SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri

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

Yazar
Alper Uğural, Mert Kekevi (Energy Pool), Ayşe Ceren Sarı (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi)

Teşekkürler
Rapor SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi direktörü Dr. Değer Saygın tarafından yapılan genel yönlendirme ve değerlendirme ile hazırlanmıştır. Alper Terciyanlı (ENDOKS) raporu inceleyerek geri bildirimde bulunmuştur.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, Almanya Federal Cumhuriyeti Parlamentosu'nun kararı doğrultusunda finansman sağlayan Almanya Federal Ekonomi ve Enerji Bakanlığı'na müteşekkirdir. Ayrıca SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, bu rapor için 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 © 2020 Sabancı Üniversitesi

ISBN 978-605-70031-5-7

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

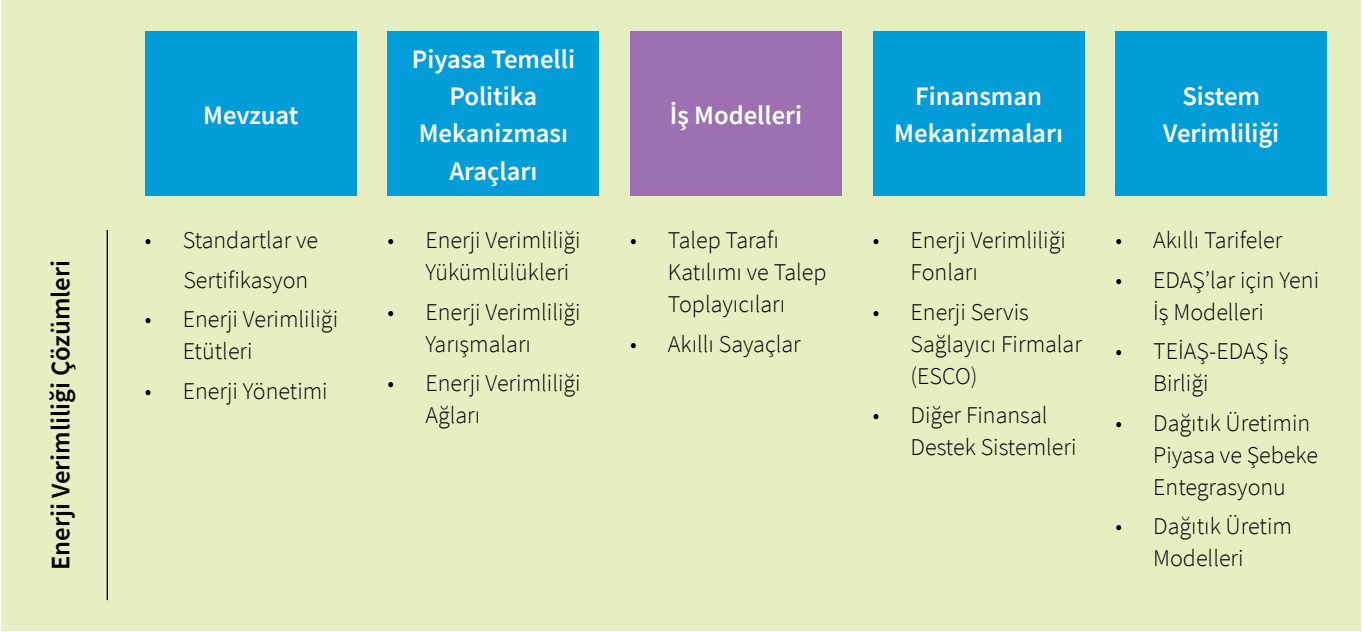
Energy Pool

Supported by:
Federal Ministry for Economic Affairs and Energy
on the basis of a decision by the German Bundestag

Enerji Verimliliği Çözümü:
İş modelleri

Giriş

Şekil 1: *Enerji verimliliği rapor içerik şeması*



Bu çalışma SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi'nin "Türkiye Elektrik Sistemi için En Ekonomik Katkı: Enerji Verimliliği ve Yeni İş Modelleri" adlı çalışmasının destekleyici raporlarından biri olarak, Türkiye'nin enerji verimliliğine talep tarafı katılımı ve akıllı sayaçların şebeke entegrasyonunun potansiyel katkılarını incelemektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde dünyada enerji verimliliği iyileştirmeleri için kullanılan iş modelleri tanıtılmıştır. Talep tarafı katılımı ve toplayıcılar ile akıllı sayaçların temel kapsam ve nitelikleri incelenmiştir. Talep tarafı katılımı tanıtılırken standart haline gelmiş uygulamalar, dünya uygulamaları temel alınarak tanımlanmıştır.

İkinci bölümde çalışmada incelenen iş modellerinin enerji verimliliğine olan potansiyel katkısı incelenmiş, bu katkının ortaya çıkmasına etki eden temel unsurlar ele alınmıştır. Talep tarafı katılımı ve toplayıcıların enerji verimliliğine olan katkı potansiyeli talep tarafı katılımı hizmeti sağlayabilecek talep tarafı kaynakları, şebekede talep tarafı katılımı kaynakları ve talep tarafı katılımı kaynaklarının enerji verimliliğinin artırılmasına olan katkısı açısından incelenmiştir. Akıllı sayaçların enerji verimliliğine olan katkı potansiyeli açıklanırken, bu teknolojinin uygulanmasından fayda sağlayan taraflar, şebekede akıllı sayaçlar ve akıllı sayaçların enerji verimliliğinin artırılmasına olan katkısı göz önünde bulundurulmuştur.

Üçüncü bölümde çalışma dâhilindeki iş modelleri karşısındaki dünya uygulamalarında sıklıkla ortaya çıkan temel engeller ile bu iş modellerinin etkin uygulanması için ihtiyaçlar, gerekli teknolojiler ve yaklaşımlar incelenmiştir. Aynı zamanda talep tarafı katılımının diğer enerji verimliliği çözümleri ile olan etkileşimleri de açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ise dünyadaki talep tarafı katılımı ve toplayıcılar ile akıllı sayaçlar uygulamalarından örnekler tanıtılmıştır.

Beşinci bölümden itibaren Türkiye'de enerji verimliliğinin iyileştirilmesi için iş modellerinin durumu ve potansiyeli incelenmeye başlanmıştır. Beşinci bölümde Türkiye'deki mevcut durum ve iş modellerinin potansiyel etkin uygulaması arasındaki boşluk mevzuat, metodoloji ve araçlar, ölçme doğrulama sistemleri, kurumsal değişiklikler ve piyasa tasarımı alt başlıklarında tespit edilmiştir.

Altıncı bölümde iş modellerinin Türkiye'de enerji verimliliğine olan potansiyel etkisi belirlenmiştir. Talep tarafı katılımının Türkiye'de enerji verimliliğine olan etkisinin hesaplanması için ilk olarak sanayi, ticarethane ve mesken son tüketim alanlarındaki esnek yük kaynağı ekipman veya süreçler belirlenmiştir. Sonraki adımda seçilen süreç veya ekipmanların kurulu güçleri bulunmuş ve esneklik potansiyelleri hesaplanmıştır. Ardından incelenen her bir ekipman veya süreç için mevsimsel saatlik yük değişim grafikleri oluşturulmuştur. Bunun amacı "Türkiye'nin Elektrik Sistemi Dönüşümünde Enerji Verimliliğinin Rolü: Enerji Verimliliğini Hızla Artırmak için Yeni İş Modellerini Hayata Geçirmek" (SHURA, 2020) raporunda oluşturulmuş olan ve GÖP'ün benzetimini yaparak elektrik üretim santrallerinin üretim miktarlarını, birincil enerji tipine göre yakıt tüketimini ve elektrik fiyatlarını tahmin etmeyi amaçlayan "fundamental model"e etkilerini hesaplamaktır. Son olarak saatlik esneklik miktarları yük değişim grafikleri ile belirlenmiş esneklik kaynaklarının enerji verimliliğine olan etkisi toplam tasarruf, puan yük tasarruf, karbondioksit (CO_2) emisyonları, yenilenebilir entegrasyonu ve dağıtım sistemlerindeki teknik kayıplar başlıkları altında değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme mevcut fundamental model yük eğrisi ve belirlenen saatlik esneklik miktarlarının fundamental modele uygulanması sonucu oluşan yeni yük eğrisi arasındaki farklar üzerinden belirlenmiştir.

Enerji verimliliğine olan etkiler, iş modellerinin 2030 yılına kadar öngörülmüş ticarileşme potansiyeli dikkate alınarak hesaplanmış ve yedinci bölümde ortaya konmuştur. Ticarileşme potansiyeli analizi her bir iş modeli için gerçekleştirilmiş, en büyük etki potansiyeline sahip uygulama alanları Türkiye'deki 2030 yılına kadar olan yatırım süreci, yatırım miktarı ve verimlilik potansiyeli açısından incelenmiştir.

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

İÇİNDEKİLER

Giriş 3

Şekiller Listesi 6

Tablolar Listesi 7

Bilgi Kutusu Listesi 7

Kısaltma Listesi 8

1. İş Modellerinin Tanımı 9
   1.1. Talep Tarafı Katılımı ve Talep Toplayıcıları 9
      1.1.1. Enerji Piyasaları ve Talep Tarafı Katılımı Uygulamaları 10
      1.1.2. Dengeleme Rezervleri ve Talep Tarafı Katılımı Uygulamaları 12
      1.1.3. Kapasite Mekanizmaları ve Talep Tarafı Katılımı Uygulamaları 14
   1.2. Akıllı Sayaçlar 15

2. İş Modellerinin Enerji Verimliliğine Katkısı 17
   2.1. Talep Tarafı Katılımı ve Talep Toplayıcıları 17
      2.1.1. Talep Tarafı Katılımı Hizmeti Sağlayabilecek Talep Tarafı Kaynakları 17
      2.1.2. Şebekede Talep Tarafı Katılımı Hizmeti Kaynakları 18
      2.1.3. Talep Tarafı Katılımının Enerji Verimliliğinin Artırılmasına Katkısı 18
   2.2. Akıllı sayaçlar 21
      2.2.1. Akıllı Sayaçlardan Fayda Sağlayan Taraflar 21
      2.2.2. Şebekede Akıllı Sayaçlar 22
      2.2.3. Akıllı Sayaçların Enerji Verimliliğinin Artırılmasına Katkısı 22

3. İş Modellerinin Etkin Uygulaması Önündeki Engeller, İhtiyaçlar ve Gerekli Teknoloji/Yaklaşımlar 23
   3.1. Talep Tarafı Katılımı ve Toplayıcılar 23
      3.1.1. Engeller 23
      3.1.2. İhtiyaçlar 24
      3.1.3. Gerekli Teknoloji ve Yaklaşımlar 24
   3.2. Akıllı Sayaçlar 28
      3.2.1. Engeller 28
      3.2.2. İhtiyaçlar 29
      3.2.3. Gerekli Teknoloji ve Yaklaşımlar 31

4. İş Modellerinin En İyi Uygulama Örnekleri 33
   4.1. Talep Tarafı Katılımı ve Toplayıcılar 33
      4.1.1. Finlandiya 36
      4.1.2. Fransa 37
      4.1.3. İngiltere 38
      4.1.4. İsveç 38
      4.1.5. Norveç 39
      4.1.6. Avusturya 39
      4.1.7. ABD 39
   4.2. Akıllı sayaçlar 40

5. Türkiye'de İş Modellerinin Boşluk Analizi 43

6. Türkiye'de İş Modellerinin Etkileri 45
6.1. Farklı Son Tüketim Alanlarındaki Esnek Yüklerin Kurulu Güçleri 46
6.1.1. Sanayi Son Tüketim Alanındaki Talep Tarafı Katılımına Uygun Süreç ve Ekipmanların Kurulu Güçleri 46
6.1.2. Ticarethane Son Tüketim Alanındaki Talep Tarafı Katılımına Uygun Süreç ve Ekipmanların Kurulu Güçleri 47
6.1.3. Mesken Son Tüketim Alanındaki Talep Tarafı Katılımına Uygun Süreç ve Ekipmanların Kurulu Güçleri 47
6.2. Esnek Yüklerin Esneklik Potansiyelleri 48
6.3. Esnek Yüklerin Saatlik Yük Değişim Grafikleri 48
6.4. Sonuçlar 50
6.4.1. Toplam Tasarruf Etkisi 50
6.4.2. Puant Yük Tasarruf Etkisi 50
6.4.3. CO_2 Emisyonlarına Etkisi 50
6.4.4. Yenilenebilir Enerjinin Şebeke Entegrasyonuna Etkisi 51
6.4.5. Dağıtım Şebekesindeki Teknik Kayıplara Etkisi 52

7. İş Modellerinin Türkiye'deki Ticarileşme potansiyeli 53

8. İş Modellerinin Etkin Uygulanması İçin Politika önerileri 55
8.1. Talep Tarafı Katılımı ve Toplayıcılar 55
8.2. Akıllı Sayaçlar 56

9. Referanslar 57

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Enerji verimliliği rapor içerik şeması 3
Şekil 2: Elektrik piyasası sistem işleyişi 11
Şekil 3: Talep tarafı katılımının enerji piyasalarındaki fiyat oluşumuna etkisi 12
Şekil 4: Dengeleme rezervlerinin çalışma süreçleri 13
Şekil 5: Örnek akıllı sayaç sistemi bileşenleri 16
Şekil 6: Talep tarafı katılımı ve talep toplayıcıları tarafından elektrik sektöründe kapsanan kısım 17
Şekil 7: Akıllı sayaçlar tarafından elektrik sektöründe kapsanan kısım 21
Şekil 8: Talep toplayıcısının piyasadaki rolü 25
Şekil 9: Referans yük metodu 27
Şekil 10: Örnek akıllı sayaç sistemi 31
Şekil 11: Çalışmada incelenen en iyi uygulama örnekleri 35
Şekil 12: Akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu konusunda AB ülkelerinin durumu, 2018 40
Şekil 13: Primer alüminyum üretiminin saatlik yük değişimi (Kış) 48
Şekil 14: Çimento üretiminin saatlik yük değişimi (Yaz) 49
Şekil 15: Gıda endüstrisinde soğutmanın saatlik yük değişimi (Yaz) 49
Şekil 16: Çamaşır makinelerinin saatlik yük değişimi (Kış) 49

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Talep tarafı katılımı uygulamaları ile gerekli teknolojiler ve yaklaşımlar 25
Tablo 2: Mesken son tüketim alanındaki kontrol edilebilir cihazlar 28
Tablo 3: Çalışmada incelenen başarılı talep tarafı katılımı uygulamaları 33
Tablo 4: Finlandiya – Enerji piyasası 36
Tablo 5: Finlandiya – Frekans tutma rezervi 36
Tablo 6: Finlandiya – Manuel frekans iyileştirme rezervi 36
Tablo 7: Finlandiya – Dengeleme kapasite piyasası 37
Tablo 8: Fransa – Enerji piyasası 37
Tablo 9: Fransa – Manuel frekans iyileştirme rezervi 38
Tablo 10: İngiltere – Frekans tutma rezervi 38
Tablo 11: İsveç – Restorasyon rezervi 39
Tablo 12: Norveç – Manuel frekans iyileştirme rezervi 39
Tablo 13: Avusturya – Otomatik frekans iyileştirme rezervi 39
Tablo 14: Boşluk analizi 43
Tablo 15: Enerji tüketimi yüksek sanayi süreçlerinin kurulu güçleri 46
Tablo 16: Amacından bağımsız sanayi süreçlerinin kurulu güçleri 46
Tablo 17: Ticarethane son tüketim alanındaki esnek yük kaynaklarının kurulu güçleri 47
Tablo 18: Mesken son tüketim alanındaki esnek yük kaynaklarının kurulu güçleri 47
Tablo 19: Son tüketim alanlarına göre esnek yük potansiyelleri 48
Tablo 20: Talep tarafı katılımının CO_2 emisyonlarına etkisi 51
Tablo 21: Talep tarafı katılımının yenilenebilir enerji kapasitesinin şebeke entegrasyonuna etkisi 51
Tablo 22: Talep katılımının dağıtım sistemi teknik kayıplarına etkisi 52
Tablo 23: Talep tarafı katılımının ticarileşme potansiyeli ve maliyeti 54
Tablo 24: Talep tarafı katılımı ve talep toplayıcılarının geliştirilmesi için politika önerileri 55
Tablo 25: Akıllı sayaçların geliştirilmesi için politika önerileri 56

BİLGİ KUTULARI LİSTESİ

Bilgi Kutusu 1: 31 Mart 2015 Elektrik Kesintisinin Maliyeti ve 10 Senelik Talep Tarafı Katılımı Kapasite Maliyetinin Karşılaştırılması 20
Bilgi Kutusu 2: Puant Yük Yönetimi İçin Doğal Gaz Santrali Yatırım Maliyeti ile Talep Tarafı Katılımı Kapasite Maliyetinin Karşılaştırılması 21

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABD$	ABD doları
aFİR	otomatik frekans iyileştirme rezervi
CAPEX	ilk yatırım maliyetleri
DSL	digital subscriber line
EDAŞ	enerji dağıtım şirketi
EDR	Economic Demand Response
ELDER	Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği
ELR	Economic Load Response
EMLR	Emergency & Full-Emergency Load Response
ENTSO-E	"Avrupa Elektrik İletim Sistem Operatörleri Birliği (European Network of Transmission System Operators for Electricity)"
EPEX	Avrupa Enerji Borsası
EPİAŞ	Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
ESCO	enerji hizmet şirketi
EUR	avro
FCDM	Frequency Control by Demand Management
FİR	"frekans iyileştirme rezervi (frequency restoration reserve)"
FTR	"frekans tutma rezervi (frequency containment reserve)"
GİP	gün içi piyasası
GÖP	gün öncesi piyasası
GSM/GPRS	hücresel mobil şebeke ağı
GW	gigavat
GWh	gigavat-saat
Hz	hertz
IoT	"nesnelerin interneti (internet of things)"
KM	kapasite mekanizması
KP	kapasite piyasası
KY	"kesintili yük (interruptible loads)"
mFİR	manuel frekans iyileştirme rezervi
MW	megavat
MW	megavat
MWh	megavat-saat
NEBEF	notification d'échange de blocs d'effacement
OPEX	işletme giderleri
OSOS	otomatik sayaç okuma sistemleri
PLC	power line communications
PRDR	Planning Resources Demand Response
PTF	piyasa takas fiyatı
RR	"restorasyon rezervi (restoration reserve)"
SMF	sistem marjinal fiyatı
SR	stratejik rezervler
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TL	Türk Lirası
TOBB	Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
UEÇM	uzlaştırmaya esas çekiş miktarı
UEVM	uzlaştırmaya esas veriş miktarı

1. İş Modellerinin Tanımı

Talep tarafı katılımı, diğer enerji verimliliği çözümlerinden farklı olarak, enerji tasarrufuna değil enerjinin maliyetini optimize edecek şekilde kullanılmasına odaklanmaktadır. Maliyetin optimize edilmesi, bir ekipmanın yeni teknoloji ile değiştirilerek enerji tasarrufu sağlamasından farklı olarak, aynı ekipmanın elektrik fiyatlarının daha uygun olduğu bir zamanda çalıştırılması şeklinde basitleştirilerek anlatılabilir. Talep tarafı katılımının yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin bir şekilde şebeke entegrasyonunu sağlayabilmesi için akıllı sayaçlar ayrıca bir iş modeli olarak düşünülebilir. Akıllı sayaçlar, benzer enerji ölçüm cihazlarından verilerin anlık olarak okunmasını ifade eden bir iş modeli ve talep tarafı katılımını mümkün kılan kritik bir teknolojidir. Talep tarafı katılımı, sadece akıllı sayaçlar ile mümkün değildir. Buna ek olarak elektrik piyasası tasarımları ve düzenlemeler de uygun hale getirilmelidir. Raporun bu bölümünde talep tarafı katılımı ve ilgili akıllı sayaçlar iş modelleri etraflıca incelenecektir.

SHURA'nın yayımlamış olduğu "Türkiye'de Kullanılan Elektriğin %50'den Fazlası Yenilenebilir Kaynaklardan Sağlanabilir: Sistem Esnekliğini Artırmak için Gereken Seçeneklerin Maliyet ve Faydaları" (SHURA, 2019) raporundaki sonuçlara göre, güneş ve rüzgâr enerjisi payının 2026 yılına kadar toplam tüketimde %30 seviyesine erişmesi için gereken esneklik seçeneklerinden biri yılın istenilen herhangi bir saatinde %5'lik yük azaltma veya kaydırma potansiyeliyle talep tarafı katılımıdır.

1.1. Talep Tarafı Katılımı ve Talep Toplayıcıları

Talep tarafı katılımı, elektrik tüketicilerinin piyasa fiyatları veya sistem işletmecilerinin verdiği talimatlar doğrultusunda olağan elektrik tüketim rejimlerini değiştirmesidir. Temel olarak elektrik tüketimlerini yüksek tüketim olan saatlerde düşürmeyi veya yüksek tüketim olan saatlerden düşük tüketim olan saatlere kaydırmayı amaçlar. Bu sayede tüketiciler, düşük fiyatlı saatlerde elektrik tükettikleri için maliyetlerini düşürürler ve sistem işletmecilerinin verdiği teşvikler ile ek gelir elde etme şansı bulurlar.

Talep tarafı katılımının yenilenebilir enerji payı daha yüksek ve daha verimli bir enerji sektörüne dönüşüm için faydaları vardır. Talep tarafı katılımı öncelikle güneş ve rüzgâr gibi kesintili üretim karakteristiğine sahip yenilenebilir enerji kaynaklarının sistem entegrasyonunda esneklik çözümü sağlar. SHURA'nın yayımlamış olduğu "Türkiye'de Kullanılan Elektriğin %50'den Fazlası Yenilenebilir Kaynaklardan Sağlanabilir: Sistem Esnekliğini Artırmak için Gereken Seçeneklerin Maliyet ve Faydaları" (SHURA, 2019) raporundaki sonuçlara göre, güneş ve rüzgâr enerjisi payının 2026 yılına kadar toplam tüketimde %30 seviyesine erişmesi için gereken esneklik seçeneklerinden biri yılın istenilen herhangi bir saatinde %5'lik yük azaltma veya kaydırma potansiyeliyle talep tarafı katılımıdır. Fayda-maliyet açısından net fayda sunan tek esneklik çözümü olan talep tarafı katılımı şu anda Türkiye'de uygulanmamaktadır. Talep tarafı katılımı elektrik puant yükün daha verimli yönetimi sayesinde hem ekonomik hem de arz talep arasındaki denge açısından bir verimlilik sunar. Ayrıca şebekeye yapılacak ek yatırımların önüne geçilmesine veya ötelenmesine katkıda bulunur.

Talep tarafı katılımı hizmeti organize piyasalarda Enerji Piyasaları (Gün Öncesi ve Gün İçi Piyasaları) ve Yan Hizmetler Piyasası aracılığı ile tedarik edilebildiği gibi sistem işletmecisi tarafından ikili anlaşmalar ve ihaleler (örneğin kapasite mekanizmaları) ile de tedarik edilebilir. Talep tarafı katılımı hizmetini, ilgili ön yeterlilik kriterlerini sağlayan talep tarafındaki tüketim tesisleri, kojenerasyon tesisleri, enerji depolama tesisleri, dağıtık üretim kaynakları ve elektrikli araçlar sağlayabilir (Dağıtık üretim ile ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Sistem Verimliliği raporunu inceleyiniz). Talep tarafı katılımı hizmetini genelde şebekeye iletim sisteminden bağlantısı olan talep tarafı kaynakları (özellikle sanayi son tüketim alanına ait tesisler) bireysel olarak sağlayabildikleri gibi, dağıtım sisteminden bağlantısı olan talep tarafı kaynakları

da (özellikle mesken ve ticarethane son tüketim alanlarına ait tüketiciler) talep toplayıcılarının oluşturduğu portföylere katılarak sağlayabilirler.

Talep toplayıcıları, görevi talep tarafı kaynakları ile oluşturduğu portföyün çeşitli piyasa mekanizmalarına katılmasını sağlamak olan, tedarik veya bağımsız talep toplayıcı lisansına sahip piyasa katılımcılarıdır. Talep tarafındaki piyasa katılımcıları, talep tarafı katılımı hizmetini bireysel olarak veya bir talep toplayıcı portföyüne katılarak sağlayabilir. Talep toplayıcı portföyü tüketicilerin bireysel olarak katılamayacakları mekanizmalara katılmasını sağlar, piyasaya bireysel olarak erişimi olmayan tüketicilerin piyasaya entegrasyonunu, talep tarafı katılımı hizmetinin performansını ve emre amadeliğini artırır. Bir portföydeki bazı tüketim tesisleri çeşitli sebepler ile anlık olarak hizmet sağlayamasa da portföyün büyük çoğunluğu sağlayabilir, hatta portföydeki tesisler hizmeti tam sağlamak için birbirini yedekleyebilirler. Talep toplayıcı portföyleri tedarik şirketleri tarafından oluşturulabildiği gibi, özgün bir piyasa katılımcısı olarak esas görevi talep tarafı kaynaklarını toplaştırmak olan bağımsız talep toplayıcıları tarafından da oluşturulabilir.

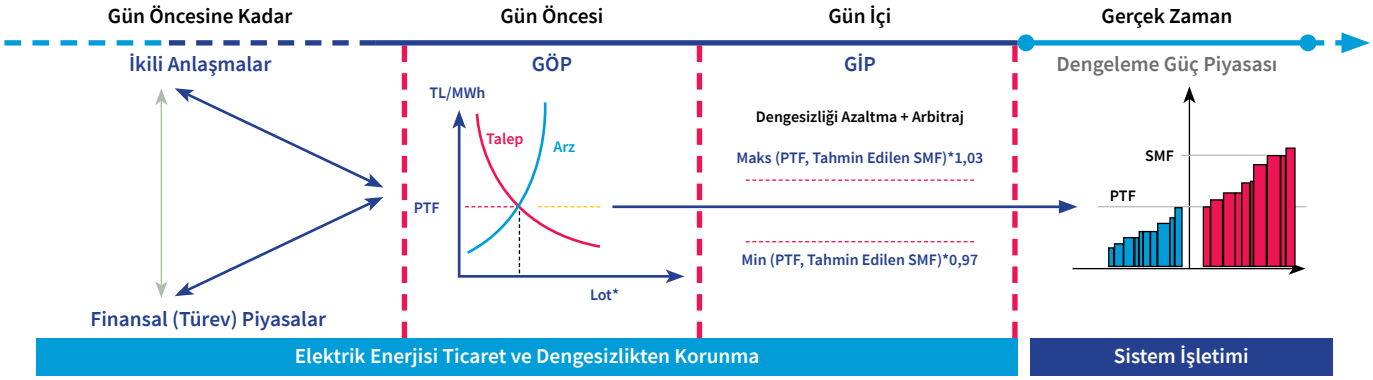
Talep toplayıcı portföyü tüketicilerin bireysel olarak katılamayacakları mekanizmalara katılmasını sağlar, piyasaya bireysel olarak erişimi olmayan tüketicilerin piyasaya entegrasyonunu, talep tarafı katılımı hizmetinin performansını ve emre amadeliğini artırır. Bir portföydeki bazı tüketim tesisleri çeşitli sebepler ile anlık olarak hizmet sağlayamasa da portföyün büyük çoğunluğu sağlayabilir, hatta portföydeki tesisler hizmeti tam sağlamak için birbirini yedekleyebilirler.

