeni İş Modelleri.

SHURA. (2021). Socioeconomic Impact of the Power System Transition in Turkey.

SHURA. (2021). Türkiye'de Elektrik Sistemi Dönüşümünün Sosyoekonomik Etkileri.

SHURA. (2021a). Rüzgâr ve Güneşin Şebekeye Entegrasyonu için Sektör Eşleştirme.

SHURA. (2021b). Yenilenebilir Dağıtık Enerji Üretiminin Şebeke ve Piyasa Entegrasyonu.

SHURA. (2021c). Yenilenebilir Enerji Entegrasyonunu Hızlandırmak için Türkiye Organize Toptan Elektrik Piyasalarında İyileştirmeler.

SHURA. (2021d). Türkiye Elektrik Piyasasında Talep Tarafı Katılımının Etkinleştirilmesi.

Şahbaz, Y. (2021, January 3). Makinelere 'akıl veren' teknolojiyle 32 ülkeye ihracat. Anadolu Ajansı: https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/makinelere-akil-veren-teknolojiyle-32-ulkeye-ihracat/2096773 adresinden alındı

Şengül, E. (2018, February 21). Elektrikte akıllı sayaçlar için pilot uygulama dönemi. Anadolu Ajansı: https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/elektrikte-akilli-sayaclar-icin-pilot-uygulama-donemi-/1069347 adresinden alındı

TMMOB. (2013, 07 29). EMO: MEVZUAT ÇARŞAFA DOLANDI. TMMOB: https://www.tmmob.org.tr/icerik/emo-mevzuat-carsafa-dolandi adresinden alındı

Trotta, G. (2020). Electricity awareness and consumer demand for information. International Journal of Consumer Studies, 65-79.

TUBITAK. (2020). TUBITAK Çağrı Planlaması.

TÜİK. (2020).

Uluslararası Finans Kurumu. (2013). From Gap to Opportunity: Business Models for Scaling Up Energy Access.

UNDP TR. (2021, June 2). Yenilenebilir enerji alanında eğitimli iş gücü yaratmak için birinci aşama. https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/presscenter/articles/2021/06/yenilenebilir-enerji-alaninda-egitimli-is-gucu-icin-birinci-asama.html adresinden alındı

Wennersten, R. (2018). Development of New Sustainable Urban Areas: Horizontal or Vertical Planning Systems for Resource Efficient Cities.

Yeşil Güneş Ağı. (2021, May 18). 10 kW ve Altı Lisanssız Güneş Enerji Santrali Başvuru Rehberi. Green Solar Network: https://www.greensolarnetwork.org/assets/attachments/dosyalar/10-kW-Alt%C4%B1-Lisanss%C4%B1z-G%C3%BCne%C5%9F-Enerji-Santrali-Ba%C5%9Fvuru-Rehberi.pdf adresinden alındı

Yiğit, H. (2015, June 28). GES'ler alarm veriyor! Enerji Günlüğü: https://www.enerjigunlugu.net/gesler-alarm-veriyor-14272yy.htm adresinden alındı

NOTLAR

İstanbul Politikalar Merkezi

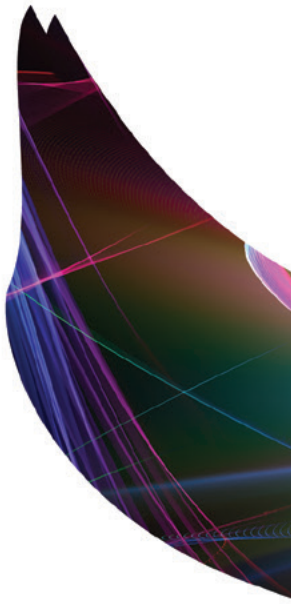
İstanbul Politikalar Merkez (İPM) demokratikleşmeden iklim değişikliğine, transatlantik ilişkilerden çatışma analizi ve çözümüne kadar, önemli siyasal ve sosyal konularda uzmanlığa sahip, çalışmalarını küresel düzeyde sürdüren bir politika araştırma kuruluşudur. İPM araştırma çalışmalarını üç ana başlık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

European Climate Foundation

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

Agora Energiewende

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



SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

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

SHURA Kurucu Ortakları:

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

European Climate Foundation

Agora Energiewende

/company/shura @shuraedm SHURAEDM