Avrupa Birliği (AB), 2012 tarihli Enerji Verimliliği Direktifi'nde üye ülkelere talep tarafı kaynaklarının ve talep toplayıcılarının piyasada aktif rol almasının gerekliliği vurgulanmış, üye ülkeler hızla elektrik piyasalarını talep tarafı katılımına açmaya başlamıştır (EC, 2012). Talep tarafının Almanya, Finlandiya, Fransa, İngiltere ve İsveç gibi Avrupa ülkelerinde ve Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) elektrik piyasalarına erişimi vardır. Aynı zamanda AB'nin 2013 tarihli "Incorporing demand side flexibility, in particular demand response, in electricity markets" adlı raporunda düzenleme kurumları, enerji hizmet şirketleri ve sistem operatörleri gibi piyasadaki ilgili tüm aktörler için talep tarafı katılımının entegrasyonunun sağlanmasında uygun şartların oluşturulması amaçlanmaktadır. Rapora göre Avrupa'da en az 40 gigavat (GW) esnek yük potansiyeli bulunmaktadır ve bu esnek yük puant elektrik üretimini %10 azaltacaktır (EC, 2013).

1.1.1. Enerji Piyasaları ve Talep Tarafı Katılımı Uygulamaları

Enerji piyasaları üreticiler, tedarik şirketleri ve eğer talep tarafı kaynaklarının piyasaya erişimi var ise tüketiciler ve talep toplayıcıları arasında elektrik enerjisi ticaretinin yapıldığı piyasalardır. Organize enerji piyasaları Türkiye'de Gün Öncesi Piyasası (GÖP) ve Gün İçi Piyasası (GİP) olmak üzere iki adet piyasadan oluşur (EPİAŞ, 2019). Türkiye'de GÖP ve GİP, Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPİAŞ) tarafından işletilmektedir fakat henüz talep tarafı katılımına açık değildir; tüketiciler ancak üretim veya tedarik lisansı ile ilgili piyasalara katılabilmektedir (Dünya Enerji, 2018).

Şekil 2: *Elektrik piyasası sistem işleyişi*



* Teklif miktarları Lot cinsinden tam sayı olarak bildirilir. 1 Lot 0,1 MWh'e eşdeğerdir.

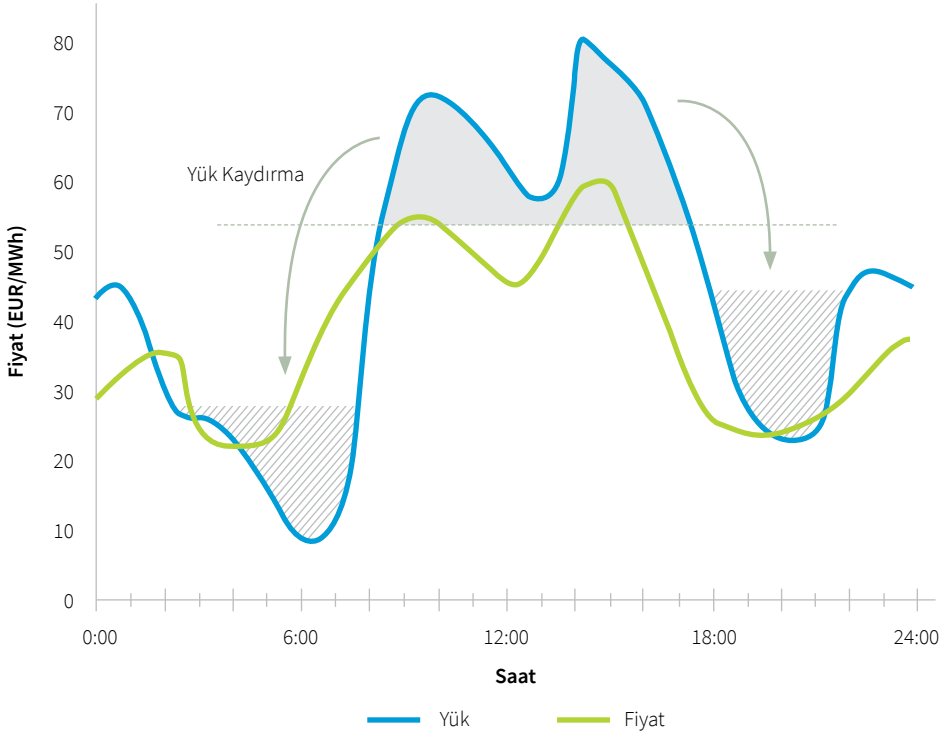
GÖP, piyasa katılımcılarının ticareti yapılan günden bir gün öncesine kadar saatlik elektrik ticareti yapmalarına olanak tanır ve bir gün önceden sağlanan elektrik arz-talep dengesi ile saatlik piyasa takas fiyatı oluşumunu sağlar. GİP, piyasa katılımcılarının ticaretini yaptıkları gün içinde elektrik alımı veya satımı yapmalarına olanak tanır ve piyasa katılımcılarının bir gün önce GÖP'te saatlik olarak verdikleri çalışma taahhütleri ile gerçek zamanda oluşmasını tahmin ettikleri dengesizlikleri ortadan kaldırmalarını sağlar.

Piyasa takas fiyatı, elektrik enerjisinin saatlik referans fiyatıdır ve GÖP'te saatlik olarak arz-talep dengesi sağlanmasıyla saatlik olarak oluşur. Bir saatte talep ne kadar fazla ise fiyatlar da o kadar yükselir; talep ne kadar düşük ise fiyatlar da o kadar düşer.

Tüketicilerin toptan enerji piyasalarına erişimini sağlamak, onların saatlik tüketimlerini taahhüt etmelerini ve GÖP'te arz-talep dengesi sonucu oluşmuş saatlik piyasa takas fiyatları üzerinden elektrik tüketimi yaparak yüklerini yüksek talep olan saatlerden (yani yüksek fiyatlı saatlerden) düşük talep olan saatlere (yani düşük fiyatlı saatlere) kaydırmalarını sağlar.

Talep tarafının erişimi olmayan enerji piyasalarında tedarik şirketleri, piyasadan aldıkları elektriği portföyündeki tüketicilere tarife olarak yansıtır. Sabit tarife üzerinden elektrik tüketen tüketiciler piyasa takas fiyatından saatlik olarak etkilenmezler ve yüklerini yüksek talep olan saatlerden düşük talep olan saatlere kaydırmak için bir sebebe sahip değildirler. Tüketicilerin toptan enerji piyasalara erişimini sağlamak, onların saatlik tüketimlerini taahhüt etmelerini ve GÖP'te arz-talep dengesi sonucu oluşmuş saatlik piyasa takas fiyatları üzerinden elektrik tüketimi yaparak yüklerini yüksek talep olan saatlerden (yani yüksek fiyatlı saatlerden) düşük talep olan saatlere (yani düşük fiyatlı saatlere) kaydırmalarını sağlar. Bu durum sistem işletmecisinin sistemi dengelemesini kolaylaştırır ve fiyat volatilitesini azaltır. Elektrik piyasalarında ileriye dönük fiyat tahmini yapabilmek yatırımcılar açısından önemlidir. Fiyatların volatilitesinin düşük olması, yatırımcıların ileriye dönük fiyat tahmini yapmasını ve potansiyel yatırımlarının kârlılığını belirlemesini kolaylaştırır (Next Kraftwerke, 2019).

Şekil 3: *Talep tarafı katılımının enerji piyasalarındaki fiyat oluşumuna etkisi*



Dengeleme rezervleri doğal gaz, kömür ve hidroelektrik santralleri gibi sevk edilebilir üretim kaynakları tarafından sağlanır ve henüz talep tarafı katılımına açık değildir.

1.1.2. Dengeleme Rezervleri ve Talep Tarafı Katılımı Uygulamaları

Elektrik şebekelerinde dengeleme, şebeke frekansının optimum frekans aralığında tutulmasını amaçlar. Sistem frekansı, arz-talep dengesinin gerçek zamanda korunmasıyla sağlanır. Sistem operatörleri frekans kontrolü için dengeleme rezervlerini kullanırlar. Dengeleme rezervleri, sistem operatörünün arz-talep dengesini sağlamak için, talimatları doğrultusunda üretim veya tüketim miktarlarını değiştirebildiği, yani "sevk edilebilir" piyasa katılımcılarıdır.

Türkiye'de dengeleme rezervleri Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) tarafından Yan Hizmetler Piyasası aracılığı ile tedarik edilmektedir (TEİAŞ, 2020). Dengeleme rezervleri doğal gaz, kömür ve hidroelektrik santralleri gibi sevk edilebilir üretim kaynakları tarafından sağlanır ve henüz talep tarafı katılımına açık değildir.

Kapasite mekanizmaları tedarik güvenliğini sağlayacak sevk edilebilir kapasiteyi garanti altına almak için kullanılır.

Talep tarafı katılımına açık olan piyasalarda, ilgili yeterlik kriterlerini sağlayan tüketim tarafı kaynakları da dengeleme rezervi sağlayabilirler. Talep toplayıcılarının oluşturduğu portföy, yeterlik kriterlerini bireysel olarak sağlayamayan talep tarafı kaynaklarının toplaştırılmasıyla oluşturulabilir ve toplaştırılmış talep ilgili yeterlilik kriterlerini sağlayabilir. Talep tarafı katılımının ve talep toplayıcılarının olduğu piyasalarda dengeleme rezervi sağlayabilecek kapasite artar; bu durum rekabeti artırır ve sistem işletmecisinin dengeleme maliyetlerini azaltır.

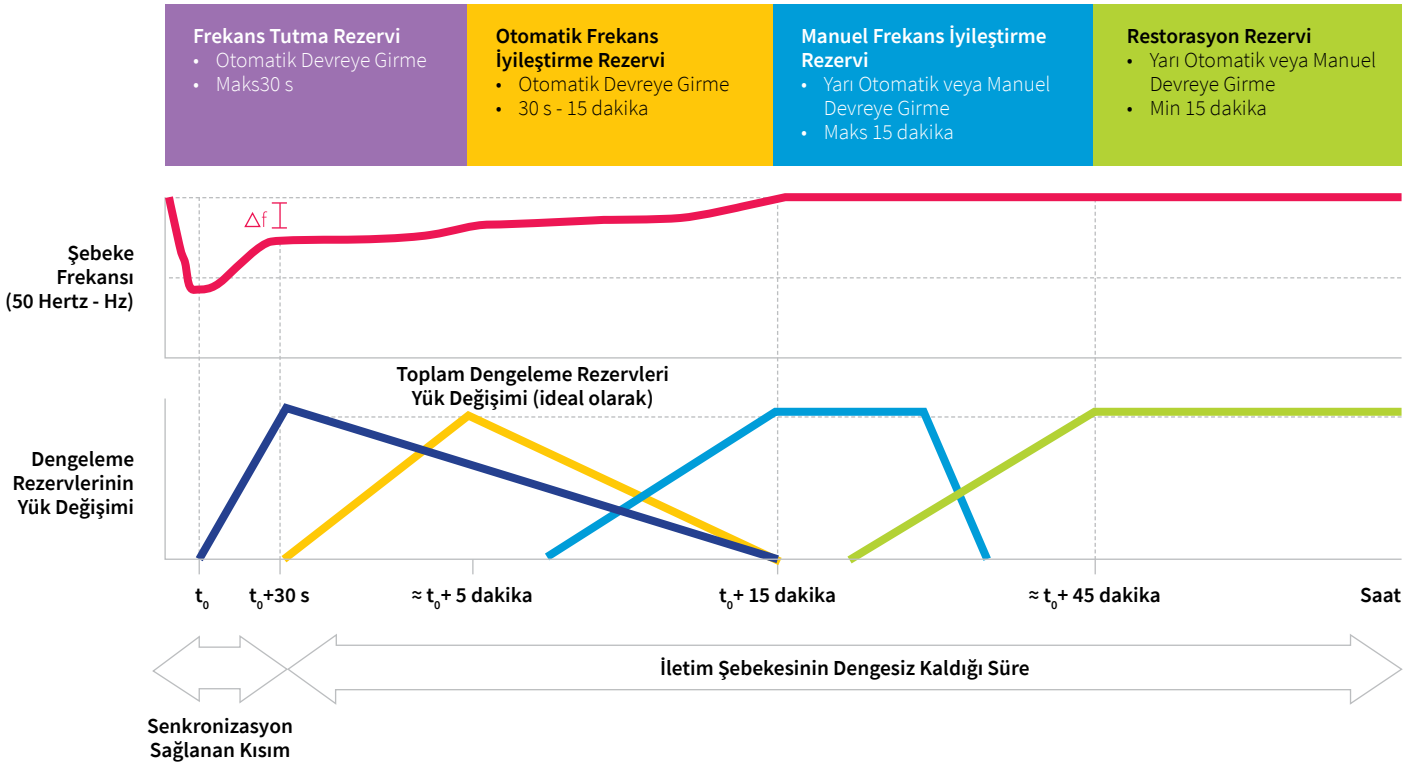
Sistem işletmecileri ihtiyacı olduğu zaman ilgili dengeleme rezervi sağlayan piyasa katılımcılarına veya dengeleme rezerv portföyü yöneticilerine talimat vererek sistemdeki arz-talep dengesini sağlar. Avrupa Elektrik İletim Sistem Operatörleri Birliği (ENTSO-E) sınıflandırmasına göre üç adet dengeleme rezervi vardır:

Dengeleme rezervleri birbirini tamamlayıcı mekanizmalardır; sistemin dengesini sağlamak için belirli bir sırayla ve düzende devreye alınırlar.

a. **Frekans Tutma Rezervi (FTR):** Arz-talep dengesizliği oluştuğunda ilk devreye giren ve sistem frekansını sabit tutmaya yarayan rezervlerdir. Frekans tutma rezervleri arz-talep dengesizliği oluştuktan saniyeler sonra otomatik olarak devreye girer. Ülkemizdeki ismi "primer frekans kontrol rezervi"dir.
b. **Frekans İyileştirme Rezervi (FİR):** Arz-talep dengesizliği sonrası frekans tutma rezervleri tarafından sabitlenen frekans değerini optimum çalışma aralığına ulaştıran rezervlerdir. İki tip frekans iyileştirme rezervi vardır; otomatik frekans iyileştirme rezervi (oFİR) sistem işletmecisinin gönderdiği sinyaller ile otomatik olarak devreye girer; manuel frekans iyileştirme rezervi (mFİR) ise sistem işletmecisinin gönderdiği talimatlar ile ilgili dengeleme rezervi sahibi piyasa katılımcısı tarafından devreye alınır. Ülkemizdeki isimleri sırasıyla "sekonder frekans kontrol rezervi" ve "tersiyer frekans kontrol rezervi"dir.
c. **Restorasyon Rezervi (RR):** Arz-talep dengesi sağlandıktan sonra, frekans iyileştirme rezervlerinin ileride oluşabilecek dengesizlikleri gidermeye hazır bulunması için sistem dengesini korumaya destek olan rezervlerdir.

Dengeleme rezervleri birbirini tamamlayıcı mekanizmalardır; sistemin dengesini sağlamak için belirli bir sırayla ve düzende devreye alınırlar. Şekil 4'de dengeleme rezervlerinin birlikte çalışması daha detaylı açıklanmaktadır (ENTSO-E, 2018).

Şekil 4: *Dengeleme rezervlerinin çalışma süreçleri*



Dengeleme rezervleri arz-talep dengesinin ve sistem frekansının korunmasında hayati öneme sahiptir. Sistem işletmecisine dengeleme rezervi sağlayan üretim santralleri şebeke frekansı düştüğünde üretim miktarlarını artırır, şebeke frekansı yükseldiğinde ise üretim miktarlarını azaltırlar.

Tüketim tesisleri, eğer dengeleme rezervlerine katılım talep tarafına açıksa, aynı şekilde şebeke frekansı düştüğü zaman yüklerini azaltırlar ve şebeke frekansı yükseldiği zaman yüklerini artırırlar. Basitçe açıklamak gerekirse, 1 megavat (MW) fazladan elektrik üretmek ile 1 MW az elektrik tüketmek sistem dengeleme açısından aynı etkiyi yaratır. Dengeleme rezervleri sağlayan piyasa katılımcıları, sistem işletmecisi ile yaptığı anlaşma doğrultusunda her an talimatları yerine getirmeye hazır bulunmalıdırlar.

1.1.3. Kapasite Mekanizmaları ve Talep Tarafı Katılımı Uygulamaları

Elektrik şebekelerinde arz güvenliğinin sağlanmasında, sistem operatörlerine dengeleme rezervleri sağlayan sevk edilebilir elektrik santrallerinin önemi büyüktür. Düşük marjinal maliyete sahip olan yenilenebilir elektrik santrallerinin elektrik üretimindeki payının artması, enerji piyasalarında piyasa takas fiyatının (PTF) düşmesine sebep olur. Bu durum dengeleme rezervlerine katılan konvansiyonel elektrik santrallerinin çalışma süreleri ve dolayısıyla kârlılıkları azalmaktadır; dolayısıyla yeni konvansiyonel santral yatırımları azalmakta ve mevcut santraller kapanma (veya sadece yüksek talep olan saatlerde çalışma) tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadırlar.

Kapasite mekanizmaları tedarik güvenliğini sağlayacak sevk edilebilir kapasiteyi garanti altına almak için kullanılır.

Günümüzde elektrik piyasaları, genelde arz fazlası olan piyasalar olarak tanımlansa da değişken üretime sahip elektrik santrallerinin (rüzgâr ve güneş santralleri gibi) beklenenden düşük üretim yapması arzın yetersiz olmasına yol açabilmektedir. Konvansiyonel elektrik santrallerinin sayısının azalması ve değişken üretime sahip elektrik santrallerinin sevk edilebilir olmaması, mevcut sevk edilebilir santral sayısının tedarik güvenliğini sağlamada yetersiz kalabileceği durumlar ortaya çıkarabilmektedir.

Kapasite mekanizmaları tedarik güvenliğini sağlayacak sevk edilebilir kapasiteyi garanti altına almak için kullanılır. Kapasite mekanizmaları katılımcılarına verdiği teşvikler ile ihtiyacı olan sevk edilebilir santrallerin düşük piyasa fiyatlarından edeceği zararı ortadan kaldırır ve ekonomik endişeler dolayısıyla yapmayacakları konvansiyonel santral yatırımlarını gerçekleştirmelerini amaçlar.

Talep tarafı katılımına açık olan kapasite mekanizmaları, sevk edilebilir kapasitenin yetersiz kaldığı piyasa mekanizmalarına ek kapasite sağlamak için kullanılır. Bunun amacı genel veya bölgesel kısıtlar olduğu durumlarda sistem işletmecileri tarafından sistem güvenliğini sağlamak için ihtiyaç bulunduğunda, önceden anlaştığı miktar kadar yük düşebilecek esnek yük kaynaklarının tedarikini güvence altına almak veya sistemi dengelemektir. Tüketiciler böylece sistem güvenliğini sağlarken, sistem işletmecisi tarafından yapılan kapasite ödemeleri ile ek gelir elde ederler.

Talep tarafı katılımının en fazla kullanıldığı piyasa mekanizması kapasite mekanizmalarıdır. Sistem operatörleri bölgesel veya genel kısıtları ortadan kaldırmak amacıyla anlaşmalı olduğu tüketim tesislerine, ihtiyacı olması durumunda devreye girmeleri için ayırdıkları kapasiteyi emre amade tutmaları veya ek kapasite ihtiyacı olan piyasa mekanizmalarına katılmaları zorunluluğu karşılığında düzenli bir kapasite ödemesi yapar. Anlaşma şartlarına göre devreye girdiği süre kadar ekstra bir enerji ödemesi de yapılabilir.

Dünyada yaygın olarak kullanılan üç çeşit kapasite mekanizması vardır (EC, 2018):

a. **Stratejik rezervler:** Stratejik rezervler, TEİAŞ gibi iletim sistemi operatörlerinin ihtiyacı olan sevk edilebilir dengeleme rezerv kapasitesi tedarikini rekabete dayalı ihaleler ile garanti altına almak için kullandığı mekanizmalardır. Piyasa işletmecisine stratejik rezerv sağlamak üzere anlaşan sevk edilebilir kaynak sahibi veya yöneticisi piyasa katılımcıları enerji piyasalarına katılamazlar ve sadece arzın düşük olduğu durumlarda devreye girerler. Stratejik rezervler Almanya, Belçika, İsveç ve Polonya gibi Avrupa ülkelerinde, dengeleme rezervlerinin tedarikini güvence altına almak için kullanılmaktadır ve talep tarafı katılımına açıktır.
b. **Piyasa çapında kapasite mekanizmaları:** Yan Hizmetler Piyasası işletmecileri şebekenin ihtiyacı olan kapasite yatırımlarını birkaç yıl önceden kaynağa göre belirler ve rekabete dayalı ihaleler ile tedarik ederler. Mekanizmaya katılan piyasa katılımcılarının ihalede talep ettikleri kapasite fiyatları, yeni kapasite yatırımlarının maliyetlerini yansıtır. Yeni kurulan kapasite enerji piyasalarında faaliyet gösterir. Bu tip kapasite mekanizmalarında oluşan risk, yatırımcıların piyasa fiyatlarından bağımsız yatırım kararları vermeleri ve fiyatları düşürerek piyasa fiyatlarına göre çalışan santrallerin kârlılığını azaltabilmesidir.
c. **Talep tarafı katılımı mekanizmaları:** Talep tarafı katılımı ile oluşturulan kapasite mekanizmalarında tüketicilere veya talep toplayıcılarına elektrik arzının düşük olduğu zamanlarda rekabete dayalı ihalelerde belirlenmiş miktar kadar yük düşmeye hazır bulunmaları için düzenli bir kapasite ödemesi yapılır. Tüketicilere veya talep toplayıcılarına yapılan ödeme, hizmetin sağlanıp sağlanmamasından bağımsız olarak emre amade olmaları için verilir. Talep tarafı katılımı mekanizmalarının avantajı tüketicilerin veya talep toplayıcılarının üretim santrallerinden daha hızlı devreye girme potansiyelidir. Talep toplayıcı portföylerinin hizmet sağlama oranı ise bireysel katılımcılardan fazladır. Ayrıca talep tarafı katılımı mekanizmaları ile talebi azaltmak, üretim santralleri ile arzı artırmaya göre daha çevrecidir; arzı artırmak için kullanılacak fosil yakıtların saldığı CO_2, tüketiciler yüklerini azalttığında ortaya çıkmayacaktır. Dünyada en yaygın olarak kullanılan talep tarafı katılımı kapasite mekanizması kesintili yükler (KY) uygulamalarıdır. Hizmet sağlamak üzere anlaşan tüketiciler veya talep toplayıcıları, karşılığında indirimli elektrik kullanmaya hak kazanabilir veya doğrudan bir gelir elde edebilirler.

Sistem operatörleri bölgesel veya genel kısıtları ortadan kaldırmak amacıyla anlaşmalı olduğu tüketim tesislerine, ihtiyacı olması durumunda devreye girmeleri için ayırdıkları kapasiteyi emre amade tutmaları veya ek kapasite ihtiyacı olan piyasa mekanizmalarına katılmaları zorunluluğu karşılığında düzenli bir kapasite ödemesi yapar.

1.2. Akıllı Sayaçlar

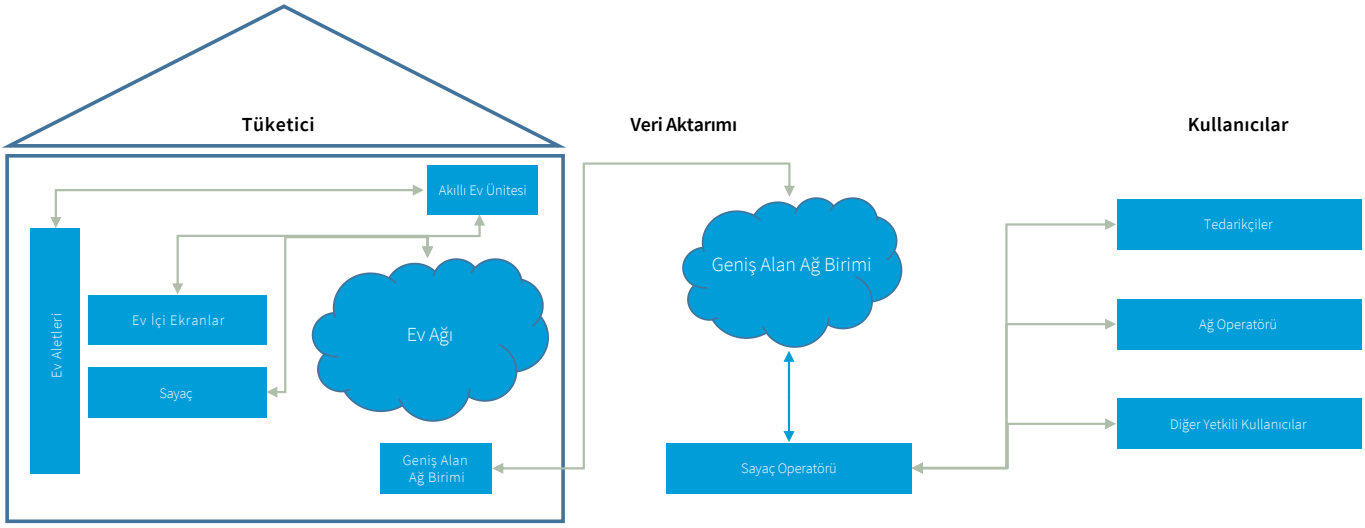
Talep tarafı katılımı için gerekli olan teknolojilerden en önemlisi akıllı sayaç sistemleridir ve talep tarafının elektrik piyasalarına entegrasyonu için bir ön koşuldur. Fakat akıllı sayaç sistemlerinin talep tarafı katılımı dışında da birçok faydası vardır ve akıllı şebekelerin gelişmesindeki başlıca etkendir. Sayaç yatırımlarından tam verim alabilmek için akıllı sayaç sistemleri iyi anlaşılmalı ve sunduğu faydalar analiz edilmelidir.

AB'nin akıllı sayaçların yaygınlaşması ile ilgili yönergesine göre, akıllı sayaçlar enerji tüketimini ölçebilen, geleneksel sayaçlardan daha fazla bilgi toplama kabiliyeti olan ve uzaktan veri alışverişi yapabilen elektronik iletişim sistemleridir (EU, 2012).

Akıllı sayaç sistemleri birçok alt bileşenden oluşur. Örnek olarak bir hanedeki akıllı sayaç çeşitli ev aletlerinden ve ekipmanlarından tüketim değerlerini toplar ve tüketiciye anlık elektrik tüketimini ve tüketimin faturalandığı elektrik tarifesi gibi

bilgileri anlık olarak gösterir. Sayaç sistemi elde edilen verileri iletişim ve veri işleme altyapısı ile sayaç okumasından sorumlu taraflara (ülkelere göre değişmekle beraber dağıtım sistemi operatörü veya üçüncü parti bir servis sağlayıcısı olabilir) aktarır; aktarılan veriler tedarik şirketleri, tüketiciler ve ilgili üçüncü taraflar ile paylaşılır (E-C, 2012).

Şekil 5: *Örnek akıllı sayaç sistemi bileşenleri*



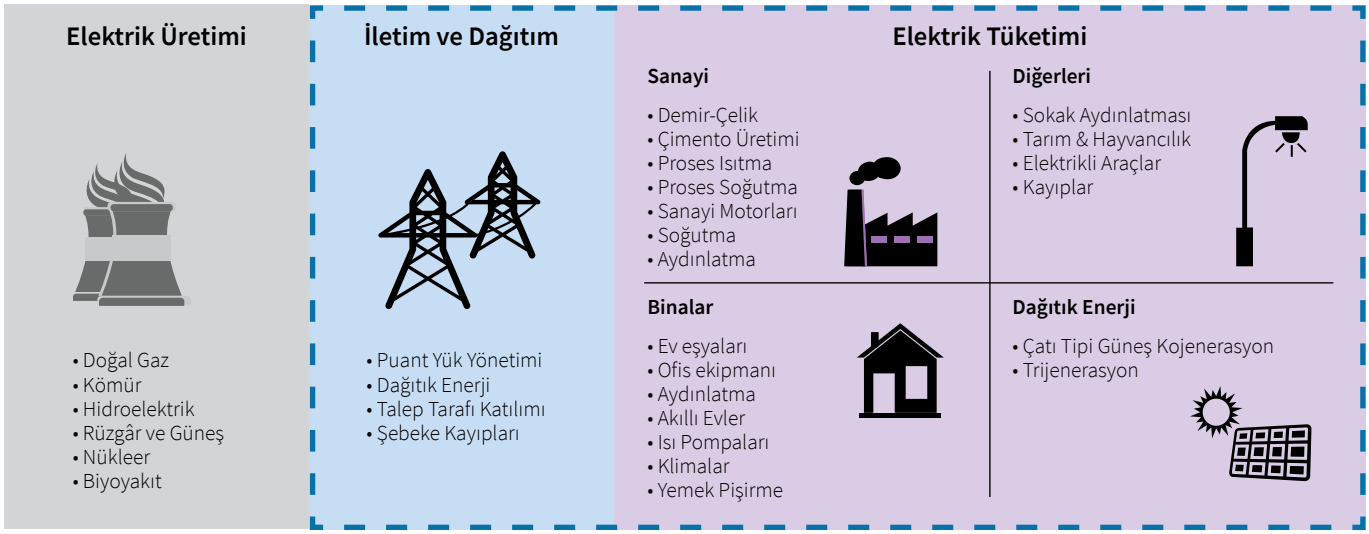
Genelde akıllı sayaçlar akıllı şebekelerin geliştirilmesi ve enerji piyasalarının dijitalleşmesi konusunda ilk ele alınan uygulamadır; talep tarafı katılımı dahil birçok yenilikçi verimlilik artırıcı uygulamanın geliştirilmesi için ön koşuldur.

Genelde akıllı sayaçlar akıllı şebekelerin geliştirilmesi ve enerji piyasalarının dijitalleşmesi konusunda ilk ele alınan uygulamadır; talep tarafı katılımı dahil birçok yenilikçi verimlilik artırıcı uygulamanın geliştirilmesi için ön koşuldur. Bu yüzden akıllı sayaçlar, yaygınlaşmasından tam verim alabilmek için yeni tarife mekanizmaları, talep tarafı katılımı, otomasyon ve bilgi sistemleri ile değerlendirilmelidirler.

2. İş Modellerinin Enerji Verimliliğine Katkısı

2.1. Talep Tarafı Katılımı ve Talep Toplayıcıları

Şekil 6: *Talep tarafı katılımı ve talep toplayıcıları tarafından elektrik sektöründe kapsanan kısım*



2.1.1. Talep Tarafı Katılımı Hizmeti Sağlayabilecek Talep Tarafı Kaynakları

Piyasa katılımcısı olan bütün tüketiciler enerji piyasalarına katılabilirler; ilgili yeterlik kriterlerini sağlayan piyasa katılımcıları veya talep toplayıcı portföyündeki tüketiciler dengeleme rezervi sağlayabilirler ve kapasite mekanizmalarına katılabilirler.
Talep tarafı katılımı hizmeti sağlayabilen talep tarafı kaynakları aşağıdakileri kapsar:

- Tüketim tesisleri,
- Kojenerasyon tesisleri,
- Enerji depolama sistemleri,
- Elektrikli araçlar,
- Dağıtık üretim kaynakları.

Talep toplayıcılar tüketicileri toplaştırdığı portföylerde aynı şekilde talep tarafındaki dağıtık üretim kaynaklarını da toplaştırarak ilgili kaynakların piyasaya entegrasyonunu sağlarlar.

Günümüzde şebekede yaygınlaşan dağıtık üretim kaynakları, piyasaya erişim standartlarının çok altında olması ve genelde dağıtım sistemine bağlantısı bulunması gibi etkenlerden dolayı oldukça sınırlı piyasa erişimine sahiptir. Talep toplayıcılar tüketicileri toplaştırdığı portföylerde aynı şekilde talep tarafındaki dağıtık üretim kaynaklarını da toplaştırarak ilgili kaynakların piyasaya entegrasyonunu sağlarlar. Dağıtık üretim kaynaklarının piyasaya erişiminin artması talep tarafı katılımı hizmeti sağlayabilecek kaynakları artırır, merkezi büyük elektrik santrallerine olan gerekliliği azalttığı için iletim kayıplarını engeller ve daha fazla yenilenebilir üretim santrali yatırımını teşvik eder (SHURA, 2020) (Dağıtık üretim ile ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Sistem Verimliliği raporunu inceleyiniz).

Özellikle dağıtık üretimin artması ile son zamanlarda yaygınlaşmaya başlamış olan önemli bir tür toplayıcılık modeli ise “sanal güç santralleri”dir. Sanal güç santralleri; dağıtık üretim kaynakları, enerji depolama sistemleri ve tüketim tesisleri gibi pek çok talep tarafı kaynağının talep toplayıcılar ile bir portföy altında toplanıp bir elektrik santrali gibi enerji piyasalarında ve/veya dengeleme sürecinde hizmet vermesini sağlar. Sanal güç santrallerinin emre amadeliği bireysel santrallere göre daha fazladır ve dağıtık kaynaklar kullandığı için bölgesel kısıtların çözülmesinde de bireysel santrallere göre daha etkindirler.

2.1.2. Şebekede Talep Tarafı Katılımı Hizmeti Kaynakları

Talep tarafı katılımı iletim veya dağıtım şebekelerine bağlantısı bulunan talep tarafı kaynaklarından tedarik edilir. İletim sistemine bağlantısı bulunan tüketiciler bireysel olarak, dağıtım sisteminden şebekeye bağlantısı bulunan (özellikle ticarethane ve mesken son tüketim alanlarındaki) tüketiciler talep toplayıcı portföyleri içerisinde enerji piyasalarına katılabilir, dengeleme rezervi sağlayabilir ve kapasite mekanizmalarına katılabilirler. Özellikle talep toplayıcı portföyleri, portföydeki talep tarafı kaynaklarının beraber tepki vermesini sağlayarak, talep tarafı katılımı hizmeti sağlayabilecek kaynakların sayısını, emre amadeliğini ve yeterliliklerini artırır.

Hem iletim hem de dağıtım sistemine bağlantısı bulunan tüketiciler, talep tarafı katılımı hizmeti sağlamak için akıllı sayaçlara ihtiyaç duyarlar ve yeterlik koşullarına bağlı olarak çeşitli kontrol sistemlerine sahip olmaları gerekebilir.

Genelde talep tarafı katılımı hizmeti iletim sistemine bağlı kaynaklar ile tedarik edilmesine karşın, dağıtım şebekelerindeki dağıtık üretim kaynaklarının artması bölgesel kısıtları artırmakta ve tedarik sürekliliğini tehlikeye sokabilmektedir. Talep tarafı katılımı hizmetinin hem iletim hem de dağıtım sistemine bağlı talep tarafı kaynaklarının eşgüdümlü kullanımıyla tedarik edilmesi, şebekenin daha verimli işletilmesi ve tedarik sürekliliğinin sağlanması için önemlidir.

Talep tarafı katılımı hizmetinin hem iletim hem de dağıtım sistemine bağlı talep tarafı kaynaklarının eşgüdümlü kullanımıyla tedarik edilmesi, şebekenin daha verimli işletilmesi ve tedarik sürekliliğinin sağlanması için önemlidir.

Türkiye'de talep toplayıcıları yönetmelikte tanımlanmamıştır (yani talep toplayıcısı görevi üstlenebilecek bir piyasa katılımcısı yoktur) ve dolayısıyla dağıtım sistemindeki tüketicilerin büyük çoğunluğu elektrik piyasalarına katılamamaktadır. Üretim veya tedarik lisansı sahibi tüketiciler enerji piyasalarına katılabilmektedir; fakat tüketiciler henüz dengeleme hizmeti sağlayamamakta ve kapasite mekanizmalarına katılamamaktadır.

2.1.3. Talep Tarafı Katılımının Enerji Verimliliğinin Artırılmasına Katkısı

Geleneksel elektrik piyasaları, arz tarafının aktif rol oynadığı ve talep tarafının dolaylı olarak başka piyasa katılımcıları (tedarik ve dağıtım şirketleri gibi) aracılığı ile katıldıkları piyasalardır. Son zamanlarda enerji verimliliğine verilen önemin artması ve elektrik şebekelerinin daha fazla esnekliğe ihtiyaç duyması talep tarafının da elektrik piyasalarına katılmasının önemini artırmıştır. Talep tarafı kaynakları üretim kaynaklarına göre çok daha çeşitlidir ve şebekenin ihtiyacı olan esnekliği artırır.

2.1.3.1. Talep Tarafının Enerji Piyasalarına Katılmasının Enerji Verimliliğinin Artırılmasına Katkıları

Piyasa fiyatları bir gün önceden GÖP'te saatlik olarak arz ve talep dengesine göre belirlenir; bir saatte talep ne kadar fazla ise o kadar fazla üretim santralinin çalışması gerekecektir. Dolayısıyla yüksek talepli saatlerde marjinal maliyeti yüksek santrallerin de çalışması gerekecek, piyasada ilgili saat için fiyatlar yükselecektir.

Talep tarafının erişimi olmayan piyasalarda talebi genelde perakende şirketleri temsil eder, perakende şirketleri saatlik piyasa fiyatı üzerinden satın aldıkları elektriği tüketicilere tarife olarak yansıtır. Piyasa fiyatları her gün, her saat arz talep dengesine göre değişiklik gösterir fakat tüketicilere yansıtılan tarifeler belirli aralıklar ile (örneğin 3 ayda bir) güncellense de sabittir ve piyasa fiyatlarını, yani şebekedeki arz talep dengesini yansıtmazlar. Talep tarafı kaynaklarının enerji piyasalarına katılması

tüketicilerin piyasa fiyatları üzerinden elektrik tüketmesine ve elektrik faturalarını azaltmak amacıyla elektrik tükettikleri saatleri yüksek fiyatlı saatlerden düşük fiyatlı saatlere değiştirmelerine, yani yük kaydırmalarına olanak verecektir.

Yüksek talep olan (veya yüksek piyasa fiyatı olan) saatlerde marjinal maliyeti yüksek olan fosil yakıt kullanımının genellikle elektrik üretiminin düşük talep olan (veya düşük piyasa fiyatı olan) saatlere göre daha fazla olduğunu düşünürsek, yük kaydırmak tüketilen elektrik başına yapılan CO_2 emisyonunu da azaltacaktır. Ayrıca yakıt tüketimini de düşüreceği için birincil enerji tasarrufunu artıracaktır. Navigant Consulting'in, 2014, hazırladığı rapora göre, ABD'de talep tarafı katılımı uygulamalarının CO_2 emisyonlarını senede %1 oranında azaltma potansiyeli bulunmaktadır (yenilenebilir üretim santrallerinin şebeke entegrasyonu sonucu azalan CO_2 emisyonları hesaplamaya dahil edilmemiştir) (Navigant Consulting, 2014).

Aynı zamanda bu durum piyasadaki ortalama elektrik fiyatlarını da düşürecektir. Talebin yüksek fiyatlı saatlerden düşük fiyatlı saatlere kaydırılması verimsiz ve marjinal maliyeti yüksek santrallerin çalışmasını engelleyecektir. Talebin yük kaydırılarak güne daha eşit dağılması daha az sayıda marjinal maliyeti yüksek santralin çalışmasına sebep olarak ortalama fiyatları düşürecektir ve fiyatların volatilitesini azaltarak yatırımcıların yatırım kararlarını uzun vadede değerlendirebilmelerine olanak sağlayacaktır.

Talebin yük kaydırılarak güne daha eşit dağılması daha az sayıda marjinal maliyeti yüksek santralin çalışmasına sebep olarak ortalama fiyatları düşürecektir ve fiyatların volatilitesini azaltarak yatırımcıların yatırım kararlarını uzun vadede değerlendirebilmelerine olanak sağlayacaktır.

Son olarak talebin kaydırılması puant yükü düşürecek ve şebekedeki teknik kayıpları azaltacaktır. Yükler genelde yüksek talepli saatlerden düşük talepli saatlere kaydırılır ve bu durum doğal olarak puant yükün azalmasına sebep olur. Şebekedeki teknik kayıpların yükün karesi ile doğru orantılı arttığı farz edilebilir. Bu sebeple talebin yük kaydırılarak güne daha eşit dağılması teknik kayıpları da azaltacaktır.

2.1.3.2. Talep Tarafının Dengeleme Sürecine Katılmasının Enerji Verimliliğinin Artırılmasına Katkıları

Sistem dengelemesi için gereken FTR, FİR, RR rezervleri genelde sevk edilebilir üretim santralleri tarafından sağlanır ve bu santraller geleneksel elektrik piyasalarında büyük çoğunlukla doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıt tüketen santraller tarafından oluşur. İhtiyaç duyulan FTR, FİR, RR kaynaklarından sağlanan rezerv miktarı sınırlıdır ve sistem operatörleri tarafından belirlenir. Talep tarafı kaynakları marjinal maliyeti yüksek üretim santralleri yerine dengeleme rezervi sağlayabilir. Bu durum sistemin geleneksel üretim kaynakları ile dengelenmesi sonucu kullanılan fosil yakıt miktarını azaltacaktır. Dolayısıyla fosil yakıt kullanımı sonucu ortaya çıkan CO_2 emisyonlarını azaltacak ve birincil enerji tasarrufunu artıracaktır.

Talep tarafının dengeleme sürecine katılması aynı zamanda piyasadaki dengeleme rezervi sağlayabilen kaynak çeşitliliğini artıracaktır. Bu durum piyasadaki talep tarafı kaynakları ile üretim santralleri arasındaki rekabeti artıracak, verimsiz üretim santralleri yerine talep tarafı kaynaklarının kullanılmasına olanak verecek ve dengeleme maliyetlerini azaltacaktır.

Son olarak talep tarafı kaynakları kesintili üretim yapan yenilenebilir üretim kaynaklarının (özellikle güneş ve rüzgâr) piyasaya entegrasyonu için (yani kesintili üretimlerinin dengelenmesi için) ihtiyaç duyulan dengeleme rezervi kapasitesini artırarak daha fazla yenilenebilir üretim kaynağının şebekeye entegre olmasını sağlayacak ve sistem dengelenmesi için ihtiyaç duyulan ek sevk edilebilir santral yatırımlarını erteleyecektir.

2.1.3.3. Talep Tarafının Kapasite Mekanizmalarına Katılmasının Enerji Verimliliğinin Artırılmasına Katkıları

Stratejik rezervler, dengeleme rezervlerinin tedarikinin piyasa fiyatları sebebiyle yetersiz olması durumunda kullanılırlar. Sevk edilebilir üretim kaynağına sahip piyasa katılımcıları, belirli bir kapasite ödemesi alarak dengeleme rezervi sağlamak için yan hizmetler piyasasına (FTR, FİR, RR) teklif verme yükümlülüğüne sahip olurlar. Stratejik rezervlere katılan talep tarafı kaynakları aldıkları kapasite ödemesi doğrultusunda ilgili dengeleme rezervlerine katılma yükümlülüğü elde ederler. Yani stratejik rezervler piyasa fiyatlarının talep tarafının ilgili rezervlere katılım maliyetlerini karşılamadığı durumlarda kullanılır ve talebin dengeleme sürecine katılmasını sağlarlar. Bu açıdan sevk edilebilir üretim veya talep tarafı kaynaklarının dengeleme sürecine katılmasını teşvik eden bir mekanizma olarak da düşünülebilirler. Faydaları talebin dengeleme sürecine katılmasının faydalarını pekiştirir.

Talep tarafı kapasite mekanizmaları ise sistem operatörleri tarafından acil durumlarda sistem güvenliğini sağlamak için ihtiyacı olan sevk edilebilir kapasiteyi garanti altına almak için kullanılırlar.

Talep tarafı kapasite mekanizmaları ise sistem operatörleri tarafından acil durumlarda sistem güvenliğini sağlamak için ihtiyacı olan sevk edilebilir kapasiteyi garanti altına almak için kullanılırlar. Dengeleme rezervlerinden farklı olarak, sistemdeki arz ve talep dengesini sürekli korumak yerine, sadece acil durumlarda kullanılmak için ve genelde sınırlı sayıda kullanılmak üzere tedarik edilirler. Sistem güvenliğinin konvansiyonel üretim kaynakları yerine talep tarafı kaynakları kullanılarak sağlanması, fosil yakıt kullanımı sonucu ortaya çıkan CO_2 emisyonlarını azaltacak, birincil enerji tasarrufunu artıracak ve ek santral yatırımlarını engelleyecektir.

Bilgi Kutusu 1: 31 Mart 2015 Elektrik Kesintisinin Maliyeti ve 10 Senelik Talep Tarafı Katılımı Kapasite Maliyetinin Karşılaştırılması

31 Mart 2015 tarihinde ülkemizin tamamında yaklaşık 8-10 saat süre ile elektrik kesintisi yaşanmıştı. Yaşanan elektrik kesintisinin maliyeti 1 milyar ABD dolarının (ABD$)'ın üzerinde olmuş ve maliyetin yaklaşık 800 milyon ABD$'ı sanayi sektöründe gerçekleşmiştir.

Talep tarafı katılımı, 31 Mart'ta yaşanan kesintinin önüne geçilmesinde önemli rol oynayabilirdi. Kesintiyi engelleyecek büyüklükte (4.700 MW) bir talep tarafı katılımı portföyünün kapasite mekanizması ile tedarikinin 10 senelik kapasite maliyeti yurtdışı referanslar ile 400 milyon ABD$ olarak varsayıldığında, bu maliyetin kesintinin maliyetinden yaklaşık 2,5 kat daha az olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle, yaşanan kesinti maliyeti ile 25 senelik talep tarafı katılımı kapasite maliyeti karşılanabilir ve kesinti durumlarında kullanılabilecek bir sigorta satın alınmış olabilirdi.

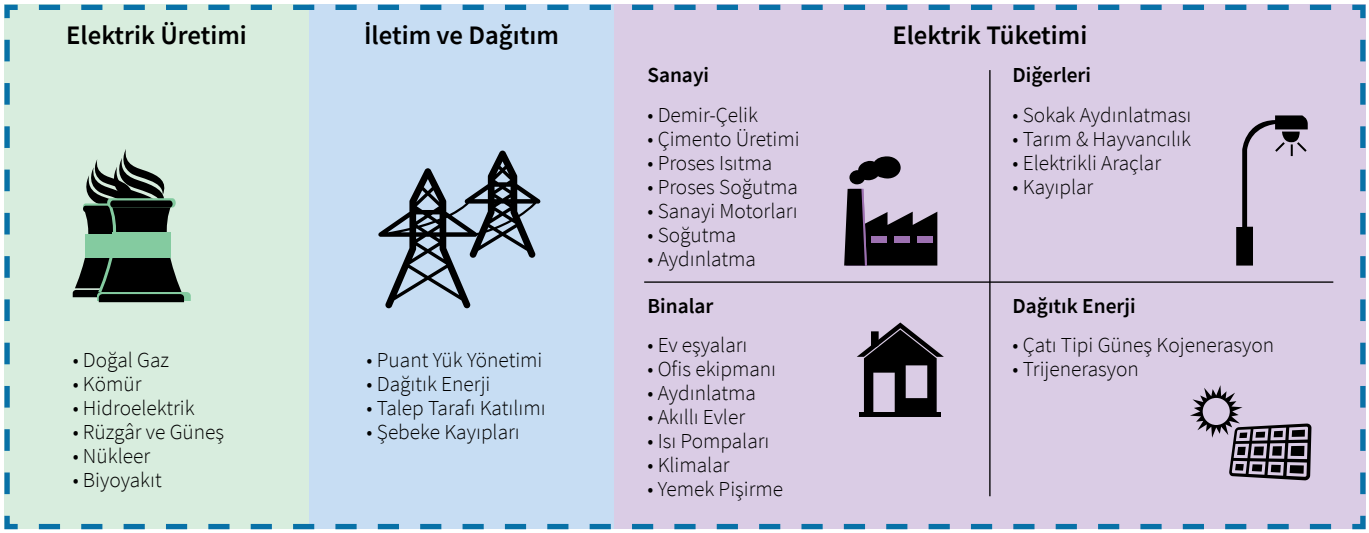
Bilgi Kutusu 2: Puant Yük Yönetimi İçin Doğal Gaz Santrali Yatırım Maliyeti ile Talep Tarafı Katılımı Kapasite Maliyetinin Karşılaştırılması

Ülkemizde puant yük yönetimi genelde doğal gaz santralleri ile yapılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artması ile düşen fiyatlar sonucu doğal gaz santralleri gün geçtikçe daha az çalışmaya ve hatta kapanmaya başlamıştır. Bu da yapılan doğal gaz santral yatırımlarının karşılığının alınamadığı anlamına gelmektedir.

Puant yük yönetimi aynı zamanda talep tarafı katılımı ile yapılabilir. Türkiye'nin en yüksek talebi olan 75 saati yönetmek için bir kapasite mekanizması ile tedarik edilecek 2.250 MW'lık kapasite yeterli olmaktadır (EPİAŞ, 2020). Bu kapasitede bir doğal gaz çevrim santrali yatırım maliyetinin, yurtdışı referanslar ile yaklaşık 4,5 milyar ABD$ olduğu varsayılırsa, bu maliyet aynı dengelemeyi sağlayabilecek bir talep tarafı katılımı portföyünün 10 senelik maliyetinden, yani 280 milyon ABD$'ından 16 kat fazladır. Bir başka deyişle doğal gaz santrali ile aynı işlevi sağlayabilen bir talep tarafı katılımı portföyü 200 sene boyunca emre amade olabilir.

2.2. Akıllı sayaçlar

Şekil 7: *Akıllı sayaçlar tarafından elektrik sektöründe kapsanan kısım*



2017 Ekim tarihli Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği'nin (ELDER) raporuna göre tüketicilerin sadece %3'ünün akıllı sayaç sistemlerine erişimi bulunmaktadır. Mart 2019 itibari ile toplam tüketici sayısı 44 milyondur (ELDER, 2017). ELDER 2025 yılına kadar dağıtımda tüketilen elektriğin %80'inin, 2035 yılına kadar ise dağıtım sistemine bağlantısı bulunan müşterilerinin %80'inin akıllı sayaç sistemlerine entegre olması hedeflerini belirtmiştir.

2.2.1. Akıllı Sayaçlardan Fayda Sağlayan Taraflar

Akıllı sayaçlar tüketiciler dâhil şebekede aktif rol oynayan bütün taraflara fayda sağlar:

- İletim ve dağıtım şebekesi işletmecilerinin akıllı sayaçlar ile artan veri akışından dolayı şebekedeki tedarik sürekliliğini sağlamaları daha verimli (yani daha güvenilir ve düşük maliyetli) olur.
- Üreticilerin akıllı sayaç kullanmaları zorunludur. Piyasaya katılmak ve uzlaştırma işlemleri için anlık veri aktarımı takip edilebilmeli ve sistem operatörleri/ işletmecileri ile paylaşılabilmelidir.
- Tüketiciler kendi tüketimlerini anlık izleyebilir, akıllı tarifelerden yararlanıp maliyetlerini azaltabilir ve talep tarafı katılımı mekanizmalarına katılıp ek gelir elde edebilirler. Ayrıca piyasada tüketici mevcut ise elektrik piyasasına doğrudan katılabilmekle beraber talep toplayıcı lisansı mevcut ise talep toplayıcıları portföyü altında çeşitli piyasa mekanizmalarına katılım gösterebilirler.
- Sayaç operatörleri (sayaç okunmasından sorumlu taraflar) sayaç okumasını daha verimli yaparlar.

2.2.2. Şebekede Akıllı Sayaçlar

Şebekede akıllı sayaçlar iletim ve dağıtım sistemine bağlantısı bulunan üretici ve tüketiciler ile dağıtım ve iletim şebekesi işletmecileri tarafından kullanılırlar.

2.2.3. Akıllı Sayaçların Enerji Verimliliğinin Artırılmasına Katkısı

- Akıllı sayaçlar sağladığı anlık ve detaylı tüketim verileri ile tüketicilerin elektrik tüketimleri konusunda bilinçlenmesini sağlar. Bunun sonucu olarak akıllı sayaçlar tüketicilerin çeşitli enerji verimliliği uygulamalarına yönelmelerine ön ayak olur. Literatüre göre artan farkındalık elektrik tüketiminde ortalama %5 tasarruf ortaya çıkmasına sebep olur (Schleich et. al., 2011). Tasarruf puant yükü azaltacak, puant yükün azalması ise birincil enerji tasarrufunu artırmasının yanı sıra teknik kayıpları da azaltacaktır.
- Akıllı sayaçlar sayaç okuma sürelerini geleneksel sayaçlara kıyasla azaltır ve birim zamanda okunabilen sayaç sayısını artırır. Bu durum dolaylı olarak teknik olmayan kayıpları (kaçakları) azaltabilir.
- Ek olarak akıllı sayaçlar enerji verimliliğini artıran iletim ve dağıtık şebekeleri operatörlerinin işbirliğini (TEİAŞ-EDAŞ iş birliği), akıllı tarifeler veya talep tarafı katılımı gibi birçok farklı uygulamanın hayata geçirilmesi için gerekli bir önkoşuldur (TEİAŞ-EDAŞ iş birliği ve akıllı tarifeler ile ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Sistem Verimliliği raporunu inceleyiniz).

3. İş Modellerinin Etkin Uygulaması Önündeki Engeller, İhtiyaçlar ve Gerekli Teknoloji/Yaklaşımlar

3.1. Talep Tarafı Katılımı ve Toplayıcılar

3.1.1. Engeller

Talep tarafı katılımının önündeki temel engeller ekonomik, sosyal ve teknolojik olarak üç başlık altında toplanabilir.

3.1.1.1. Talep Tarafı Katılımının Önündeki Ekonomik Engeller

Talep tarafı katılımının önündeki ekonomik engellerden ilki piyasa başarısızlıklarıdır. Piyasa başarısızlığının bir sebebi taraflar arasındaki eksik bilgidir. Çoğu tüketici piyasaya ne kadar esneklik sağlayabileceğinden ve sağlayacakları hizmetin potansiyel yan etkilerinden haberdar değildir. Esnekliğin belirlenmesi ve uygun bir esneklik planı oluşturulması için çeşitli testler yapılır ve bunun belirli bir maliyeti vardır. İlgili maliyetler tüketicilerin bu maliyetlere maruz kalmayan diğer piyasa katılımcıları (üretim santralleri gibi) ile rekabet etmesini engelleyecektir. Piyasa başarısızlıklarının bir diğer sebebi piyasadaki rekabetin tekelleşme sebebiyle bozulmasıdır. Piyasa hacminin büyük bir çoğunluğunu kontrol eden bir piyasa katılımcısı marjinal maliyetlerinin çok üzerinde fiyatlarda hizmet vererek piyasa fiyatlarını kontrol edebilir. Bu durum piyasada doğal olmayan fiyatların oluşmasına sebep olacaktır ve piyasa fiyatları ile bağlantılı fiyatlanan bütün hizmetlerin (talep tarafı katılımı dâhil) tedarikini engelleyebilir. Bu problem özellikle tedarik tarafının tekelleştiği piyasalarda görülür.

Ayrıca tüketicilerin talep tarafı katılımından elde edecekleri gelirin belirsiz olduğu piyasalarda yatırımlarının geri dönüşünü almalarının veya yatırımlarını uzun vadede planlamalarının zorlaşması tüketiciler için caydırıcı olabilecektir.

Ekonomik engellerden ikincisi ise piyasaya girişle ilgilidir. Tüketicilerin piyasaya katılmak için gereken ilk yatırım maliyetleri, bu maliyetleri karşılayamayan tüketicileri piyasaya erişmesini engelleyecektir. Ayrıca tüketicilerin talep tarafı katılımından elde edecekleri gelirin belirsiz olduğu piyasalarda yatırımlarının geri dönüşünü almalarının veya yatırımlarını uzun vadede planlamalarının zorlaşması tüketiciler için caydırıcı olabilecektir. Bunların yanı sıra lisans alımı ve finansal işlem masrafları gibi maliyetler de tüketicilerin piyasaya erişmesini engelleyebilir.

3.1.1.2. Talep Tarafı Katılımının Önündeki Sosyal Engeller

Talep tarafı katılımının önündeki sosyal engellerden ilki organizasyonel engellerdir. Talep tarafı katılımı hizmeti sağlayacak tüketicilerin kurumsal yapısı sebebiyle oluşurlar. Örneğin bir tüketim tesisinde talep tarafı katılımı hizmeti sağlanması, talep tarafı katılımı hizmetinin gerçekleştirilmesinden sorumlu çalışanın şirketteki yaptırım gücü ile bağlantılıdır. Talep tarafı katılımı hizmeti sağlanması için gerekli altyapıyı kuracak, diğer çalışanlara hizmetin sağlanması için daha esnek çalışma saatleri konusunda talimat verecek ve şirkete tesisin esnekliğini artıracak yatırımları yaptıracak gücünün olmaması bu tesiste talep tarafı katılımının sağlanmasını engelleyebilir.

Sosyal engellerden bir diğeri ise davranışsal engellerdir. Örneğin talep tarafı katılımı hizmeti sağlayan taraflar ile tedarik eden taraflar arasında kusurlu bilgi paylaşımı, hizmet sağlayan tarafın istenilenden farklı şekilde hizmet sağlamasına sebep olacaktır. Aynı zamanda hizmet sağlayan tarafların hizmeti tedarik eden taraflara güveninin olmaması da talebin piyasaya entegrasyonunu engelleyecektir.

3.1.1.3. Talep Tarafı Katılımının Önündeki Teknolojik Engeller

Talep tarafı katılımının önündeki önemli teknolojik engellerin başında veri ve iletişim teknolojilerinin eksikliği veya yetersizliği yer alır. Mevcut sayaçların istenilen hizmeti sağlamak için yeterli olmaması, hizmet sağlayıcısı ile hizmeti satın alan taraflar arasındaki iletişimin (özellikle uzlaştırma ile ilgili konularda) yetersiz olması veya tüketicilerin mevcut otomasyon altyapısının yetersiz olması talep tarafının piyasaya erişimini engelleyebilir.

3.1.2. İhtiyaçlar

3.1.2.1. Mevzuat İhtiyaçları

Talep tarafının elektrik piyasasına erişebilmesi için öncelikle tüketiciler ve talep toplayıcıları mevzuatta piyasa katılımcısı olarak tanımlanmalıdır. Talep toplayıcıları şebekenin esnekliğini daha verimli kullanmak için piyasaya doğrudan erişimi olmayan talep tarafı kaynaklarını bir araya getirerek oluşturduğu talep toplayıcı portföyü ile ilgili kaynakların çeşitli piyasalarda rol almasını sağlar. Özellikle dağıtım sistemine bağlantısı olan veya piyasa katılımcısı olmayan tüketicilerin talep toplayıcıları olmadan piyasaya entegre olmaları zorlaşır (Mevzuatla ilgili detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Mevzuat raporunu inceleyiniz).

Talep tarafının elektrik piyasasına erişebilmesi için öncelikle tüketiciler ve talep toplayıcıları mevzuatta piyasa katılımcısı olarak tanımlanmalıdır.

Mevcut elektrik piyasalarında yeterlik kriterleri genelde üretim tesisleri temel alınarak tasarlanmıştır. Talep tarafı kaynaklarının ilgili piyasalara katılımını kolaylaştırmak adına talebe özel (özellikle toplaştırılmış talebe özel) yeterlik kriterleri belirlenmelidir. Aksi halde talebin piyasaya entegrasyonu çok kısıtlı kalacaktır. Talebin piyasaya entegrasyonunu artırmak için sadece talep tarafı kaynaklarının katılabildiği ve mevcut mekanizmalara alternatif olan yeni mekanizmalar da geliştirilebilir. Aynı zamanda talep tarafının piyasaya katılmasını kolaylaştırmak adına tüketici lisansları maliyetleri düşürülmelidir.

3.1.2.2. Ekonomik İhtiyaçlar

Talep toplayıcılarının şebekeye dağıtım sisteminden bağlantısı bulunan talep tarafı kaynakları ile oluşturduğu portföy talep tarafı katılımı hizmeti sağladığında, ilgili kaynakların dengesinden sorumlu piyasa katılımcılarının portföylerindeki dengesizliği artırabilmektedir. Bu nedenle talep toplayıcıları aracılığı ile talep tarafı katılımı hizmeti tedarik edildiğinde, ilgili talep tarafı kaynaklarının oluşturduğu dengesizlik referans yük metotları ile tespit edilmeli ve sistem işletmecisi tarafından hiçbir tarafa yansıtılmamalıdır. Aksi halde ilgili kaynakların dengesinden sorumlu piyasa katılımcıları bağımsız talep toplayıcılarının kendi portföylerindeki tüketicileri kullanarak bir talep toplayıcı portföyü oluşturmalarına destek vermeyecektir.

3.1.3. Gerekli Teknoloji ve Yaklaşımlar

Talep tarafının enerji piyasalarına, dengeleme rezervlerine ve kapasite mekanizmalarına katılması için gereken teknoloji ve yaklaşımlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1: *Talep tarafı katılımı uygulamaları ile gerekli teknolojiler ve yaklaşımlar*

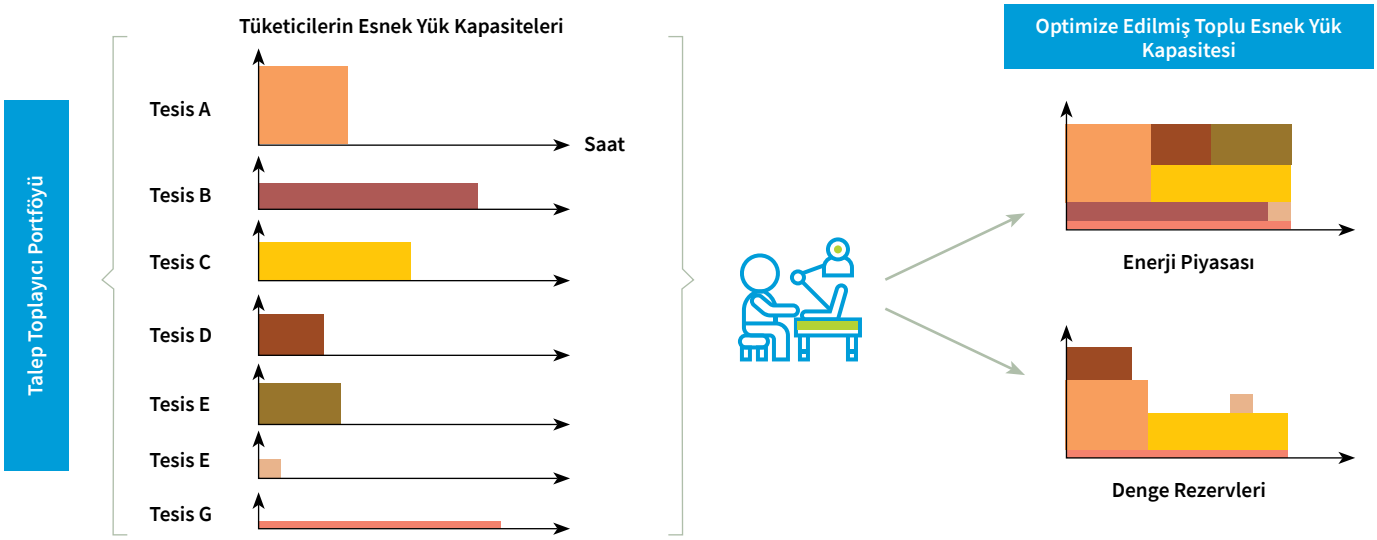
Teknolojiler ve Yaklaşımlar	Enerji Piyasaları	Dengeleme Rezervleri	Kapasite Mekanizmaları
Talep Toplayıcıları	**!**	**!**	**!**
Akıllı Sayaçlar	√	√	√
Referans Yük Metotları	**X**	**!**	**!**
Kontrol Sistemleri	**X**	**!**	**!**
√ Uygulamaya talep tarafının katılması için gereklidir. **X** Uygulamaya talep tarafının katılması için gerekli değildir. **!** Uygulamaya talep tarafının katılması için gerekli değildir fakat uygulamaya katılabilen tüketim tarafı kaynak çeşidini ve uygulamanın verimini artırır.			

Bağımsız talep toplayıcılarının farklı tipteki tüketim tarafı kaynaklarını bir araya toplayarak oluşturduğu portföyün esnek yüklerini devreye sokma ihtimali, bireysel olarak talep tarafı katılımı hizmeti sağlayan tüketim kaynaklarından daha yüksektir.

3.1.3.1. Talep Toplayıcıları ve Talep Toplayıcı Portföyü

Talep toplayıcıları, talep tarafı kaynaklarını bir portföyde toplayan, bu yöntemle oluşturduğu esnekliğin topluca enerji piyasalarına, kapasite mekanizmalarına ve dengeleme rezervi tedarik sürecine katılımını sağlayan piyasa katılımcılarıdır. Bağımsız talep toplayıcılarının farklı tipteki tüketim tarafı kaynaklarını bir araya toplayarak oluşturduğu portföyün esnek yüklerini devreye sokma ihtimali, bireysel olarak talep tarafı katılımı hizmeti sağlayan tüketim kaynaklarından daha yüksektir. Ayrıca piyasa mekanizmalarına katılım şartlarını bireysel olarak sağlayamayan tüketim tesisleri, bağımsız talep toplayıcı portföyüne dâhil olarak ilgili mekanizmalara katılabilir.

Şekil 8: *Talep toplayıcısının piyasadaki rolü*



Talep toplayıcı portföyleri tedarik şirketleri tarafından ya da ayrı bir piyasa katılımcısı olan "bağımsız talep toplayıcıları" tarafından oluşturulabilirler. İki tür talep toplayıcısının da piyasada aktif rol alması talep tarafı katılımı hizmetinin verimini artıracak, tüketicilere sunulan çözümleri çoğaltacaktır. Türkiye'de mevcut durumda talep toplayıcıları ve tüketiciler henüz mevzuatta piyasa katılımcısı olarak tanımlanmamıştır (Mevzuatla ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Mevzuat raporunu inceleyiniz).

3.1.3.2. Akıllı sayaçlar

Akıllı sayaç sistemlerinin yaygınlaştırılması, Avrupa başta olmak üzere liberalleşen tüm elektrik piyasalarında önemli bir tartışma konusu olmuştur. Akıllı sayaç sistemlerinin, özellikle tüketicilerin ve dağıtık üretim tesislerinin piyasaya katılımı enerji tasarrufu, puant taleplerinin dengelenmesi, yeni teknolojilerin sisteme entegrasyonu gibi konuların hayata geçirilmesinde öncelikli konumdadır (Dağıtık üretim ile ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Sistem Verimliliği raporunu inceleyiniz). Bu nedenle, birçok ülke bu alandaki yatırımlarına hız kazandırmış, uluslararası platformlar ve düzenleyici kurumlar yaklaşım stratejileri oluşturmuşlardır.

Geleneksel sayaçlar ne kadar elektrik tüketildiğini ölçebilir, fakat tüketilen elektriğin ne zaman tüketildiğini ölçemezler. Modern elektrik piyasalarında oluşan saatlik piyasa takas fiyatları ve uzlaştırma hesaplamaları sebebiyle elektriğin ne kadar üretilip tüketildiği kadar ne zaman üretilip tüketildiği de önemlidir. Piyasaya entegre olan bütün aktörler Uzlaştırmaya Esas Veriş Miktarı (UEVM) ve Uzlaştırmaya Esas Çekiş Miktarı (UEÇM) bilgilerini piyasa işletmecilerine uzlaştırma için gereken aralıklar ile aktarmalıdır. Türkiye'de Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği'nde uzlaştırmanın saatlik yapıldığı belirtilmiştir ve piyasa katılımcıları UEVM ve UEÇM verilerini piyasa işletmecileri ile paylaşmalıdır.

Akıllı sayaçlar, geleneksel sayaçlardan farklı olarak kurulduğu tesisin UEVM ve UEÇM değerlerini anlık olarak tesis sahipleri ve piyasa işletmecileri ile paylaşabilen (yani uzaktan veri alışverişi yapabilen) ve geleneksel sayaçlara kıyasla ihtiyaca göre birçok farklı ölçüm yapabilen elektronik sistemlerdir.

Akıllı sayaçlar, geleneksel sayaçlardan farklı olarak kurulduğu tesisin UEVM ve UEÇM değerlerini anlık olarak tesis sahipleri ve piyasa işletmecileri ile paylaşabilen (yani uzaktan veri alışverişi yapabilen) ve geleneksel sayaçlara kıyasla ihtiyaca göre birçok farklı ölçüm yapabilen elektronik sistemlerdir. Talep tarafı katılımı hizmeti sağlamak isteyen tüketim tesisleri, performans ölçümünde (talep tarafı katılımı hizmetini ne kadar sağladığının ölçümü) ve uzlaştırma hesabında kullanılacak verileri elde etmek için akıllı sayaçlara ihtiyaç duyarlar. Akıllı sayaçlar, aynı zamanda sunduğu otomasyon yöntemleri ile tüketicilerin talep tarafı katılımı hizmetini önceden planlamalarına olanak tanır. Tüketiciler için akıllı sayaçların talep tarafı katılımı hizmeti sağlamalarına olanak tanımasının yanında gerçek zamanlı olarak enerji tüketimlerini izlemelerine ve tasarruf yapmak için tüketimlerini ayarlamalarına imkân verir.

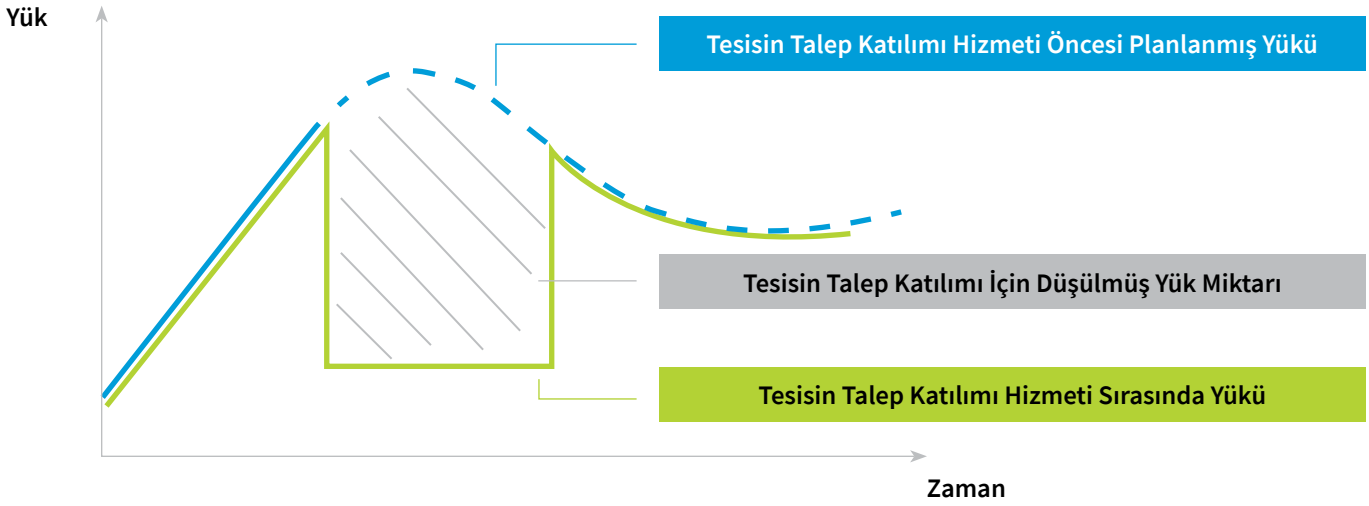
Talep tarafı katılımı hizmeti için gerekli akıllı sayaçların günümüzde daha çok kullanılan bir muadili otomatik sayaç okuma sistemleridir (OSOS). OSOS haberleşmenin tek yönlü olduğu, sadece sayaç verilerinin merkezi sisteme iletildiği sistemlerdir (Deloitte, 2015). Talep tarafı katılımı açısından akıllı sayaçlar ile OSOS'ların temel farkı akıllı sayaçların sahip olduğu çift yönlü haberleşme ve dolayısı ile uzaktan kontrol yetkinliğidir. OSOS'lar ile talep tarafı katılımı hizmeti sağlamak mümkündür ancak hem şebeke verimliliğine olan katkısı hem de otomasyon-uzaktan kontrol yetkinlikleri hesaba katıldığında, akıllı sayaçlar talep tarafı katılımından yüksek seviyede fayda sağlamada büyük bir avantaja sahiptir.

3.1.3.3. Referans Yük Metotları

Piyasa katılımcısı olmayan tüketiciler tarafından tüketilen elektriğin faturalandırılması çeşitli tarifeler üzerinden yapılır. Tedarik şirketleri, son tüketicilere sattıkları elektriği toptan piyasalardan veya ikili anlaşmalar ile satın alırlar. Son tüketicilerin büyük çoğunluğu ertesi gün tüketecekleri elektrik miktarına ilişkin bir taahhüt vermezler. Tedarik şirketleri alacakları elektriği geçmiş tüketim rejimlerine göre bir tahmin yaparak belirlerler.

Bu durum, piyasa katılımcısı olmayan tüketicilerin talep toplayıcılar ile talep tarafı katılımı uygulamalarına katılması durumunda hizmeti ne ölçüde sağladıklarının ölçülmesini zorlaştırır. Son tüketicilerin talep tarafı katılımı uygulamalarındaki performanslarını ölçmek için "referans yük" metotları kullanılır. Referans yük metotlarında ana prensip, talep tarafı katılımı hizmeti sağlayan tüketicinin ilgili saatte hizmeti sağlamadığı senaryoda ne kadar tüketim yapacağını hesaplamak ve gerçek durum ile hesaplanan değer arasındaki farkı kullanarak performans ölçümü yapmaktır.

Şekil 9: *Referans yük metodu*



3.1.3.4. Kontrol sistemleri

Talep tarafı katılımı hizmeti sağlayacak tüketim tesislerinin hizmetin türüne bağlı olarak, çeşitli kontrol sistemlerine sahip olması gerekebilir. Kontrol sistemleri tüketicilerin esnekliğini kullanmasına ve ilgili hizmetin şartlarına uygun olarak yüklerini değiştirmelerine olanak tanır. Kontrol sistemleri ve tüketim tesislerinin esnekliğini kullanma şekli, hizmeti tedarik eden sistem operatörlerinin koyduğu kriterler ile belirlenir.

En yaygın kullanılan kontrol sistemi frekans röleleridir. Sanayi son tüketim alanındaki tüketim tesisleri şebeke frekansını ölçmek, sistem güvenliğinin korunması gerektiğinde (sistem frekansı belirli bir frekans değerini aştığı zaman) tesisin tüketimini kesmek veya azaltmak için frekans rölelerine ihtiyaç duyabilir. Aynı zamanda akıllı sayaçlarında cihaz kontrol sistemi bulunan ticarethane ve mesken son tüketim alanları, ilgili cihazlarının yüklerini kontrol edebilirler. Kontrol bağlı olunan alet veya ekipmanın karakteristiğine göre lineer yük değiştirme veya cihazın tamamen açılıp kapanması şeklinde yapılabilir. Tablo 2'de mesken son tüketim alanındaki tüketicilerin talep tarafı katılımı hizmeti sağlamak amacıyla kontrol edebileceği yükler özetlenmiştir (Kaira et al., 2014).

Tablo 2: *Mesken son tüketim alanındaki kontrol edilebilir cihazlar*

Cihaz Kategorisi	Devreden Çıkma Frekans Sınırı (Hz)	Süre (saniye)	Yorumlar
Kritik olmayan lineer kontrol edilebilir yükler (örneğin buzdolabı, ısıtıcı).	49,7	30	Yüksek ısı depolama kapasitesine sahip ev alet ve ekipmanlarıdır.
Kritik olmayan lineer kontrol edilemeyen yükler (örneğin çamaşır ve bulaşık makineleri).	49,5	30	Yükler lineer kontrol edilemediği için sadece açılıp kapanabilir.
Kritik olmayan temel yükler (örneğin fırın, ocak).	49,2	30	Düşük ısı depolama kapasitesine sahip ev alet ve ekipmanlarıdır.
Temel yükler (örneğin: sıcak su depoları).	49	10	Yüksek ısı depolama kapasitesine sahip fakat tüketici konforunu kolayca etkileyebilecek ev alet ve ekipmanlarıdır.
Kritik yükler (örneğin ışıklandırma).	48,9	2	

3.2. Akıllı Sayaçlar

3.2.1. Engeller

Akıllı sayaçların şebekeye başarılı şekilde entegrasyonunu sağlamak için entegrasyonun önündeki temel engeller önceden analiz edilmeli ve bu engelleri çözmek için ihtiyaçlar belirlenmelidir. Aynı zamanda entegrasyon sürecini aksatacak gelişmeler de dikkate alınmalıdır. Bu sebeple dünyada akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu sırasında karşılaşılan engeller derlenmiştir.

3.2.1.1. Tüketici Sebepli Engeller

Akıllı sayaçların şebeke entegrasyonunun önündeki engellerden biri tüketicilerin sayaç kullanımı konusundaki endişeleridir. Bu endişeler iki ana başlık altında toplanabilir:

- Tüketiciler akıllı sayaçlar ile toplanan verilerin güvenliği ve gizliliğinin garanti edilemeyeceğinden ve dolayısıyla yetkisi olmayan tarafların ilgili verilere erişebileceğinden çekinmektedirler.
- Tüketiciler akıllı sayaçların kurulması ile uygulanacak çeşitli tarifelerin ve ilk yatırım maliyetlerinin elektrik maliyetlerini artıracağını düşünmektedirler.

Mevzuatla ilgili ve ekonomik engellere kıyasla aşılması en zor engeller son tüketici davranışı ile ilgilidir.

Diğer engellere (mevzuat ve ekonomik) kıyasla aşılması en zor engeller son tüketici davranışı ile ilgilidir. Özellikle veri güvenliği ile ilgili endişelerin giderilmesi önemlidir. İlgili verilere ulaşan üçüncü şahıslar sayaç sahipleri hakkında oldukça detaylı (ne zaman evde oldukları, hatta evde o an ne yaptıkları gibi) bilgiler edinebilirler.

3.2.1.2. Mevzuat Sebepli Engeller

Mevzuatta yapılacak düzenlemeler akıllı sayaçların şebeke entegrasyonunun maliyetlerini ve faydalarını etkileyecektir. Mevzuattaki engellerin ana iki sebebi vardır:

- Gerekli yasal ve mevzuat düzenlemelerinin hayata geçirilmemiş olması.
- Mevcut yasaların ve mevzuatın eksik/yetersiz olması sebebiyle akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu gecikebilir/engellenebilir ve faydaları beklenenin altında kalabilir (Mevzuatla ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Mevzuat raporunu inceleyiniz).

3.2.3.3. Ekonomik Engeller

Akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu konusundaki ekonomik engeller sayaçlardan alınan faydaları azaltacak, hatta şebeke entegrasyonunu engelleyecek potansiyele sahiptir. Bu engellerden ilki fayda maliyet analizleridir. Akıllı sayaçların maliyetleri oldukça kesin olarak ölçülebilmektedir fakat faydalarını ölçmek oldukça karmaşıktır. Elektrik tüketiminden edilen tasarruf görece hesaplanabilir olsa da faturalarda yapılacak hataların azalması dolayısıyla tüketicilerin müşteri servisine daha az ihtiyaç duymasının faydaları gibi ölçülmesi güç yan faydalar da bulunmaktadır. Ayrıca elektrik tüketim tasarrufları şebekede tüketicilerin davranışlarına göre oldukça farklılık göstermekte ve fayda tüketicilere eşit dağılmamaktadır. Tüketici faydaları bireysel tüketim rejimleri, farkındalıkları, konu ile ilgili bilgi durumları ve elektrik tüketiminden tasarruf etme istekleri gibi birçok değişkene bağlıdır. Akıllı sayaçların faydalarının zor ölçülmesi, yapılacak fayda maliyet analizlerinin gerçeği sınırlı yansıtmasına sebep olabilir. Faydaların gerçek faydalardan daha az ölçülmesi, maliyetlerin görece yüksek görünmesine neden olabilir.

Bir diğer ekonomik engel ise maliyetlerin paylaştırılmasıdır. Örneğin dağıtım sistemi operatörlerinin akıllı sayaç sistemlerinin şebekeye kurulmasının tüm maliyetlerini üstlendiği bir durumda şebekedeki toplam elektrik tasarrufu artabilir, fakat bu durumdan en çok faydalanan taraflar tüketiciler olacaktır. Yatırım maliyetlerinin tek bir paydaşa mal edilmesi, akıllı sayaç sistemlerinin şebeke entegrasyonunu engelleyebilir.

Akıllı sayaçların faydalarının zor ölçülmesi, yapılacak fayda maliyet analizlerinin gerçeği sınırlı yansıtmasına sebep olabilir.

3.2.3.4. Teknik Engeller

Akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu önündeki teknik engellerden ilki standardizasyondur. Genelde piyasadaki farklı üreticilerden tedarik edilen akıllı sayaçlar birbirleri ile çalışacak şekilde tasarlanmamışlardır. Eğer akıllı sayaç sistemleri için belirli standartlar geliştirilmezse şebekenin akıllı sayaç entegrasyonundan edeceği faydalar oldukça düşecektir, hatta yatırımcılar yatırımlarının karşılığını alamayabilirler (Standartlarla ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Mevzuat raporunu inceleyiniz).

3.2.2. İhtiyaçlar

Veri ve iletişim teknolojileri akıllı sayaçların şebeke entegrasyonunu sağlarlar. Çeşitli iletişim teknolojileri akıllı sayaçların aralarında ve tüketiciler, şebeke ve piyasa operatörleri ile veri paylaşılmasını sağlar. Akıllı sayaçların şebekede topladıkları verinin çeşitliliği ve büyüklüğü sebebiyle, toplanan verilerin yönetilmesi için bir yazılım altyapısına ihtiyaç duyulur.

3.2.2.1. Veri Teknolojileri

Veri teknolojileri sayaçların topladıkları verileri çeşitli yazılım sistemleri ile anlamlı hale getirmeye yarayan teknolojilerdir. Akıllı sayaçlar geleneksel sayaçlara göre birçok farklı veriyi (akım, voltaj, frekans gibi) ölçmeye yarar. Verilerin büyüklüğü ve çeşitliliği sebebiyle akıllı sayaçlar gelişmiş ölçüm altyapısı (advanced metering infrastructure) yazılımları kullanırlar. Gelişmiş ölçüm altyapısı toplanan bütün verileri çift yönlü olarak aktarılabilir ve yönetilebilir hale getirir. İhtiyaca göre gerekli veri teknolojilerinin kullanılması, akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu sonucu faydalarının mümkün olan en üst seviyede olmasına yarayacaktır. Tipik gelişmiş ölçüm altyapıları sekiz kategoride incelenebilir:

- Sayaç veri yönetim sistemi: Akıllı sayaçların topladığı verileri yönetmeye ve çeşitli amaçlar için kullanılabilir hale getiren sistemlerdir. Diğer veri yönetim sistemlerine destek verir ve sayaç operatörlerinin sayaçlardan topladıkları verileri tedarik, dağıtım ve tüketiciler ile paylaşmasını sağlar.
- Tüketici bilgi sistemi: Tüketiciler için elektrik faturalarını otomatik olarak hazırlayan ve istendiği zaman tüketiciler ve elektrik tedarik eden taraflar tarafından anında ulaşılmasına olanak veren sistemlerdir.
- Kesinti yönetim sistemi: Şebekelerde kesintilerin otomatik olarak tespit edilip anlık olarak şebeke operatörlerine haber veren sistemlerdir.
- Firma yönetim sistemi: Gerçek zamanlı olarak gelişmiş ölçüm altyapısına entegre edilmiş iş süreçlerinin yönetilmesini ve otomasyonunu sağlayan sistemlerdir.
- Yük tahmin sistemi: Tüketim miktarını geçmiş veriler kullanılarak tahmin eden ve hem tüketicilere hem de dileyen üçüncü taraflara bilgi paylaşımı yapabilen sistemlerdir. Özellikle sistem operatörleri şebekeyi ve tedarik şirketleri portföylerindeki tüketicileri yönetmek için kullanırlar.
- Mobil işgücü yönetim sistemi: Şirket binası/arazisi dışında çalışan iş gücünü planlamak, izlemek ve yönetmek için kullanılan sistemlerdir.
- Coğrafi bilgi sistemi: Genelde şebekeyi daha akıllı hale getirmek isteyen veya mevcut akıllı şebekeyi daha iyi yönetmek isteyen sistem operatörleri için sayaçların bulunduğu konumdaki coğrafi verileri kullanarak planlama ve analiz yapmalarını sağlayan sistemlerdir.
- Trafo yük yönetim sistemi: Elektrik şebekelerindeki trafoların yük durumlarını izleyen ve verileri ilgili taraflar ile (sistem işletmecileri) paylaşan sistemlerdir.

İhtiyaca göre gerekli veri teknolojilerinin kullanılması, akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu sonucu faydalarının mümkün olan en üst seviyede olmasına yarayacaktır.

3.2.2.2. İletişim Teknolojileri

İletişim teknolojileri altyapısı sayaçları tüketicilerin cihazlarına ve sayaç sorumlularının sistemlerine bağlantısını sağlarlar. Akıllı sayaçlar için gerekli iletişim teknolojileri kablolu ve kablosuz olarak ikiye ayrılabilir; her iki tür iletişim teknolojisi de türlü kombinasyonlar ile kullanılabilirler.

Kablolu teknolojilerden biri PLC (*power line communications*) teknolojisidir, mevcut güç kablolarının iletişim amaçlı kullanılmasını sağlar ve bu sayede ek bir telekomünikasyon altyapısının kurulmasına gerek kalmaz. Yaygın olarak sayaçlarda tüketim verilerinin okunması için kullanılırlar. DSL (*digital subscriber line*) teknolojisi ise dijital veri transferinin telefon hatları üzerinden yapılmasına olanak sağlayan bir teknolojidir, genelde evlere internet hizmeti sağlamak için kullanılırlar fakat akıllı sayaçların sayaç veri yönetim sistemleri ile iletişimi için de kullanılabilmektedirler. Bir diğer kablolu iletişim teknolojisi ise fiber optik kablolu iletişim teknolojisidir. Genelde omurga ağlarda kullanılırlar. Fiber optik teknolojisinin avantajı uzun mesafelerde yüksek miktarda veri transferi yapabilmesidir. Aynı zamanda elektromanyetik enterferanstan[1] etkilenmez.

Kablosuz iletişim teknolojileri ise hücresel mobil şebekeler, nesnelerin interneti (IoT) şebekeleri ve çok aşamalı şebekeler olarak üç ana başlık altında toplanabilirler. Hücresel mobil şebekeler bir adet radyo erişim ağı ve erişim/mobil iletişim yönetimi yapan bir çekirdek ağdan oluşur. Genelde insanların birbiriyle veya çeşitli makineler ile iletişimini sağlamak amacıyla kullanılırlar fakat son zamanlarda akıllı sayaçlar dahil pek çok elektronik aygıtın iletişim kurması için de kullanılmaktadırlar. Hücresel mobil şebekeler ücretli servisler oldukları için oldukça yüksek kalitede ve kesintisiz

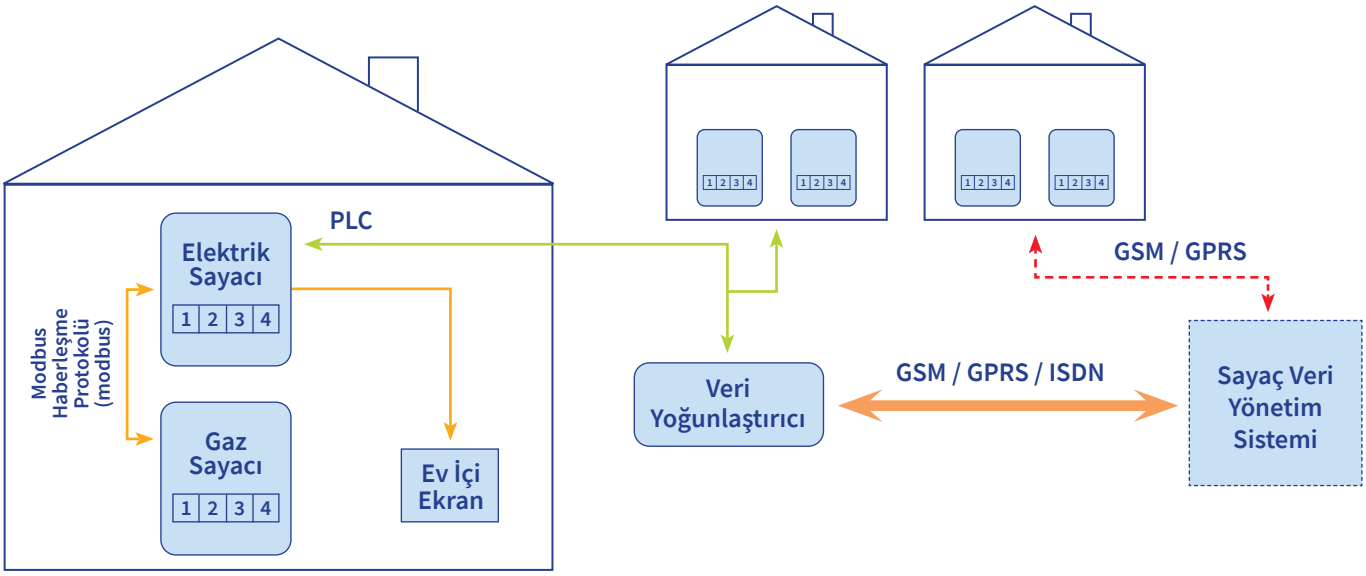
[1] Elektromanyetik enterferans her türlü sistem/cihaz faaliyetini engelleyen, haberleşmede kesinti doğuran veya kalitesini bozan her türlü yayın veya elektromanyetik etkiyi ifade eder.

Hücresel mobil şebekeler ücretli servisler oldukları için oldukça yüksek kalitede ve kesintisiz iletişim imkânı tanırlar. Genelde sayaçlar ile sayaç veri yönetim sistemleri arasındaki iletişimi sağlamak amacıyla kullanılırlar.

iletişim imkânı tanırlar. Genelde sayaçlar ile sayaç veri yönetim sistemleri arasındaki iletişimi sağlamak amacıyla kullanılırlar. IoT şebekeleri ise özellikle elektronik cihazlar ile iletişim kurmak için geliştirilmiş bir teknolojidir. Genelde lisanssız (yani ücretsiz) kullanım ve basit arkaplan altyapısı ile kurma ve işletme maliyetleri oldukça düşüktür fakat düşük elektrik tüketimi gereksinimi ve dar bant genişliği sebebiyle hücresel mobil şebekelere kıyasla oldukça az miktarda veri aktarabilirler. IoT şebekelerine örnek olarak wM-Bus, LoRa, ve SIGFOX gibi teknolojiler örnek verilebilir. Son olarak çok aşamalı şebekeler, bluetooth ve wi-fi gibi çeşitli kısa mesafeli kablosuz iletişim teknolojilerinin bir arada kullanılmasıyla oluşturulan iletişim şebekeleridir. Alan şebekesi oluşturmak (yani haneler gibi küçük alanlardaki cihazların iletişimini sağlamak) için kullanılırlar.

İletişim teknolojilerine destek olarak veri yoğunlaştırıcı sistemler de kullanılmaktadır. Veri yoğunlaştırıcı sistemler özellikle sayaç yoğunluğu fazla olan bölgelerde verilerin "toplaştırılmasını" ve toplaştırılmış verinin bir bütün halinde sayaç sorumlularına aktarılmasını sağlayan sistemlerdir. Şekil 9'da veri yoğunlaştırıcılarının ve çeşitli iletişim teknolojilerinin akıllı sayaç sistemlerindeki kullanımları özetlenmektedir.

Şekil 10: *Örnek akıllı sayaç sistemi*



3.2.3. Gerekli Teknoloji ve Yaklaşımlar

3.2.3.1. Tüketici İhtiyaçları

Tüketicilerin akıllı sayaç kurulumu konusundaki veri güvenliği ve gizliliği ile ilgili endişelerini karşılamak ve yetkisiz tarafların ilgili verilere erişimini engellemek adına yönetmelikte sayaçlardan toplanan verilerin nasıl işleneceği, depolanacağı, değerlendirileceği ve kimlerin ilgili verilere ulaşmaya yetkisi olduğu belirlenmelidir. Yetkisiz tarafların verilere erişimini engellemek için verileri şifreleme ve dijital imza gibi yöntemler kullanılmalıdır. İletişimi PLC teknolojisi ve veri yoğunlaştırıcısı ile sağlayan sayaçlarda veri güvenliği için şifreleme oldukça önemlidir, eğer şifreleme yoksa aynı veri yoğunlaştırıcısına bağlantısı olan kullanıcılar diğer kullanıcıların verilerine erişebilmektedirler. Kişisel veriler ideal olarak yasalar ile korunmalıdır.

Tüketicilerin akıllı sayaçlardan dolayı elektrik maliyetlerinin artmasından duydukları endişeleri gidermek adına akıllı sayaçların ilk yatırım maliyetleri şebeke işletmecileri tarafından karşılanabilir. Ancak sistem operatörlerinin ilk yatırım maliyetlerini karşılayabilmesi için mevzuat ile belirlenen gelir tavanları (yani elde edebilecekleri maksimum gelir) artırılmalıdır. Uygulanacak akıllı tarifeler, eğer tüketiciler tarifeler konusunda yeterli bilince sahip değilse, tüketicilerin elektrik maliyetlerini artırabilir. Örneğin genelde puant vakitlerde elektrik fiyatları diğer zamanlara göre daha yüksek olur, bu konuda bilinçli olmayan bir tüketici ilgili puant saatlerde tüketim yaparsa elektrik maliyetleri sabit tarifeye göre artacaktır. Bu yüzden tüketiciler uygulanacak tarifeler konusunda önceden bilinçlendirilmelidir (Akıllı tarifeler ile ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Sistem Verimliliği raporunu inceleyiniz).

Akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu için ulusal bir strateji geliştirilmeli, bu stratejinin tüm oluşturulma sürecinde ilgili tüm paydaşların görüş ve endişeleri öğrenilmelidir.

3.2.3.2. Mevzuat İhtiyaçları

Mevzuat ihtiyaçlarının karşılanması için ilk olarak mevzuatta yapılacak düzenlemelerin akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu konusunda geliştirilen ulusal strateji ile uyumlu olması önemlidir. Oluşturulacak usul ve esaslar net olarak piyasa paydaşları için uygun maliyetli akıllı sayaç kurulum ve işletme yöntemlerini içermeli, tarifeler oluşturulurken bu maliyetler de dikkate alınmalıdır. Piyasa düzenleme kurumları ise piyasa katılımcılarını akıllı sayaçlardan elde edilen faydaları artıracak ve tüketicilere olan maliyetleri düşürecek çeşitli inovatif tarife mekanizmaları geliştirmeleri konusunda desteklenmelidir. Yeni geliştirilecek tarife mekanizmalarına ek olarak, akıllı sayaçlardan elde edilen faydaları artırmak için, tedarik şirketlerinin de gerçek zamanlı yük verilerini kullanarak portföylerini yönetmelerine izin verilmelidir. Son olarak sayaçlar ile ilgili mevcut mevzuat yeni sayaç teknolojilerini de kapsayacak şekilde yeniden düzenlenmelidir. Örneğin yasaların manuel olarak sayaçların kontrolünü zorunlu tutması, uzaktan okunabilen akıllı sayaçlardan faydalanılmasını engelleyebilir (Mevzuatla ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Mevzuat raporunu inceleyiniz).

3.2.3.3. Ekonomik İhtiyaçlar

Akıllı sayaçların fayda maliyet analizleri yapılırken faydaların doğru ölçülmesi gerekmektedir. Bunun için akıllı sayaçların faydaları net olarak belirlenmeli, ölçümü zor olan faydalar piyasa paydaşları ile beraber değerlendirilmelidir. Bu sayede ilgili faydalar ve uzun vadede ortaya çıkacak fayda-maliyet oranı paydaşlar tarafından daha iyi anlaşılabilir. Faydaların tüm paydaşlar ile beraber değerlendirilmesi aynı zamanda maliyetlerin ne oranda, hangi paydaşlar tarafından üstlenileceği konusunu da netleştirecektir.

3.2.3.4. Teknik İhtiyaçlar

Akıllı sayaçların özellikleri konusunda (donanım, yazılım, iletişim protokolleri ve veri formatları gibi) belirli standartlar belirlenmelidir. Bu standartlar belirlenirken şebekedeki mevcut akıllı sayaç sistemleri de dikkate alınmalıdır. İlgili standartlar piyasa düzenleme kurumları tarafından mevzuatta belirtilmelidir (Standartlarla ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Mevzuat raporunu inceleyiniz).

4. İş Modellerinin En İyi Uygulama Örnekleri

4.1. Talep Tarafı Katılımı ve Toplayıcılar

Bu bölümde Almanya, ABD, Avustralya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, İspanya, İsveç ve Norveç gibi talep tarafı katılımının başarılı olarak uygulandığı ülkelerden 70 adet talep tarafı katılımı uygulaması incelenmiştir.

Bu bölümde Almanya, ABD, Avustralya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, İspanya, İsveç ve Norveç gibi talep tarafı katılımının başarılı olarak uygulandığı ülkelerden 70 adet talep tarafı katılımı uygulaması incelenmiştir. Uygulamalar piyasaya katılan talebin büyüklüğü, talep toplaştırma durumları ve ne kadar süredir başarılı olarak tedarik edildiklerine göre değerlendirilmişlerdir.

Aşağıdaki tabloda incelenen talep tarafı katılımı uygulamaları incelenen uygulama sayısı sırasıyla anlatılmaktadır.

Tablo 3: *Çalışmada incelenen başarılı talep tarafı katılımı uygulamaları*

Uygulama	İncelenen Uygulama Sayısı	Başarılı Uygulama Örnekleri	Uygulamanın Amacı & Talep Tarafının Uygulamaya Katılımının Faydaları
FTR	**15**	**İngiltere:** En az 300 MW talep tarafı kaynaklarından tedarik edilmektedir (total rezervin %10'u). **Danimarka:** Yük düşme yönündeki tüm frekans tutma rezervi talep tarafındaki elektrikli kazanlar tarafından tedarik edilmektedir. **Finlandiya:** Toplam 400 MW rezervin 241 MW'ı talep tarafı kaynaklarından tedarik edilmiştir.	Dengeleme rezervidir: CO_2 emisyonlarını azaltır. Birincil enerji tasarrufu sağlar. Dengeleme maliyetlerini azaltır. Yenilenebilir enerji kapasitesinin şebeke entegrasyonunu artırır. Yeni sevkedilebilir santral yatırımlarını erteler.
mFİR	**12**	**Norveç:** Toplam 1.933 MW "fast disturbance" rezervinin 1.653 MW'ı talep tarafı kaynakları tarafından tedarik edilmiştir. **Finlandiya:** Talep tarafı kaynakları tarafından 300 MW rezerv tedarik edilmiştir. **Fransa:** Toplam 1.000 MW rezervin 500 MW'ı talep tarafı kaynakları tarafından tedarik edilmiştir.	Dengeleme rezervidir: CO_2 emisyonlarını azaltır. Birincil enerji tasarrufunu artırır. Dengeleme maliyetlerini azaltır. Şebekeye yenilenebilir enerjinin entegrasyonunu artırır. Yeni sevkedilebilir santral yatırımlarını erteler.
Enerji Piyasaları	**9**	**ABD, Avustralya, İsveç, Norveç, Danimarka, Finlandiya, Almanya** ve **Fransa** piyasalarında talep tarafı enerji piyasalarına açıktır.	Gün öncesi ve gün içi piyasalarını kapsar: CO_2 emisyonlarını azaltır. Birincil enerji tasarrufunu artırır. Elektrik fiyatlarını düşürür. Teknik kayıpları azaltır. Fiyat volatilitesini azaltır.
Restorasyon Rezervi (RR)	**9**	**İngiltere:** STOR Runaway isimli rezervin hepsi (78 MW) talep tarafı kaynakları tarafından tedarik edilmiştir. **İsveç:** Toplam 1.000 MW'lık rezervin 334 MW'ı talep tarafı kaynakları tarafından tedarik edilmiştir.	Dengeleme rezervidir: CO_2 emisyonlarını azaltır. Birincil enerji tasarrufu sağlar. Dengeleme maliyetlerini azaltır. Yenilenebilir enerji kapasitesinin şebeke entegrasyonunu artırır. Yeni sevkedilebilir santral yatırımlarını erteler.

oFİR	**8**	**Fransa:** Toplam 100 MW'lık rezervin 10 MW'ı talep tarafı kaynakları tarafından tedarik edilmiştir.	Dengeleme rezervidir: CO_2 emisyonlarını azaltır. Birincil enerji tasarrufu sağlar. Dengeleme maliyetlerini azaltır. Yenilenebilir enerji kapasitesinin şebeke entegrasyonunu artırır. Yeni sevk edilebilir santral yatırımlarını erteler.
KY	**5**	**İspanya:** 3.190 MW talep tarafı kaynakları tarafından tedarik edilmiştir. **Almanya:** 1.500 MW talep tarafı kaynakları tarafından tedarik edilmiştir. **Fransa:** 1.400 MW talep tarafı kaynakları tarafından tedarik edilmiştir.	Organize piyasaların dışında, sistem operatörü ile ikili anlaşma yapılarak tedarik edilebilen bir mekanizmadır. CO_2 emisyonlarını azaltır. Birincil enerji tasarrufu sağlar. Ek santral yatırımlarını erteler. Bölgesel kısıtların çözülmesini sağlar. Dağıtık üretim kapasitesinin şebeke entegrasyonunu artırır.
Kapasite Mekanizmaları	**6**	**Fransa:** Toplam 89.700 MW'lık portföyün 2.500 MW'ı talep tarafı kaynakları tarafından tedarik edilmiştir.	Piyasa çapında kapasite mekanizmasıdır. Enerji piyasasına ve dolaylı olarak dengeleme sürecine katılan kapasiteyi artırır. CO_2 emisyonlarını azaltır. Birincil enerji tasarrufu sağlar. Yeni sevk edilebilir santral yatırımlarını erteler.
"Flexible Ramping Product"	**1**	Veri bulunmamaktadır.	Yenilenebilir enerji santrallerinin dengelenmesi için özel olarak dizayn edilmiş bir dengeleme rezervidir. Yenilenebilir enerji kapasitesinin şebeke entegrasyonunu artırır.
Stratejik Rezervler	**1**	**Finlandiya:** Toplam 2.900 MW'lık rezervin 10 MW'ı talep tarafı kaynakları tarafından tedarik edilmiştir.	Piyasa fiyatlarının dengeleme rezervi sağlayıcılarını yeterli rezervi sağlamalarına teşvik etmediği durumlarda kullanılan bir kapasite mekanizmasıdır. Dengeleme rezervlerinin faydalarını pekiştirir.
Kısıt Yönetimi	**2**	Veri bulunmamaktadır.	Talep düşürülerek bölgesel kısıtların yönetilmesi sağlayan bir kapasite mekanizmasıdır. CO_2 emisyonlarını azaltır. Birincil enerji tasarrufu sağlar. Ek santral yatırımlarını erteler. Bölgesel kısıtların çözülmesini sağlar. Dağıtık üretim kapasitesinin şebeke entegrasyonunu artırır.
Red Zone Management	**1**	Veri bulunmamaktadır.	İngiltere'de kısıt yönetimi için geliştirilmiş bir uygulamadır.
Triad Avoidance	**1**	Veri bulunmamaktadır.	İngiltere'de "triad" denen zamanlarda doğan ek maliyetlerden kaçınmak için geliştirilmiş bir uygulamadır.

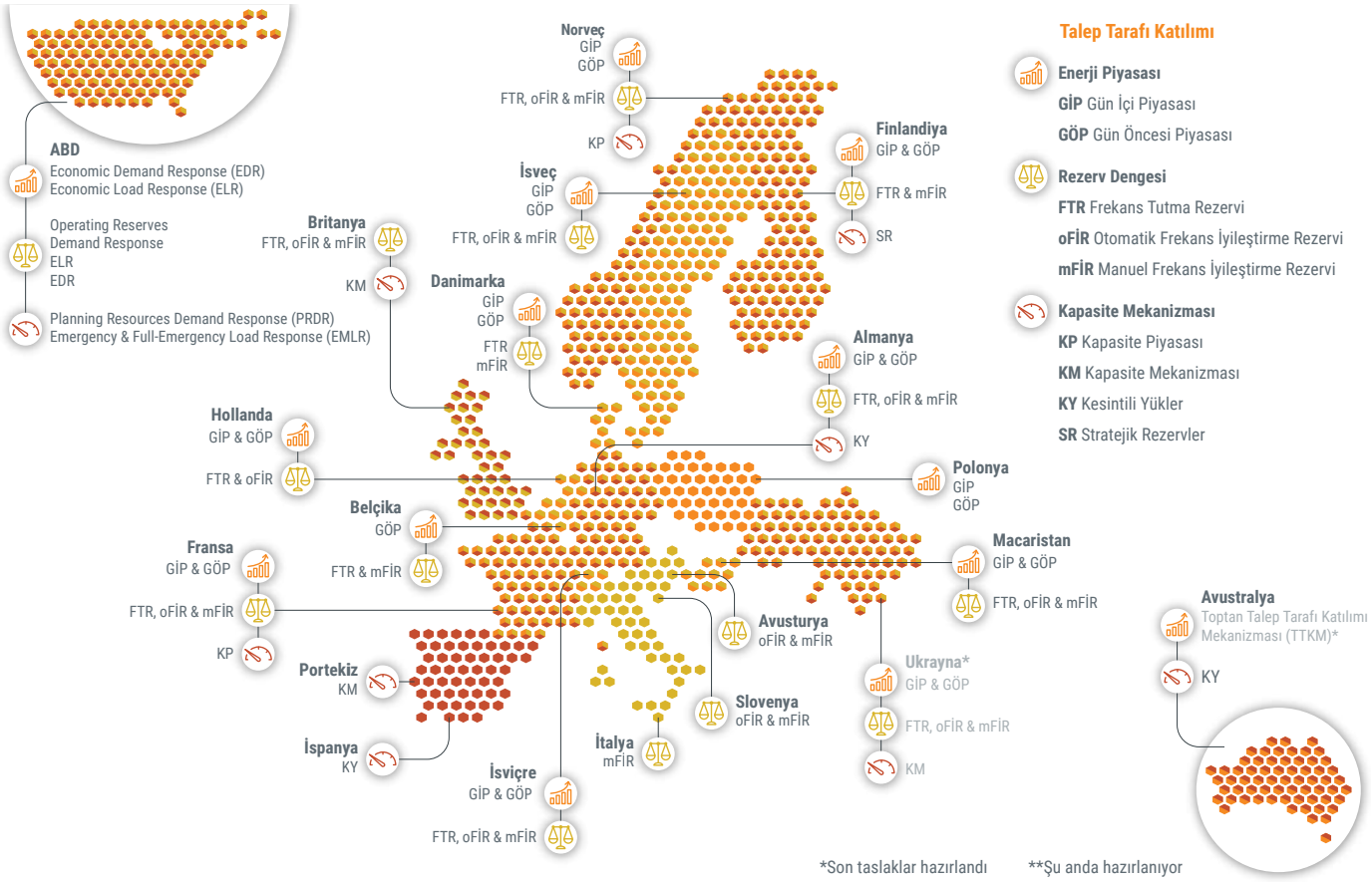
Çoğu piyasada talep tarafı katılımının etkileri direkt olarak gözlenememektedir; bunun en büyük sebebi talebin katıldığı çoğu piyasada diğer kaynaklar da aktif olarak rol oynamaktadır ve ayrı bir raporlama yapılamamaktadır. Bu yüzden başarılı uygulamaların seçiminde aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır:

1. Uygulama sayısı: İncelenen ülkeler talep tarafı katılımı konusunda en tecrübeli ülkeler arasından seçilmiştir. Benzer uygulamalar ne kadar çok ülkede rastlanırsa, uygulamanın o kadar başarılı olduğu varsayılmıştır.

2. Talep tarafı kaynaklarının katılımı: Bir uygulamaya ne kadar talep tarafı kaynağı katılmışsa uygulamanın o kadar başarılı olduğu varsayılmıştır. Değerlendirme eğer veri var ise talep tarafı kaynaklarının uygulamada tedarik edilen toplam kapasiteye oranı üzerinden, veri yok ise direkt uygulamaya katılan toplam talep miktarı üzerinden yapılmıştır.

3. Uygulamanın faydaları: Özellikle yaygın olmasa dahi faydaları yüzünden ileride yaygınlaşacağı varsayılmış uygulamalar da başarılı kabul edilmiştir.

Şekil 11: *Çalışmada incelenen en iyi uygulama örnekleri*



Finlandiya'daki spot piyasalar (Gün Öncesi Elspot2 ve Gün İçi Elbas3 Piyasaları) talep tarafı ve talep toplayıcılarının erişimine açıktır.

4.1.1. Finlandiya

4.1.1.1. Enerji Piyasaları

Finlandiya'daki spot piyasalar (Gün Öncesi Elspot[2] ve Gün İçi Elbas[3] Piyasaları) talep tarafı ve talep toplayıcılarının erişimine açıktır. Bireysel tüketicilerin Nord Pool piyasasına verdikleri teklifler umuma açık olmasa da Fingrid tahminlerine göre 200 ile 600 MW arasında esnek yük GÖP'e ve 200 MW'a kadar esnek yük GİP'e katılmaktadır (SMARTEN, 2017).

Tablo 4: *Finlandiya – Enerji piyasası*

Uygulama	Piyasa	Talep Toplama	Minimum Teklif Miktarı (MW)
GÖP	İskandinav ve Baltık Enerji Piyasaları	Tanımlı	0,1
GİP	Nord Pool	Tanımlı	0,1

4.1.1.2. Frekans Tutma Rezervi

Frekans tutma rezervi sistem frekansı optimum çalışma aralığı dışına çıktığı zaman ilk devreye giren dengeleme rezervidir. Finlandiya tüketicilerin Frekans Tutma Rezervlerine katılımını sağlayan başarılı bir talep tarafı katılımı mekanizmasına sahiptir. Mekanizmanın en önemli avantajı, asimetrik tekliflerin kabul edilmesidir. Asimetrik teklifler, standart olarak hem yük artırma hem yük düşme yönünde verilen frekans tutma rezerv tekliflerinin aksine sadece yük düşme yönünde verilebilen tekliflerdir ve tüketicilerin piyasaya katılımını kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda, tüketicilerin devreye girmesi gereken frekans limiti üreticilere göre daha aşağıdadır; bu durum tüketicilerin daha az devreye girmek zorunda olmasını sağlar (SMARTEN, 2017).

Tablo 5: *Finlandiya – Frekans tutma rezervi*

Uygulama	Talep Toplama	Minimum Teklif Miktarı (MW)	Aktivasyon	Bildirim Zamanı
FCR-D	Tanımlı	1	Otomatik	30 saniye

4.1.1.3. Manuel Frekans İyileştirme Rezervi

Manuel frekans iyileştirme rezervi bir dengeleme rezervidir. Finlandiya'da manuel frekans iyileştirme rezervi "Fast Disturbance Reserve" adında bir mekanizma üzerinden tedarik edilmektedir. 2017 yılında tedarik edilen rezervin üçte biri (300 MW) talep tarafı kaynaklarından oluşmaktadır (SMARTEN, 2017).

Tablo 6: *Finlandiya – Manuel frekans iyileştirme rezervi*

Uygulama	Talep Toplama	Minimum Teklif Miktarı (MW)	Aktivasyon	Bildirim Zamanı
Fast Disturbance Reserve	Tanımlı	5	Manuel	15 dakika

[2] Elspot Norveç,İsveç, Finlandiya, Danimarka ve Estonya'yı kapsayan GÖP'tür. https://www.ft.dk/samling/20091/almdel/EPU/bilag/354/882165.pdf
[3] Elbas Norveç,İsveç, Finlandiya, Danimarka ve Almanya'yı kapsayan GİP'tir. https://www.ft.dk/samling/20091/almdel/EPU/bilag/354/882165.pdf

4.1.1.4. Kapasite Mekanizması (Dengeleme Kapasite Piyasası & Stratejik Rezerv)

Dengeleme kapasite piyasası 2016 yılından itibaren Finlandiya'da faaliyet göstermektedir. Dengeleme rezervi hizmeti sağlamak isteyen piyasa katılımcılarından dengeleme kapasite piyasasına verdiği teklifler kabul olanlar dengeleme güç piyasasına teklif vermek zorundadırlar. Fingrid (Finlandiya iletim sistemi operatörü) bu sayede ihtiyacı olan manuel frekans iyileştirme rezervi kapasitesinin tedarikini garanti altına almış olur. Fingrid aynı zamanda "stratejik rezerv" adı altında bir kapasite mekanizması da işletmektedir ve mekanizma talep tarafına 2013'ten beri açıktır. 2015-2016 ve 2016-2017 yıllarında 10 MW'lık esnek yük talep tarafı kaynaklarından tedarik edilmiştir (Fingrid, 2020).

Tablo 7: *Finlandiya – Dengeleme kapasite piyasası*

Uygulama	Talep Toplama	Minimum Teklif Miktarı (MW)	Aktivasyon	Bildirim Zamanı
Dengeleme Kapasite Piyasası	Tanımlı	10	Manuel	15 dakika
	Tanımlı	5	Otomatik	15 dakika

4.1.2. Fransa

4.1.2.1. Enerji Piyasaları

Fransa'daki NEBEF (notification d'échange de blocs d'effacement) mekanizması; bağımsız talep toplayıcılarının, portföylerindeki tüketicilerin dengeden sorumlu piyasa katılımcılarından izin almadan esnekliklerini çeşitli piyasalarda değerlendirme fırsatı veren bir mekanizmadır. 2016 yılında talep tarafının NEBEF mekanizması üzerinden verdiği teklifler, nükleer santrallerin düşük emre amadeliği ve yüksek hava sıcaklıklarından dolayı Fransa enerji piyasasında oluşan yüksek fiyatlar sebebiyle oldukça fazlaydı. Aralık 2016'da toplam piyasaya katılan esnek yük miktarı 4 GWh olmuştur. NEBEF mekanizmasına getirilen yeni kurallar (NEBEF 3.0) talep toplayıcılarının gün öncesi ve gün içi piyasalarına erişim imkânı tanımıştır. NEBEF mekanizması aynı zamanda bağımsız talep toplayıcılarına gün öncesi ve gün içi piyasalarına erişim imkânı vermiştir (SMARTEN, 2017).

Tablo 8: *Fransa – Enerji Piyasası*

Uygulama	Piyasa	Talep Toplama	Minimum Teklif Miktarı (MW)
GÖP	Avrupa Enerji Borsası (EPEX) Spot	Tanımlı	0,1
GİP	Avrupa Enerji Borsası (EPEX) Spot	Tanımlı	0,1

2017 yılında Rapid Reserve ile tedarik edilmiş dengeleme rezervi miktarının yarısı (500 MW) talep tarafı kaynaklarından oluşmaktadır.

4.1.2.2. Manuel Frekans İyileştirme Rezervi

Fransa'da manuel frekans iyileştirme rezervleri "Rapid Reserve" adında bir mekanizma üzerinden tedarik edilmektedir. 2017 yılında Rapid Reserve ile tedarik edilmiş dengeleme rezervi miktarının yarısı (500 MW) talep tarafı kaynaklarından oluşmaktadır. Talep tarafı kaynakları ikincil bir piyasada, üreticilerden ayrı olarak tedarik edilir; bu durum üreticilere uygulanan katılım kriterlerine tabii olmamalarını, tüketicilere uygun yeterlilik kriterlerine sahip bir piyasa oluşmasını sağlar (SMARTEN, 2017).

Tablo 9: *Fransa – Manuel frekans iyileştirme rezervi*

Uygulama	Talep Toplama	Minimum Teklif Miktarı (MW)	Aktivasyon	Bildirim Zamanı
Rapid Reserve	Tanımlı	10	Manuel	13 dakika

4.1.2.3. Kapasite Mekanizması

Fransa kapasite mekanizmasının çalışma prensibi tedarik şirketlerinin tüketici portföylerinde oluşan tüketim miktarına bağlı olarak belirli bir miktar kapasite sertifikasına sahip olmalarına dayanır, kapasite kaynakları (üretim ve talep tarafı kaynakları) ise emre amadelik durumlarını belirten sertifikaları temin etmek zorundadırlar. Talep tarafı kaynakları mekanizmada tedarik firmalarının sertifika yükümlülüklerini azaltır. Piyasa Ocak 2017'den beri faaliyettedir ve talep tarafı katılımına açıktır. Talep tarafı katılımı kaynakları için "kapasite" emre amadelik durumlarını yansıtmaktadır, devreye alınmaları dengeleme piyasasında ve enerji piyasalarında gerçekleştirilir.

4.1.3. İngiltere

4.1.3.1. Frekans Tutma Rezervi

İngiltere "Frequency Control by Demand Management (FCDM)" adında başarılı bir talep tarafı katılımı mekanizmasına sahiptir. Mekanizma şebeke frekansının 49.5 Hertz'in (Hz) altına düşmesini engellemek amacıyla oluşturulmuştur; aynı Finlandiya'daki örnekte olduğu gibi devreye girmesi gereken frekans değeri oldukça aşağıdadır ve asimetrik teklifler kabul edilmektedir. İlgili mekanizmaya katılmak isteyen tüketiciler en az 3 MW esnekliğe sahip olmalı ve şebekeye iletim sisteminden bağlı olmak zorundadırlar (SMARTEN, 2017).

Tablo 10: *İngiltere – Frekans tutma rezervi*

Uygulama	Talep Toplama	Minimum Teklif Miktarı (MW)	Aktivasyon	Bildirim Zamanı
FCDM	Tanımlı	3	Otomatik	0,03 saniye

4.1.4. İsveç

4.1.4.1. Restorasyon Rezervi

İsveç piyasası kapasite mekanizmasına sahip değildir, bunun yerine talep tarafı kaynaklarının da katılabildiği "Strategic Reserve" adında bir dengeleme rezervine sahiptir. İletim sistemi operatörü yönetmelikte belirlenmiş miktar kadar rezervi tedarik etmekle yükümlüdür. İlgili miktar 2011-2020 yılları arasında 2.000 MW'tan 750 MW'a düşmüştür. Tarihsel olarak restorasyon rezervleri senede 10 saatten az kullanılmaktadır.

İsveç restorasyon rezervini en az 2025'e kadar kullanmak amacındadır ve mevcut 750 MW tedarik ihtiyacının %25'i talep tarafı kaynaklarından karşılanmaktadır.

İsveç restorasyon rezervini en az 2025'e kadar kullanmak amacındadır ve mevcut 750 MW tedarik ihtiyacının %25'i talep tarafı kaynaklarından karşılanmaktadır (SMARTEN, 2017).

Tablo 11: *İsveç – Restorasyon rezervi*

Uygulama	Talep Toplama	Minimum Teklif Miktarı (MW)	Aktivasyon	Bildirim Zamanı
Strategic Reserves	Tanımlı	5	Manuel	15 dakika

Totalde 1.000MW manuel frekans iyileştirme rezervine sahip olan Norveç, bu rezervin 543 MW'ını sezonluk olarak dengeleme piyasasından, 120 MW'ını ise ikili anlaşmalar yoluyla talep tarafı kaynaklarından tedarik etmiştir.

4.1.5. Norveç

4.1.5.1. Manuel Frekans İyileştirme Rezervi

Totalde 1.000MW manuel frekans iyileştirme rezervine sahip olan Norveç, bu rezervin 543 MW'ını sezonluk olarak dengeleme piyasasından, 120 MW'ını ise ikili anlaşmalar yoluyla talep tarafı kaynaklarından tedarik etmiştir. Manuel frekans iyileştirme rezervi Norveç'te sezonluk veya haftalık ihaleler ile tedarik edilir. Norveç İletim Sistemi Operatörü, aynı zamanda özellikle kış aylarında kullanmak için ikili anlaşma yoluyla da rezerv tedarik eder (SMARTEN, 2017).

Tablo 12: *Norveç - Manuel frekans iyileştirme rezervi*

Uygulama	Talep Toplama	Minimum Teklif Miktarı (MW)	Aktivasyon	Bildirim Zamanı
Fast Disturbance Reserve	Tanımlı	1	Manuel	15 dakika

4.1.6. Avusturya

4.1.6.1. Otomatik Frekans İyileştirme Rezervi

Avusturya başarılı bir şekilde tüketicilerden otomatik frekans iyileştirme rezervi tedarik eden nadir ülkelerdendir. Avusturya uygulamasının başarısının sırrı, yukarı ve aşağı yönde ayrı ayrı olmak üzere asimetrik tekliflerin kabul olması ve tek bir saat içinde 3 farklı zaman aralığında farklı yönde teklif verilebiliyor olmasıdır; bu durum tüketicilerin diledikleri zaman diledikleri şekilde teklif verebilmesine olanak tanımaktadır (SMARTEN, 2017).

Tablo 13: *Avusturya – Otomatik frekans iyileştirme rezervi*

Uygulama	Talep Toplama	Minimum Teklif Miktarı (MW)	Aktivasyon	Bildirim Zamanı
oFİR	Tanımlı	5	Otomatik	>30 saniye <15 dakika

PJM bölgesinde senede sadece birkaç kez kullanılmasına rağmen, PJM'in 2017-2018 yılları arasında gerçekleştirdiği ihale sonucu 10 GW'tan fazla esnek yük talep tarafı kaynaklarından sağlandı.

4.1.7. ABD

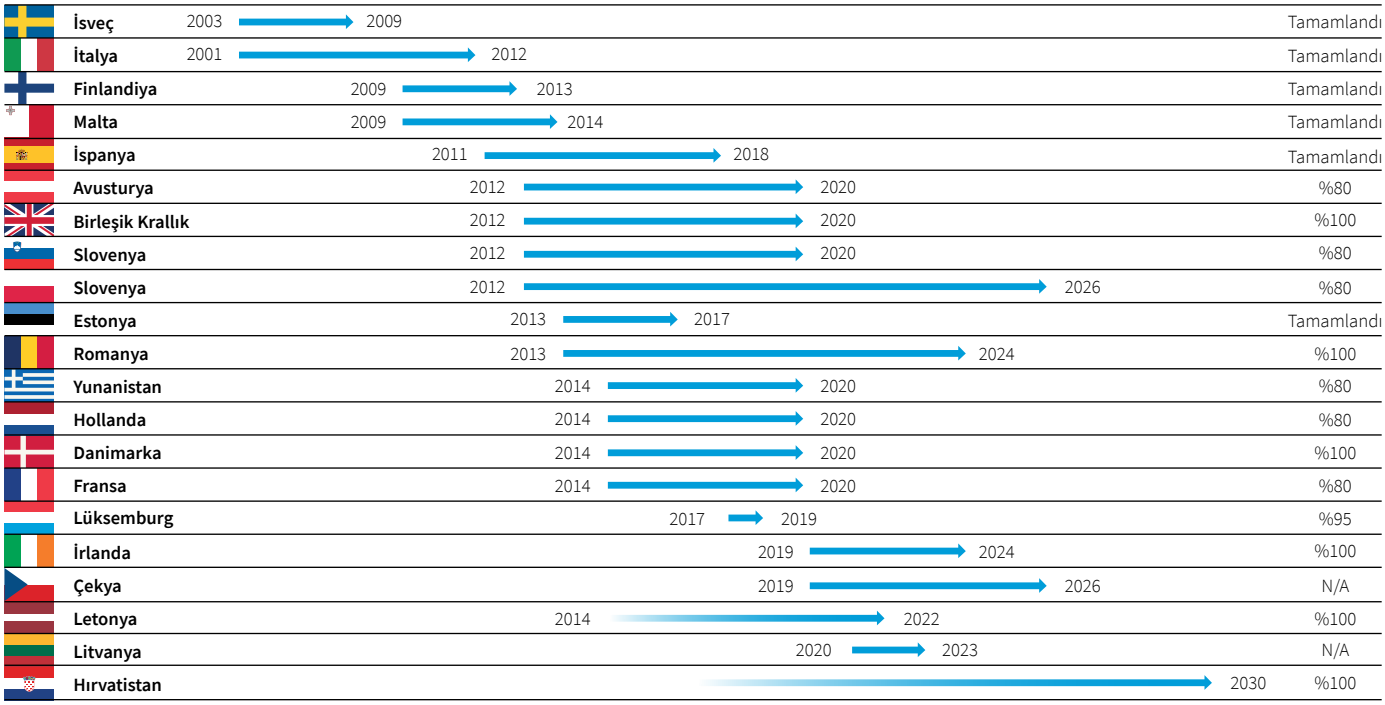
4.1.7.1. Kapasite Mekanizması

PJM ABD'nin doğu bölgesinde faaliyet gösteren bir iletim sistem operatörüdür; bölgenin ihtiyacı olan üretim kapasitesini üç senelik anlaşmaların yapıldığı bir kapasite piyasası ile güvence altına alır. PJM bölgesinde senede sadece birkaç kez kullanılmasına rağmen, PJM'in 2017-2018 yılları arasında gerçekleştirdiği ihale sonucu 10 GW'tan fazla esnek yük talep tarafı kaynaklarından sağlandı.

4.2. Akıllı sayaçlar

AB üye ülkelere akıllı sayaçların yaygınlaştırılması konusunda koyduğu hedefler doğrultusunda 2018 yılı itibarıyla sayaçların %34'ü akıllı sayaç sistemlerinden oluşmaktadır (TRACTEBEL, 2019). Üye ülkeler AB direktifleri doğrultusunda akıllı sayaçların yaygınlaşması üzerine fayda maliyet analizleri yapmışlar ve entegrasyon hedeflerini belirlemişlerdir. Şekil 11'de üye ülkelerin akıllı sayaçlarının şebeke entegrasyonu konusunda ne aşamada olduklarını gösterilmektedir (TRACTEBEL, 2019).

Şekil 12: *Akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu konusunda AB ülkelerinin durumu, 2018*



Finlandiya şebekesinde akıllı sayaçların şebekeye entegrasyonu %100'e ulaşmış durumdadır.

Akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu konusunda en başarılı ülkelerden biri Finlandiya'dır. Finlandiya şebekesinde akıllı sayaçların oranı %100'e ulaşmış durumdadır. Akıllı sayaçların yaygınlaşması için uyguladıkları başarılı entegrasyon süreci (Smart Meter 2.0 Roll Out Plan) sayesinde Finlandiya bu konuda öncü durumuna gelmiştir (Finnish energy, 2017; Escan, 2016).

Finlandiya'daki akıllı sayaçların yaygınlaşması 2000'li yılların başlarında dağıtım sistemi operatörlerinin bireysel çabaları ile başlamıştır. Akıllı sayaçların yaygınlaşması 2009 yılında çıkan ve tüketicilerin %80'inin akıllı sayaç sistemleri ile donatılmasını gerekli kılan mevzuat ile ivme kazanmıştır. Sürecin yürütülmesinin yanı sıra sayaçların okunması, raporlama ve verilerin aktarılması sorumluluğu dağıtım sistemi operatörlerine verilmiştir. 2014 yılında veriler şeffaf olarak tüketiciler ile paylaşılmaya başlanmıştır. Tedarik şirketleri ve diğer üçüncü taraflar, eğer izin verilmiş ise verilere erişebilmektedir.

Düzenleme kurumları mevzuatta akıllı sayaç sistemleri için gerekli minimum sistem işlevsellik gerekleri belirlemiştir; bunların arasında saatlik ölçüm için kriterleri belirten yönetmelikler, çift taraflı iletişim, gerçek zamanlı tüketim için standart bağlantı ve yük kontrol yeterlilikleri bulunmaktadır. Mevzuata göre uzlaştırma saatlik tüketim değerlerine göre yapılmaktadır.

Finlandiya, İspanya ve İtalya ile beraber fayda maliyet analizi yapmadan akıllı sayaçların piyasa entegrasyonuna başlayan AB üyesi ülkelerindendir. Yapılmış diğer fayda maliyet analizleri incelendiğinde, akıllı sayaçların şebeke entegrasyonu ile ilgili birçok çelişkili sonuç çıktığı gözlemlenebilir. Fayda maliyet analizlerinin sonuçlarına mevcut sayaçların durumu, sayaçların yenilenme durumları, minimum sistem işlevsellik gerekleri, ulusal eylem planları gibi ülkelere özgü durumların etkisi büyüktür.

Buna rağmen Finlandiya'da şimdiden birçok fayda gözlemlenmeye başlamıştır. Akıllı sayaçların yaygınlaşmasına paralel olarak akıllı sayaç sistemlerinin kabiliyetlerini kullanan yeni ürün ve servisler ortaya çıkmaya başlamıştır. Tüketicilerin kendi verilerine ulaşması dışında talep tarafı katılımı hizmeti sağlayabilmelerinin önü açılmıştır. Akıllı tarifeler, tüketicilerin Nord Pool piyasa takas fiyatlarına göre gerçek zamanda tüketimlerini ayarlamasını sağlayan gerçek zamanlı tarifeler ve uzaktan yük kontrolü gibi mekanizmalar piyasadaki esnek yük miktarını artırmıştır (Akıllı tarifeler ile ilgili daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Sistem Verimliliği raporunu inceleyiniz).

Tüketiciler gerçek zamanlı olarak tüketimlerini (bireysel ev eşya ve ekipmanları da dahil) ve ilgili maliyetleri gerçek zamanlı olarak izleyebilmekte, kablosuz uzaktan çeşitli ev eşyalarını kontrol edebilmekte ve sayaçların otomasyon kabiliyetleri sayesinde kontrolü piyasa fiyatlarına göre otomatik olarak yapabilmektedirler. Piyasadaki ürün ve servisler aynı zamanda tüketicileri tüketim miktarları konusunda uyarma, enerji tasarrufu önerileri sunma ve benzer tüketime profiline sahip tüketiciler ile karşılaştırma yapma yetilerine sahiptir.

5. Türkiye'de İş Modellerinin Boşluk Analizi

Mevcut yan hizmetler yönetmeliğinde sistem işletmecisinin ihaleler ile tedarik edebildiği ve tüketicilerin tüketimini düşük frekans röleleri ile kesebildiği "anlık talep kontrolü" adı altında bir mekanizma vardır, ancak TEİAŞ ilgili mekanizma için henüz ihaleye çıkmamıştır.

Türkiye'de mevcut durumda talep tarafının organize piyasalara (enerji piyasaları veya yan hizmetler piyasası) erişimi yoktur ve mevcut kapasite mekanizmalarına da katılamamaktadırlar. Tüketiciler yönetmelikte henüz piyasa katılımcısı olarak tanımlanmamıştır, ancak tüketiciler tedarik lisansı (veya kojenerasyon tesisi sahibi iseler üretim lisansı) alarak enerji piyasalarına erişebilmektedirler. Mevcut yan hizmetler yönetmeliğinde sistem işletmecisinin ihaleler ile tedarik edebildiği ve tüketicilerin tüketimini düşük frekans röleleri ile kesebildiği "anlık talep kontrolü" adı altında bir mekanizma vardır, ancak TEİAŞ ilgili mekanizma için henüz ihaleye çıkmamıştır. Anlık talep kontrolü mekanizmasında kapasite ödemesi bulunmamaktadır. Yalnızca hizmet kullanıldığı zaman bir enerji bedeli ödenir. Mekanizma ihalesi açılsa dahi mevcut durumda tüketicileri talep tarafı katılımı hizmeti sağlamaya teşvik edebilecek bir mekanizma olma özelliği taşımamaktadır.

Tablo 14'te talep tarafının Türkiye elektrik piyasasına erişimini sağlamak ve akıllı sayaçların yaygınlaşması için yapılan boşluk analizi özetlenmiştir.

Tablo 14: *Boşluk analizi*

	Alt başlıklar	Boşluğun tanımı
Mevzuat	*Ulusal Eylem Planı*	Akıllı sayaçların yaygınlaşması amacıyla bir ulusal eylem planının oluşturulması, uluslararası örneklerde gözlemlendiği üzere hayati öneme sahiptir. Türkiye'nin henüz ulusal eylem planı bulunmamaktadır. Bu konuda yapılmış en önemli çalışma ELDER'in 2017 Ekim tarihli "Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi"dir.
	Ölçüm Standartları	Mevcut OSOS ve elektronik sayaçlar ile ilgili standartlar ve akıllı sayaçların ihtiyaçları örtüşmemektedir. Akıllı sayaçlar için gerekli ön yeterlilik şartları ve sayaçların müşterek çalışma standartlarının mevzuatta belirlenmesi önerilmektedir.
	Veri Güvenliği ve Güvenlik Standartları	Bazı dağıtım sistemi operatörlerinin Türkiye'ye uyarlanabilecek uluslararası örnekler konusunda yaptığı araştırmalar dışında mevcut durumda akıllı sayaçların veri güvenliği ve güvenlik standartları ile ilgili bir düzenleme bulunmamaktadır.
	Tüketiciler	Tüketicilerin tüketim lisansı alarak piyasa katılımcısı olabilmesi ve yönetmelikte piyasa katılımcısı olarak tanımlanması önerilmektedir.
	Bağımsız Talep Toplayıcıları	Bağımsız talep toplayıcılarının piyasa katılımcısı olarak tanımlanması, sorumluluklarının belirlenmesi önerilmektedir. Bağımsız talep toplayıcıları ve tedarik şirketleri arasında doğacak dengesizliğin Piyasa İşletmecisi tarafından tolere edilmesi önerilmektedir.

[4] Oluşan dengesizliğin TEİAŞ tarafında tolere edilmesi, oluşan dengesizliğin yok sayılması ve kimsenin bu dengesizlik sebebi ile finansal yaptırımlara maruz kalmaması anlamında gelmektedir.

Metodoloji ve araçların geliştirilmesi	*Akıllı Sayaçlar*	Mevcut durumda piyasada %3 paya sahip olan akıllı sayaçların yaygınlaşması ulusal hedeflerin gerisindedir. Akıllı sayaçlar talep tarafı katılımı için de temel gerekliliklerden biridir ve yaygınlaşması önerilmektedir.
	Veri ve İletişim Altyapısı	Akıllı sayaçların ürettiği verileri yönetebilmek için gelişmiş bir sunucu (server) ve iletişim altyapısının kurulması önerilmektedir.
	Kontrol Sistemleri	Kontrol sistemleri (düşük frekans röleleri dahil) talep tarafı kaynaklarının esnekliğini kullanmalarını sağlayan temel gerekliliklerden biridir ve yaygınlaştırılması önerilmektedir.
	Referans Yük Metotları	Referans yük metotları talep tarafı kaynaklarının hizmet performansını ölçmeye yarar. Referans yük metotları piyasada düzenleyici kurumlar tarafından konulmuş belirli standartlara sahip olmalıdır ve özellikle piyasaya direkt erişimi olmayan talep tarafı kaynaklarının piyasaya katılımı için temek gerekliliklerden biridir.
	Yeni Tarife Yapıları	Akıllı sayaçlardan tam verim alabilmek ve piyasa katılımcısı olmayan tüketicilerin yük kaydırabilmeleri için çok zamanlı veya gerçek zamanlı tarifelerin geliştirilmesi önerilmektedir.
	Uzlaştırma	Talep tarafı katılımı hizmetlerinde talep tarafı kaynaklarının performans ölçümü (yük değişim miktarının belirlenmesi ile ilgili kriterler) ve verilen hizmetin fiyatlandırılması için yeni metodolojilerin geliştirilmesi önerilmektedir.
	Maliyet Fayda Analizi	Akıllı sayaçların şebekeye başarılı entegrasyonu için yapılması gerekenlerden biri maliyet fayda analizidir. Maliyet fayda analizlerinin dağıtım sistemi operatörleri tarafından ve de ulusal olarak yapılması önerilmektedir.
	Piyasa Katılımcıları Arasındaki Sözleşmeler	Talep tarafı katılımının ve bağımsız talep toplayıcıların piyasaya entegrasyonunu sağlamak için tüketicilerin ve bağımsız talep toplayıcılarının diğer piyasa katılımcıları ile olan ilişkilerinin netleştirilmesi önemlidir.
Ölçme, raporlama ve doğrulama sistemleri	*İzleme*	Şebekede planlamanın daha verimli olabilmesi ve talep tarafı kaynaklarının izlenmesi için gerekli altyapının kurulması önerilmektedir.
Kurumsal değişiklikler	*Çalışma Grupları*	Talep tarafı katılımının piyasaya entegrasyonunu sağlamak ve akıllı sayaç eylem planları oluşturulması için kamu ve özel sektörden katılımcılar tarafından oluşturulmuş çalışma gruplarının kurulması önerilmektedir. İlgili grupların oluşturulması sorumluluğunu Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı veya Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu üstlenebilir.
	Planlama	Sistem operatörlerinin planlama süreçlerini talep tarafı kaynaklarını da göz önünde bulundurarak gerçekleştirmesi şebeke ve tedarik güvenliğini artıracaktır.
Piyasa tasarımı	*Talep Merkezli Mekanizmalar*	Mevcut piyasadaki mekanizmalar temelde üretim kaynakları baz alınarak tasarlanmışlardır. Talep tarafının piyasaya entegrasyonunun başarılı olabilmesi için mevcut mekanizmaların talebe göre yeniden tasarlanması ve/veya talep merkezli yeni mekanizmaların oluşturulması önerilmektedir.
	Yeterlilik Kriterleri	Mevcut piyasadaki mekanizmaların yeterlilik kriterleri üretim kaynakları baz alınarak tasarlanmışlardır. Talep tarafının piyasaya entegrasyonunun başarılı olabilmesi için yeterlilik kriterlerinin revize edilmesi ve talep tarafı kaynakları için ayrı kriterler getirilmesi önerilmektedir.

6. Türkiye'de İş Modellerinin Etkileri

Mevcut yan hizmetler yönetmeliğinde sistem işletmecisinin ihaleler ile tedarik edebildiği ve tüketicilerin tüketimini düşük frekans röleleri ile kesebildiği "anlık talep kontrolü" adı altında bir mekanizma vardır, ancak TEİAŞ ilgili mekanizma için henüz ihaleye çıkmamıştır.

Talep tarafı katılımının Türkiye'de enerji verimliliğine olan etkisinin hesaplanması için ilk olarak sanayi, ticarethane ve mesken son tüketim alanlarındaki esnek yük kaynağı ekipman veya süreçler belirlenmiştir. Esnek yük kaynağı ekipman ve süreçler, dünyada talep tarafı katılımı hizmetini aktif olarak sağlayan ve literatürde yapılan araştırmalar sonucu belirlenmiş kaynaklardan seçilmiştir.

Sonraki adımda seçilen süreç veya ekipmanların kurulu güçleri bulunmuştur. Kurulu güç hesapları son tüketim alanına göre değişmektedir. Sanayi son tüketim alanındaki kurulu güç sanayi süreçlerinin üretim kapasiteleri üzerinden, ticarethane son tüketim alanındaki kurulu güç ilgili süreç ve ekipmanların senelik elektrik taleplerinin toplam talebe oranından, mesken son tüketim alanındaki kurulu güç ise hane başına düşen esneklik kaynağı ev alet ve ekipmanları üzerinden hesaplanmıştır. Esneklik kaynağı süreç ve ekipmanların ve kurulu güçlerin hesaplanmasıyla ilgili detaylar "6.1. Son Tüketim Alanlarındaki Esnek Yüklerin Kurulu Güçleri" başlığı altında gösterilmektedir.

Sağlanabilen esneklik, ekipman ve sürecin türüne göre değişir ve kurulu gücün belirli bir yüzdesi olarak düşünülebilir. Örneğin 100 MW kurulu güce sahip olduğu belirlenen bir sanayi tesisinin sağlayabileceği esnek yük 20 MW olabilir.

Kurulu güç ve sağlanabilen esneklik aynı şey değildir. Sağlanabilen esneklik, ekipman ve sürecin türüne göre değişir ve kurulu gücün belirli bir yüzdesi olarak düşünülebilir. Örneğin 100 MW kurulu güce sahip olduğu belirlenen bir sanayi tesisinin sağlayabileceği esnek yük 20 MW olabilir. Bu oran süreç ve ekipmana göre değişir. Talep tarafı katılımı ile oluşabilecek "maksimum esnekliğin" belirlenmesi için kurulu güçleri belirlenmiş süreç ve ekipmanların sağlayabileceği esneklik potansiyelleri hesaplanmıştır; hesaplamaların detayları raporun "6.2 Esnek Yüklerin Ortalama Esneklik Potansiyelleri" başlığı altında bulabilirsiniz.

Ardından esneklik potansiyelleri hesaplanmış ekipman ve süreçlerin fundamental modele etkilerinin hesaplanması için her ekipman veya süreç için mevsimsel saatlik yük değişim grafikleri oluşturulmuştur. Yük değişim grafikleri, ilgili ekipman veya sürecin saatlik yük durumunun kurulu gücüne oranını belirtir. Yük durumunun kurulu gücüne oranının, esneklik potansiyelinin saatlik değişimi ile doğru orantılı olduğu varsayılmıştır ve böylece esneklik potansiyelleri üzerinden saatlik esnek yükler hesaplanmıştır.

Son olarak saatlik esneklik miktarları yük değişim grafikleri ile belirlenmiş esneklik kaynaklarının şebeke ve enerji verimliliğine olan etkisi; mevcut fundamantal model yük eğrisi ve belirlenen saatlik esneklik miktarlarının fundamental modele uygulanması sonucu oluşan yeni yük eğrisi arasındaki farklar üzerinden beş başlık altında değerlendirilmiştir:

- Toplam tasarruf etkisi: Talep tarafı katılımının toplam elektrik talebine etkisi incelenmiştir.
- Puant yük tasarruf etkisi: Talep tarafı katılımının puant talebe olan etkisi incelenmiştir.
- CO_2 emisyonlarına olan etkisi: Talep tarafı katılımının CO_2 emisyonlarını ne kadar azalttığı incelenmiştir.
- Yenilenebilir entegrasyonuna etkisi: Talep tarafı katılımı ile ne kadar yenilenebilir üretim santralinin şebekeye entegre edilebileceği incelenmiştir.
- Dağıtım sistemi teknik kayıplara olan etkisi: Talep tarafı katılımının dağıtım sistemindeki teknik kayıpları azaltma potansiyeli incelenmiştir.

6.1. Farklı Son Tüketim Alanlarındaki Esnek Yüklerin Kurulu Güçleri

6.1.1. Sanayi Son Tüketim Alanındaki Talep Tarafı Katılımına Uygun Süreç ve Ekipmanların Kurulu Güçleri

Sanayi son tüketim alanındaki esnek yükler, enerji tüketimi yüksek süreçler ve kullanım amacından bağımsız süreçler olarak ikiye ayrılmıştır. Enerji tüketimi yüksek sanayi süreçlerinin kurulu gücü, ilgili sektörlerin üretim kapasiteleri, birim elektrik tüketim miktarları ve kapasite kullanım oranları ile hesaplanmıştır. Amacından bağımsız sanayi süreçleri ise ilgili süreçlerin senelik talepleri ve tam yük saatleri üzerinden hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) Sanayi Veri Tabanı ve literatürdeki bilgiler kullanılmıştır (TOBB, 2020). Tablo 15'te sanayi son tüketim alanında yüksek enerji tüketimine sahip esnek yük kaynağı süreç ve ekipmanları, hesaplanmış kurulu güçleri ile gösterilmektediir.

Tablo 15: *Enerji tüketimi yüksek sanayi süreçlerinin kurulu güçleri*

Sektör	Süreç/Ekipman	Birim Elektrik Tüketimi (kWh/ton)	Kapasite Kullanım Oranı (%)	Kurulu Güç (MW)
Primer Alüminyum	Elektroliz	14.000	%100	100
Primer Bakır	Elektroliz	350	%95	7
Primer Çinko	Elektroliz	3.400	%100	17
Çelik	Elektrik Ark Ocağı	475	%87	2.240
Çimento	Değirmen	50	%50	836
Kağıt	Kağıt Hamuru Üretimi	1.500	%80	0
Kağıt	Kağıt Geri Dönüşümü	250	%80	264
Kağıt	Kağıt Üretimi	425	%90	16
Kalsiyum	Kalsiyum Karbür Üretimi	3.100	%80	0
Oksijen	Kriyojenik Rektifikasyon	238	%60	42
Argon	Kriyojenik Rektifikasyon	224	%60	2
Nitrojen	Kriyojenik Rektifikasyon	160	%60	0

Kullanım amacından bağımsız esnek yük kaynağı süreç ve ekipmanların kurulu güçleri, ilgili süreç ve ekipmanların senelik elektrik talepleri ve tam yük saatleri kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 16'da sanayi son tüketim alanında kullanım amacından bağımsız esnek yük kaynağı süreç ve ekipmanları, hesaplanmış kurulu güçleri ile beraber gösterilmektedir.

Tablo 16: *Amacından bağımsız sanayi süreçlerinin kurulu güçleri*

Sektör	Süreç/Ekipman	Tam Yük Saatleri	Kurulu Güç (MW)
Endüstriyel Soğutma	Süreçten Bağımsız	5.840	205
Endüstriyel Konfor	HVAC	7.008	2.328

6.1.2. Ticarethane Son Tüketim Alanındaki Talep Tarafı Katılımına Uygun Süreç ve Ekipmanların Kurulu Güçleri

Ticarethane son tüketim alanındaki esnek yüklerin kurulu güçleri, ilgili sektörlerin toplam ticarethane son tüketim alanının talebine oranları ve tam yük saatleri üzerinden hesaplanmıştır. Tablo 17'de ticarethane son tüketim alanındaki esnek yük kaynağı sektörleri, süreçleri/ekipmanları ve kurulu güçleri gösterilmektedir.

Tablo 17: *Ticarethane son tüketim alanındaki esnek yük kaynaklarının kurulu güçleri*

Sektör	Süreç/Ekipman	Tam Yük Saatleri	Kurulu Güç (MW)
Gıda Sektörü	Soğutma	5.840	549
Sektörden Bağımsız Soğuk Depolar	Soğuk Depolar	5.000	89
Otel/Restoran Havalandırma	HVAC	5.000	128
Binalarda Havalandırma	HVAC	4.380	1.418
Binalarda İklimlendirme	HVAC	4.380	1.350
Sıcak Su Depoları	Su Isıtıcısı	200	3.697
Elektrikli Depolar	Depo Isıtıcıları	500	3.451
Su Tedariki	Pompalar	4.380	337
Atık Su Yönetimi	Su Arıtma	5.694	260

6.1.3. Mesken Son Tüketim Alanındaki Talep Tarafı Katılımına Uygun Süreç ve Ekipmanların Kurulu Güçleri

Mesken son tüketim alanındaki esnek yüklerin kurulu gücü; toplam hane sayısı, talep tarafı katılımı hizmeti sağlamaya uygun ev eşyalarının hanelerdeki oranı ve ev eşyalarının güçleri üzerinden hesaplanmıştır. Tablo 18'de mesken son tüketim alanına ait esnek yük kaynağı ekipmanları ve kurulu güçlerini gösterilmektedir.

Tablo 18: *Mesken son tüketim alanındaki esnek yük kaynaklarının kurulu güçleri*

Sektör	Süreç/Ekipman	Tam Yük Saatleri
Buzdolabı	8.760	7.824
Dondurucu	8.760	1.761
Çamaşır Makinesi	130	4.581
Çamaşır Kurutucu	130	17.973
Bulaşık Makinesi	208	4.336
Klima	1.750	5.155
Su Isıtıcısı	200	40.683
Elektrikli Isıtıcı	500	16.254
Isı Pompası	4.380	300

6.2. Esnek Yüklerin Ortalama Esneklik Potansiyelleri

Son tüketim alanlarındaki esnek yük potansiyeli, kurulu güçleri hesaplanmış esneklik kaynaklarının bir saatte maksimum ne kadar esneklik sağlayabileceğini belirtir. Tablo 19'da sanayi, ticarethane ve mesken son tüketim alanlarına ait bir saat içinde oluşabilecek maksimum esnek yük potansiyelleri toplaştırılmış olarak gösterilmektedir.

Tablo 19: *Son tüketim alanlarına göre esnek yük potansiyelleri*

Son Tüketim Alanı	Esnek Yük Potansiyeli (MW)
Sanayi	4.400
Ticarethane	11.000
Mesken	13.000
TOPLAM	28.400

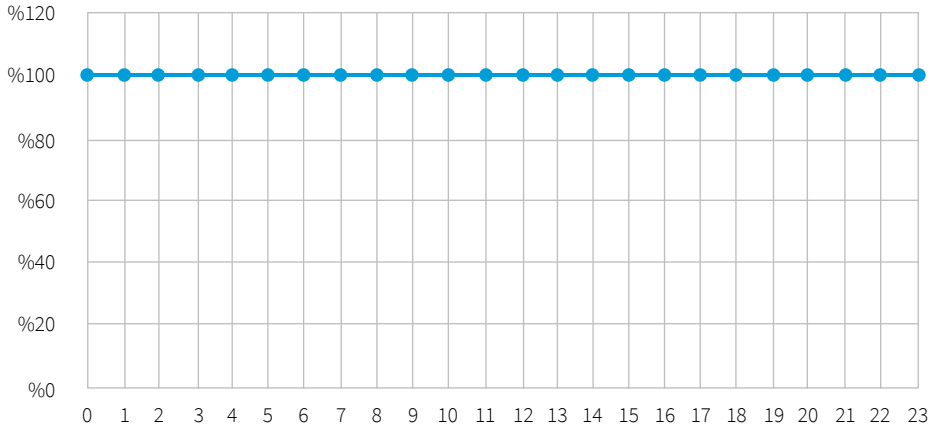
Esneklik potansiyeli, esnekliğin kurulu gücü olarak düşünülebilir. Pratikte elbette esneklik potansiyellerine aynı saatte ulaşılamaz, sağlanacak esneklik ilgili süreç veya ekipmanın bir saatteki yükünün kurulu gücüne oranına bağlıdır.

6.3. Esnek Yüklerin Saatlik Yük Değişim Grafikleri

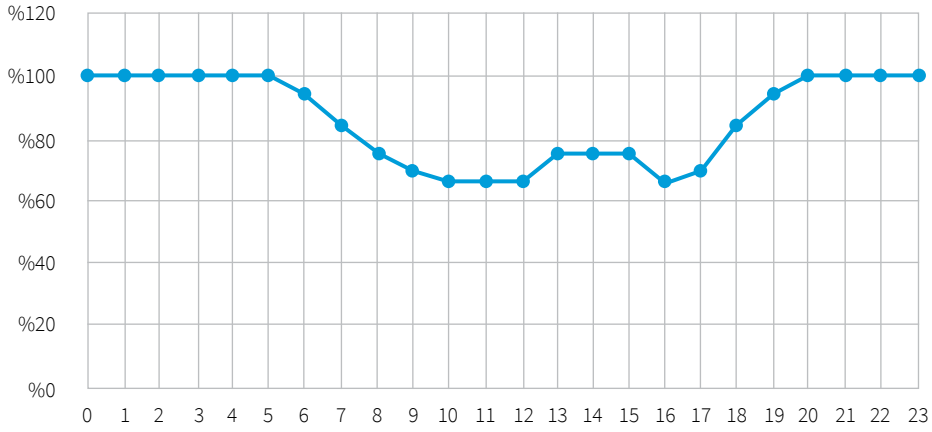
Süreç ve ekipmanların yük durumlarına bağlı olarak sağlayabildikleri esneklik de değişebilmektedir. ***Yük değişim grafikleri ilgili ekipman veya sürecin saatlik yük durumunun kurulu gücüne oranını belirtir.*** Kurulu güçlerin saatlik kullanım oranı, esneklik potansiyelinin saatlik değişimi ile doğru orantılı olduğu varsayılmıştır ve böylece saatlik esneklikleri hesaplanmıştır.

Şekil 12-15 arasında her bir son kullanım alanı için örnek saatlik yük değişim grafikleri gösterilmektedir.

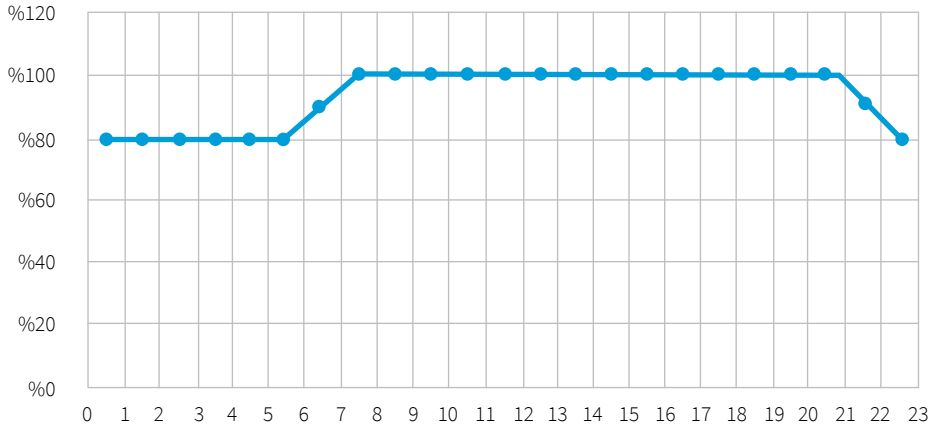
Şekil 13: *Primer alüminyum üretiminin saatlik yük değişimi (Kış)*



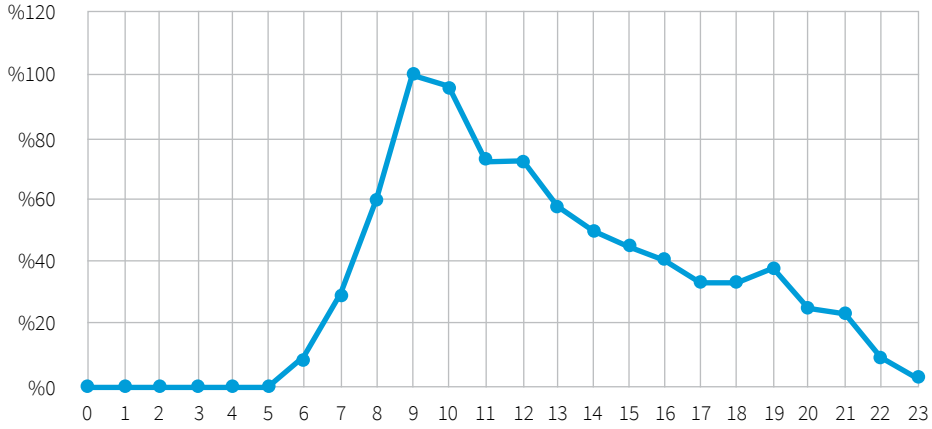
Şekil 14: *Çimento üretiminin saatlik yük değişimi (Yaz)*



Şekil 15: *Gıda endüstrisinde soğutmanın saatlik yük değişimi (Yaz)*



Şekil 16: *Çamaşır makinelerinin saatlik yük değişimi (Kış)*



6.4. Sonuçlar

Talep tarafı katılımının şebeke ve enerji verimliliğine olan etkileri, hesaplanan saatlik esnekliklerin fundamental model yük eğrisine olan etkisi sonucu oluşmuş yeni yük eğrisi üzerinden hesaplanmıştır. Etkiler hesaplanırken esnek yüklerin 2030 yılındaki ticarileşmiş hali esas alınmıştır.

6.4.1. Toplam Tasarruf Etkisi

Talep tarafı katılımında esnek yüklerin kullanılması iki şekilde olur: Yük kaydırma hizmet sağlayan tüketiciler yüklerini yüksek talep olan saatlerden düşük talep olan saatlere kaydırırlar, yük düşme ise özellikle yüksek kapasite kullanımı olan sanayi süreçlerindeki tüketicilerin yüklerini kesmeleridir. Yük kaydırma toplam talebi etkilemese de yük düşme toplam talebi düşürür.

Yük düşen talep tarafı kaynakları genelde kapasite kullanım oranı yüksek olduğu için yükünü başka saatlere kaydıramayan tesislerdir ve çoğunluğu sanayi tesislerinden oluşmaktadır. Çalışmada talep tarafı katılımının toplam talebe etkisi kapasite kullanım oranı yüksek tesisler üzerinden hesaplanmıştır.

Hesaplanan saatlik esneklik miktarlarının fundamental modele uygulanması ile oluşan yeni yük eğrisi sonucunda talep tarafı katılımının 2030 yılındaki Baz senaryoya göre toplam talebi %0,4 düşürme potansiyeli olduğu ortaya çıkmıştır.

6.4.2. Puant Yük Tasarruf Etkisi

Hem yük kaydırma hem yük düşme ile yapılan talep tarafı katılımının puant yüke etkisi olacaktır. Yük kaydırma doğası gereği yükleri yüksek talep olan saatlerden düşük talep olan saatlere kaydırmayı amaçlar.

Hesaplanan saatlik esneklik miktarlarının fundamental modele uygulanması ile oluşan yeni yük eğrisi sonucunda talep tarafı katılımının 2030 yılındaki Baz senaryoya göre puant yükü %0,8 düşürme potansiyeli olduğu ortaya çıkmıştır.

6.4.3. CO_2 Emisyonlarına Etkisi

Yüksek talep olan saatlerde talebin talep tarafı katılımı ile düşürülmesi, fosil yakıt ile üretim yapan elektrik santrallerinin ilgili saatlerde yaptıkları üretim miktarlarını azaltacaktır. Bu durum fosil yakıt ile üretim yapan elektrik santrallerinin saldığı CO_2 miktarını azaltmaktadır. Yapılan hesaplamalarda esnek yükün sadece doğal gaz santrallerinin üretim miktarını azaltmaya yeterli olduğu görülmüş, CO_2 emisyonlarındaki değişimm hesapları doğal gaz santralleri temel alınarak yapılmıştır.

Hesaplanan saatlik esneklik miktarlarının fundamental modele uygulanması ile oluşan yeni yük eğrisi sonucunda ortaya çıkan talep tarafı katılımının CO_2 emisyonlarına olan etkisi Tablo 20'de gösterilmektedir.

Tablo 20: *Talep tarafı katılımının CO_2 emisyonlarına etkisi*

Etki	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
CO_2 Emisyon Azaltımı (ton/yıl)	286	787	1.668	2.550	3.432	3.985	4.538	5.091	5.644	6.197	6.750

6.4.4. Yenilenebilir Enerjinin Şebeke Entegrasyonuna Etkisi

Sevk edilebilir esnek yükler piyasaya ekstra dengeleme rezervi kapasitesi sağlayabilmektedir. Dengeleme rezervleri yenilenebilir santrallerin şebeke entegrasyonu açısından oldukça önemlidir; üretimi değişken olan yenilenebilir elektrik santrallerini dengeleyecek yeterli dengeleme rezervi kapasitesi olması şebeke güvenliği için gereklidir. Talep tarafı katılımı ile yenilenebilir elektrik santrallerini dengeleyecek ek dengeleme rezervi kapasitesi tedarik edilebilir.

Dengeleme rezervleri simetrik tepki verebilen (yani yük düşebildiği miktar kadar yük artırabilme özelliği olan) kaynaklardan tedarik edilir. Bu yüzden talep tarafı katılımının yenilenebilir üretim kaynaklarının entegrasyonuna olan etkisi hesaplanırken, dengeleme rezervi sağlayacak esneklik kaynakları aynı miktarda yük düşüp artırabilen süreç ve ekipmanlar arasından seçilmişlerdir.

Hesaplamalarda şebekeye entegre edilmek istenen yenilenebilir üretim santrallerinin kurulu gücünün %4'ü oranında bir dengeleme rezervi kapasitesine ihtiyaç olduğu varsayılmıştır (Hirth&Ziegenhagen, 2015).

Şebekedeki yenilenebilir üretim kapasitenin artması her zaman gerekli dengeleme rezervi kapasitesinin artmasına sebep olmayabilir. Sistem operatörleri her geçen gün sistemi daha verimli yönetmek için geliştirmeler yapmakta ve pratikte yenilenebilir üretim kapasitesi ve dengeleme rezerv ihtiyacı aynı oranda artmayabilir. Çalışmada bu ilişkiyi doğrulamak için aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır:

- Sistem operatörü 2020-2030 arasında güneş ve rüzgâr üretim tahminlerinde bir geliştirme yapmamıştır.
- Sistem operatörleri 2020-2030 arasında yük tahminlerinde bir geliştirme yapmamıştır.
- Santral arızalarının sıklığı 2020-2030 arasında sabittir.
- Sistem operatörü 2020-2030 arasında rezerv miktarı belirleme metodunda geliştirme yapmamıştır.
- GİP hacmi 2020-2030 arasında kurulu güç ile doğru orantılı artmıştır.

Tablo 21'de hesaplanmış saatlik esneklik potansiyeli ile ne kadar yenilenebilir enerji kapasitesinin şebekeye entegre edilebileceği yıllara göre gösterilmektedir.

Tablo 21: *Talep tarafı katılımının yenilenebilir enerji kapasitesinin şebeke entegrasyonuna etkisi*

Etki	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu (MW)	12.500	37.469	61.313	85.156	109.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000

6.4.5. Dağıtım Şebekesindeki Teknik Kayıplara Etkisi

Şebekedeki "teknik" kayıplar toplam şebekedeki yükün karesi ile doğru orantılıdır. Dağıtım şebekelerinde talep tarafı katılımı yük düşerek teknik kayıpların azaltılmasına katkı sağlayabilir. Yapılan çalışmada aynı zamanda dağıtım şebekesinde düşülen yükün teknik kayıplara etkisi de incelenmiştir.

Hesaplamalar fundamental modelden alınan dağıtım şebekesine ait yük eğrisi üzerine mesken ve ticarethane son tüketim alanlarına ait saatlik esnekliklerin etkisi kullanılmıştır.

Hesaplamalarda teknik olmayan kayıplar dikkate alınmamış, yük ile kayıplar arasındaki ilişki aşağıdaki formüle göre hesaplamıştır (Eklund, 2014):

$$\Delta_L = \frac{P_A^2 - P_B^2}{P_A^2}$$

Formülde PA talep katılımı öncesi yükü, PB talep tarafı katılımı sonucu oluşmuş yükü, ΔL ise teknik kayıp değişim oranını belirtmektedir. Tablodaki kayıp azaltım oranı, mevcut kayıp miktarının değişimini belirtmektedir. Örneğin 2030 için teknik kayıp oranını %10 varsayarsak, tabloya göre talep katılımı ile bu oran tabloya göre %8 azalacaktır; yani talep tarafı katılımı sonrası kayıp oranı %9,2 olacaktır. Talep tarafı katılımının dağıtım sistemi teknik kayıplarına etkisi yıllara göre Tablo 22'de gösterilmektedir.

Tablo 22: *Talep katılımının dağıtım sistemi teknik kayıplarına etkisi*

Sektör	Talep tarafı katılımının Dağıtım Şebekesi Kayıplarına Etkisi										
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Kayıp Azaltım Oranı	%0	%0	%1	%2	%2	%4	%4	%5	%6	%7	%8
Engellenen Kayıp (GWh)	0	0	101	208	318	502	623	785	916	1.095	1.242

7. İş Modellerinin Türkiye'deki Ticarileşme potansiyeli

Esnek yüklerin ticarileşme potansiyeli, hesaplanmış esnek yük potansiyellerinin piyasaya yıllık olarak entegrasyonunu belirtir. Talep tarafı katılımının ticarileşme potansiyeli; sanayi, ticarethane ve mesken olmak üzere üç farklı tüketim sektöründeki esnek yüklerin talep tarafı katılımı hizmeti sağlamak üzere piyasaya entegrasyon hızı üzerinden hesaplanmıştır. Hesaplamada son tüketim alanlarının büyüme hızlarına göre artan esneklik potansiyelleri de dikkate alınmıştır.

Sanayi son tüketim alanındaki tüketiciler (özellikle iletim sistemine bağlantısı olanlar) hali hazırda akıllı sayaç sistemlerine ve çeşitli kontrol sistemlerine sahip olabilmektedirler. Tüketiciler piyasa katılımcısı olduktan sonra yüksek elektrik tüketimleri ve mevcut gerekli teknoloji durumları dikkate alındığı zaman talep tarafı katılımı hizmetini (enerji piyasalarına, dengeleme sürecine ve kapasite mekanizmalarına katılım) en kolay sanayi son tüketim alanındaki tüketiciler sağlayabileceklerdir.

Talep toplayıcıları piyasada yaygınlaştıkça ve elektrik piyasalarındaki yeterlilik kriterlerinde talep odaklı (yani talebin piyasaya entegrasyonunu kolaylaştıracak) değişiklikler yapıldıkça dağıtım sistemindeki sanayi tesisleri ve yüksek tüketime sahip ticarethaneler de talep tarafı katılımı hizmeti sağlayabileceklerdir. Talep toplayıcılarının yaygınlaşması aynı zamanda mesken son tüketim alanına ait tüketicilerin de talep tarafı katılımı hizmeti sağlamasına olanak verecektir. Bağımsız talep toplayıcıları gerektiğinde mesken son tüketim alanındaki tüketiciler için gerekli teknolojilerin tedarik ve kurulumunu üstlenecek, aynı zamanda ilgili tüketicilerin talep tarafı katılımı hizmeti sağlamalarına olanak vereceklerdir.

Çalışmada talep tarafının organize piyasalara 2020 yılında katılabileceği ve ticarileşmesi en kolay son tüketim alanını olan sanayinin 2020 yılında hizmeti sağlamaya başlayabileceği varsayılmıştır. Ticarethane son tüketim alanının 2030 yılında %50'sinin talep tarafı katılımı sağlamaya hazır olacağı düşünülürken, meskenin ticarileşmesi en zor son tüketim alanı olarak ancak 2025 yılında ticarileşmeye başlayacağı öngörülmüştür.

Ticarileşme potansiyeli ile beraber talep katılımının maliyetleri de hesaplanmıştır. İlk yatırım maliyetleri (CAPEX) akıllı sayaç ve IOT Gateway gibi yan ekipmanların maliyetlerinden, işletme giderleri (OPEX) ise ilgili esnek yük kaynaklarının literatürden ve uluslararası örneklerden derlenmiş kapasite ve aktivasyon maliyetleri üzerinden hesaplanmıştır.

Tablo 23'te sanayi, ticarethane ve mesken son tüketim alanlarındaki ekipman ve süreçlerin esneklik potansiyelleri ve yıllara göre piyasaya entegrasyon öngörüleri gösterilmektedir.

Tablo 23: *Talep tarafı katılımının ticarileşme potansiyeli ve maliyeti*

Son Tüketim Alanı	Esnek Yük Potansiyeli	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Gerçekleşen Potansiyel
Sanayi (MW)	4.400	500	1.499	2.453	3.406	4.360	4.400	4.400	4.400	4.400	4.400	4.400	%100
Ticarethane (MW)	11.000	0	0	687	1.373	2.060	2.747	3.433	4.120	4.807	5.493	6.180	%50
Mesken (MW)	13.000	0	0	0	0	0	302	605	907	1.209	1.511	1.814	%12
TOPLAM (MW)	28.400	500	1.499	3.139	4.780	6.420	7.449	8.438	9.427	10.416	11.405	12.394	%40
CAPEX (milyon TL)	13,86	0,05	0,09	0,47	0,47	0,47	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,56	
OPEX (milyon TL)	2.840	50	150	314	478	642	745	844	943	1.042	1.141	1.239	

8. İş Modellerinin Etkin Uygulanması İçin Politika önerileri

8.1. Talep Tarafı Katılımı ve Toplayıcılar

Tablo 24: *Talep tarafı katılımı ve talep toplayıcılarının geliştirilmesi için politika önerileri*

Özel politika önerileri	Etkilenecek sektörler	Enerji verimliliğinin artırılacağı son tüketici alanlar
Mevcut yönetmelikte bağımsız talep toplayıcısı lisansı bulunmamakta, tüketiciler ise tedarik lisansı veya kojenerasyon tesisi sahibi iseler üretim lisansı sahibi olmadan piyasaya katılamamaktadırlar. Tüketiciler ve bağımsız talep toplayıcılarının yönetmelikte piyasa katılımcısı olarak tanımlanması ve kendi lisanslarına sahip olması önerilmektedir. Bağımsız talep toplayıcıları, piyasaya erişimi olmayan tüketicileri bir portföy altında toplaştırarak ilgili piyasalara katılımını sağlar. Fakat bu durum piyasa katılımcısı olmayan tüketicilerin elektrik tedariğinden sorumlu tedarik şirketleri portföyünde dengesizlik oluşturabilmektedir. Bağımsız talep toplayıcılar ve tedarik şirketleri arasında doğabilecek uzlaştırma sorunlarının belirli kurallara bağlanması, oluşan dengesizliğin TEİAŞ tarafından tolere edilip[5] hiçbir tarafa yansıtılmaması önerilmektedir.	Sanayi Konutlar Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim
Dengeleme rezervlerine katılacak tüketiciler için yapılacak ön yeterlilik sürecine “toplanmış talebin” bir bütün olarak bağımsız talep toplayıcıları aracılığı ile katılabilmesi önerilmektedir. Mevcut piyasa mekanizmaları üretim tesislerine göre tasarlanmışlardır ve yönetmelik izin verse dahi talep tarafı kaynaklarının mevcut durumda ilgili mekanizmalara katılması oldukça sınırlı olacaktır. Talep tarafı kaynakları için ayrı yeterlilik kriterlerinin oluşturulması önerilmektedir.	Sanayi Konutlar Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim
Bölgesel kısıtlar yeni santral veya şebeke yatırımları dışında ilgili bölgedeki talep tarafı kaynaklarının esnek yüklerinin kullanılması ile de çözülebilir. Özellikle dağıtık üretim kaynaklarının dağıtım şebekelerindeki payının hızla arttığı Türkiye’de bölgesel kısıtların talebin de katılabildiği kapasite mekanizmaları ile çözülmesi önerilmektedir. Dağıtım şebekesine bağlantısı bulunan tüketicilerin de talep toplayıcılar aracılığı ile kapasite mekanizmalarına katılabilmesi önerilmektedir.	Sanayi Konutlar Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim
Akıllı sayaçların yaygınlaşmasıyla artan talep tarafı katılımı potansiyelinden faydalanılması önerilmektedir. Talep toplayıcılarının akıllı evler ve elektrikli araçlar ile oluşturabileceği bir esneklik portföyünün yan hizmetlere katılımının sağlanması ve kolaylaştırılması önerilmektedir. Özellikle mesken son tüketim alanındaki esneklik kaynaklarının kullanılması için yeni mekanizmaların ve ön koşul kriterlerinin belirlenmesi önerilmektedir.	Sanayi Konutlar Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim

[5] Oluşan dengesizliğin TEİAŞ tarafında tolere edilmesi, oluşan dengesizliğin yok sayılması ve kimsenin bu dengesizlik sebebi ile finansal yaptırımlara maruz kalmaması anlamında gelmektedir.

8.2. Akıllı Sayaçlar

Tablo 25: *Akıllı sayaçların geliştirilmesi için politika önerileri*

Özel politika önerileri	Etkilenecek sektörler	Enerji verimliliğinin artırılacağı son tüketici alanlar
Akıllı sayaçlar; dağıtık enerji kaynaklarının şebeke ve piyasa entegrasyonunda, elektrifikasyonun getirdiği esneklik potansiyelinden faydalanılmasında, iletim ve dağıtım sistemi işletmecilerinin şebeke yönetim süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Enerji dönüşümündeki teknoloji değişiminin bütün sistemin faydasına kullanılabilmesi için akıllı sayaç kullanımının artırılması önerilmektedir: • Kamu kuruluşları için akıllı sayaçlar zorunlu kılınabilir. • Akıllı sayaç kurulumu için gerekli olan elektrik tüketim limiti düşürülebilir.	Sanayi Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim
Akıllı sayaçların mevcut durumlarının analiz edilmesi, teknik ve fonksiyonel anlamda minimum gerekliliklerin belirlenmesi önerilmektedir: • Akıllı sayaç sistemi ile dış bağlantılar arasında çift yönlü iletişim kurulmasıyla akıllı sayacın bakım ve kontrolü yapılabilir. • Uzaktan akım ve güç kontolüne izin verilmesi önerilmektedir. • Gizlilik ve veri analitiği konularının standartlarının tanımlanması önerilmektedir.	Sanayi Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim
GSM/GPRS teknolojileri ile haberleşme sağlayan akıllı sayaçların bağlantıları, yeni ihaleleri ile şirketler arası yeniden tahsisi yapılan iletişim frekanslarının değişmesi sonucu kesilebilmektedir. Akıllı sayaç yatırımlarının uzun vadede faydasını artırmak için, akıllı sayaçların iletişimi için ayrı sabit bir iletişim ağı oluşturulabilir.	Sanayi Ticari binalar Kamu binaları Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim
Çift yönlü enerji akışı dağıtık üretim kaynakları sebebiyle artmış olan dağıtım sistemlerini işleten dağıtım sistemi operatörlerinin, mevcut ve kurulacak akıllı sayaçların daha verimli kullanılması adına bölgesel kısıt yönetiminde TEİAŞ ile ortaklaşa görev alması önerilmektedir. Aksi durumda yapılacak akıllı sayaç yatırımlarından tam fayda sağlanaması riski doğabilir: • Dağıtım sistemi operatörlerinin talep toplayıcıları aracılığıyla tüketicilerden kısıt yönetimi servisleri tedarik edebilmesi önerilmektedir. • Dağıtım sistem operatörlerinin kısıt yönetim maliyetlerini faturaya yansıtabilmesi önerilmektedir.	Sanayi Ticari binalar Dağıtık üretim	Elektrifikasyon Şebeke kayıpları Dağıtık üretim

Referanslar

Aalami.; H & Parsa Moghaddam.; M & Yousefi.; G. Reza. (2009). Demand response modeling considering Interruptible/Curtailable loads and capacity market programs. Applied Energy. 87. 243-250. 10.1016/j.apenergy.2009.05.041. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626190900244X

Akpolat, A.; Dursun, E. (2017). Advanced Metering Infrastructure (AMI): Smart Meters and New Technologies. https://www.researchgate.net/publication/332111353_Advanced_Metering_Infrastructure_AMI_Smart_Meters_and_New_Technologies

Baskette, C.; Brief, H. Brief, K.; EnerNOC. (2008). Designing a Successful Demand Response Program: It's Not Your Grandfather's Load Control Program. https://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/4_579.pdf

Deloitte. (2015). Akıllı Sayaç Sistemleri Avrupa Uygulamaları Analizi Ve Türkiye Uygulamaları Üzerine Düşünceler. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/energy-resources/ak%C4%B1ll%C4%B1-sayac-sistemleri.pdf

Daniel Violette, Navigant Consulting. (2014). Carbon Dioxide Reductions from Demand Response. https://www.researchgate.net/publication/279532225_Carbon_Dioxide_Reductions_from_Demand_Response_Impacts_in_Three_Markets_Prepared_for_Advanced_Energy_Management_Alliance

Deloitte. (2015). Avrupa Uygulamaları Analizi Ve Türkiye Uygulamaları Üzerine Düşünceler. Akıllı Sayaç Sistemleri. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/energy-resources/ak%C4%B1ll%C4%B1-sayac-sistemleri.pdf

Eklund, T. (2014). Impact of Demand Response on Distribution System Operators' economy: A first approach to a basic general model applicable for Swedish Distribution System Operators https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:740548/FULLTEXT01.pdf

Energiateollisuus. (2017). Finnish Energy's position on the features of next-generation electricity meters. ENERGY NETWORKS ENERGY MARKETS. https://energia.fi/files/1697/Finnish_Energy_position_paper_features_of_next_generation_electricity_meters_final_20170810.pdf

ENTSO-E. (2018). Electricity Balancing in Europe. European Electricity Balancing Guideline. https://eepublicdownloads.azureedge.net/clean-documents/Network%20codes%20documents/NC%20EB/entso-e_balancing_in%20_europe_report_Nov2018_web.pdf

EPİAŞ. (2020). Epiaş Şeffaflık Platformu. Gerçek Zamanlı Tüketim. https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/tuketim/gerceklesen-tuketim/gercek-zamanli-tuketim.xhtml

Escan, s.l. consulting. (2016). European Smart Metering Landscape Report. http://www.escansa.es/usmartconsumer/documentos/USmartConsumer_European_Landscape_Report_2016_web.pdf

European Commission. (2012). 2012/148/EU: Commission Recommendation Of 9 March 2012 On Preparations For The Roll-Out Of Smart Metering Systems. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a5daa8c6-8f11-4e5e-9634-3f224af571a6/language-en

European Commission. (2013). Incorporing Demand Side Flexibility, In Particular Demand Response, In Electricity Markets. Delivering the Internal Electricity Market And Making The Most Of Public Intervention. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/com_2013_public_intervention_swd07_en.pdf

European Commission. (2018). State aid: Commission approves six electricity capacity mechanisms to ensure security of supply in Belgium, France, Germany, Greece, Italy and Poland. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_6823

European Parliament. (2012). Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32012L0027

ENTSO-E. (2016). Electricity Balancing – European Implementation Projects. https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/sagyoukai/2016/files/chousei_sagyokai_01_sankou3.pdf

ENTSO-E. (2017). Network Codes. https://www.entsoe.eu/network_codes/eb/

European Commission. (2016a). Impact Assesment Study on Downstream Flexibility, Price Flexibility, Demand Response & Smart Metering. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/demand_response_ia_study_final_report_12-08-2016.pdf

European Comission. (2016b). Demand Response Status in EU Member State. JRC Science for Policy Report. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC101191/ldna27998enn.pdf

European Commission. (2016c). Commission Regulation (EU) 2016/1388 of 17 August 2016 establishing a Network Code on Demand Connection (Text with EEA relevance). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2016.223.01.0010.01.ENG

European Parliament. (2017a). Capacity Mechanisms for Electricity. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/603949/EPRS_BRI(2017)603949_EN.pdf

European Commission. (2017b). Commission Regulation (EU) 2017/2195 of 23 November 2017 establishing a guideline on electricity balancing (Text with EEA relevance.) C/2017/7774 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2017.312.01.0006.01.ENG&toc=OJ:L:2017:312:TOC#d1e4819-6-1

European Commission. (2017c). Commission Regulation (EU) 2017/1485 of 2 August 2017 establishing a guideline on electricity transmission system operation (Text with EEA relevance.) https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2017.220.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2017:220:TOC#d1e10944-1-1

Fingrid. (2020). Reserves and balancing power. Balancing Energy and Balancing Capacity Markets. https://www.fingrid.fi/en/electricity-market/reserves_and_balancing/balancing-energy-and-balancing-capacity-markets/

Future Flow. (2016) . Requirements for DR & DG participation in aFRR Markets. https://futureflow.eu/wp-content/uploads/2020/02/FutureFlow-WP1-D1.1-Requirements-for-DR-DG-participation-in-aFRR-Markets.pdf

Glowacki Law Firm. (2020). European Union Emissions Trading Scheme – Legal Point Of View. https://www.emissions-euets.com/

Good, N.; Ellis, K.; Mancarella, P. (2017). Review and Classification of Barriers and Enablers of Demand Response in the Smart Grid. https://fardapaper.ir/mohavaha/uploads/2017/09/32321221245456123415425 2.pdf

Great Plains Institute. (2018). Differences in Demand Response Markets. https://www.betterenergy.org/wp-content/uploads/2018/03/DR-Fact-Sheet-4-Differences-in-Demand-Response-Markets.pdf

Hirth, L.; Ziegenhagen, I. (2013). Balancing Power and Variable Renewables: A Glimpse at German Data. https://www.researchgate.net/publication/272244092_Balancing_Power_and_Variable_Renewables_A_Glimpse_at_German_Data

Hirth&Ziegenhagen. (2015). Balancing power and variable renewables: Three links. Renewable and Sustainable Energy Reviews. https://neon.energy/Hirth-Ziegenhagen-2015-Balancing-Power-Variable-Renewables-Links.pdf

Holmberg, D.; Hardin, D.; Koch, E. Towards Demand Response Measurement and Verification Standards.https://www.gridwiseac.org/pdfs/forum_papers12/holmberg_hardin_koch_paper_gi12.pdf

ISO New England. Day-Ahead and Real-Time Energy Markets. https://www.iso-ne.com/markets-operations/markets/da-rt-energy-markets

Kaira et. al. (2014). Achieving Demand Side Management with Appliance Controller Devices. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/energy-resources/ak%C4%B1ll%C4%B1-sayac-sistemleri.pdf

KEMA International B.V. (2012). Development of Best Practice Recommendations for Smart Meters Rollout in the Energy Community. https://www.energy-community.org/dam/jcr:1211d890-43b3-4ba4-8a7c-14c38453a6a9/KEMA_2012_CU_Smart_Meters.PDF

MISO. Demand Response Manual. https://cdn.misoenergy.org/BPM%20026%20-%20Demand%20Response49596.zip

National Grid Eso. Frequency Control by Demand Management (FCDM). https://www.nationalgrideso.com/document/92416/download

Next Kraftwerke. What does Peak shaving mean? https://www.next-kraftwerke.com/knowledge/what-is-peak-shaving

Ojanen, H. (2016). Commissioning of Frequency Controlled Reserve in Finland. https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/23292/master_Ojanen_Heikki_2016.pdf?sequence=2

Piti, A. (2017). The Role of Smart Meters in Enabling Real-Time Energy Services for Households: The Italian Case. https://www.mdpi.com/1996-1073/10/2/199

RTE, Réseau de transport d'électricité. Interruptible load call for tenders. Information and Services. https://clients.rte-france.com/lang/an/clients_producteurs/services_clients/reserves_interruptibilite.jsp

Sandia, LLC. (2012). Project Report: A Survey of Operating Reserve Markets in U.S. https://www.sandia.gov/ess-ssl/publications/SAND2012_1000.pdf

Schleich, J.; Klobasa, M.; Brunner, M.; Gölz, S.; Götz, K.; Sunderer, G. (2011). Smart Metering in Germany And Austria - Results Of Providing Feedback Information In A Field Trial. https://www.researchgate.net/publication/241769597_Smart_metering_in_Germany_and_Austria_Results_of_providing_feedback_information_in_a_field_trial

SHURA. (2019). Sistem Esnekliğini Artırmak İçin Gereken Seçeneklerin Maliyet Ve Faydaları. https://www.shura.org.tr/sistem-esnekligini-artirmak-icin-gereken-seceneklerin-maliyet-ve-faydalari/

Smart Energy Demand Coalition. (2017). Explicit Demand Response in Europe Mapping the Markets 2017. https://www.smarten.eu/wp-content/uploads/2017/04/SEDC-Explicit-Demand-Response-in-Europe-Mapping-the-Markets-2017.pdf

SmartNet. (2016). Ancillary Service Provision by RES And DSM Connected At Distribution Level In The Future Power System. http://smartnet-project.eu/wp-content/uploads/2016/12/D1-1_20161220_V1.0.pdf

Serrenho, T.; Bertoldi, P. (2019). Smart Home and Appliances: State of the Art. https://core.ac.uk/download/pdf/200794291.pdf

Svenska Kraftnat. (2017). Final Report Pilot Project in Demand Response And Energy Storage. https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2018/final-report-pilot-project-in-demand-response-and-energy-storage.pdf

Şanlı, B.; Alanyalı, M. (2013). Türkiye Elektrik Piyasasında Talep Katılımının Tasarımı. http://www.barissanli.com/calismalar/2013/bsanli-malanyali-talepyonetimi-aralik2013.pdf

The S3c Consortium. Guideline: How to Monitor Demand Response Performance. https://www.smartgrid-engagement-toolkit.eu/fileadmin/s3ctoolkit/user/guidelines/GUIDELINE_HOW_TO_MONITOR_DEMAND_RESPONSE_PERFORMANCE.pdf

TOBB. 2020. TOBB Sanayi Veritabanı. http://sanayi.tobb.org.tr/

TRACTEBEL. (2019). European smart metering benchmark. European Commission DG Energy. https://www.vert.lt/SiteAssets/teises-aktai/EU28%20Smart%20Metering%20Benchmark%20Revised%20Final%20Report.pdf

Violette, D.; Shober, M. (2014). Carbon Dioxide Reductions from Demand Response Impacts in Three Markets Prepared for: Advanced Energy Management Alliance. https://www.researchgate.net/publication/279532225_Carbon_Dioxide_Reductions_from_Demand_Response_Impacts_in_Three_Markets_Prepared_for_Advanced_Energy_Management_Alliance

Yazıtaş, F. (2018). Genel Enerji Görünümü ve Elektrik Piyasalarına Giriş. https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2018/09/FYazitasSunum22Eylul.pdf

İstanbul Politikalar Merkezi

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

European Climate Foundation

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

Agora Energiewende

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

SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

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

SHURA Kurucu Ortakları:

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

European Climate Foundation

Agora Energiewende

/company/shura @shuraedm SHURAEDM