



SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Hakkında

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

Yazarlar

Hasan Aksoy, Ayşe Ceren Sarı (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi), Rifat Anıl Aydın (VUCA Analytics), Zsuzsanna Pato (RAP), Andreas Jahn (RAP)

Teşekkürler

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi direktörü Dr. Değer Saygın çalışma süreci boyunca ve raporun hazırlanması esnasında görüş, yönlendirme ve geri bildirimleriyle katkıda bulunmuştur. Bu raporun taslak sonuçları 16 Aralık 2020 tarihinde Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği (ELDER) paydaş danışma toplantısında değerlendirilmiştir, değerli katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Raporun hazırlanması esnasında görüşme yapılarak değerli görüşlerini ve yorumlarını sunan Burçin Acan, Ahmet Çalışkan, Halil Öz, Serdar Caz (Zorlu Enerji ve Osmangazi EDAŞ), Emre Şafak (MERAM EDAŞ), Mustafa Daldal (Enerjisa), Yusuf Bahadır Turan (YBT Enerji), Veysel Toprak (Trakya EDAŞ) ve Barış Sanlı'ya teşekkür ederiz. SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Yönlendirme Komitesi üyesi Philipp Godron, Arkin Akbay (TURCAS), Alper Terciyanlı (Endoks/ inavitas) ve Yalçın Altuntaş (Borusan ENBW) raporu inceleyerek geri bildirimde bulunmuştur. Sağlanmış olan tüm değerli inceleme, geri bildirim ve görüşler için teşekkür ederiz.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, bu rapor için AGCI-Crux Enerji Programı tarafından sağlanan cömert finansmana müteşekkirdir.

Bu rapor, www.shura.org.tr sitesinden indirilebilir.

Daha ayrıntılı bilgi almak veya geri bildirimde bulunmak için info@shura.org.tr adresinden SHURA ekibiyle temasa geçiniz.

Tasarım

Tasarımhane Tanıtım Ltd. Şti.

Telif Hakkı © 2021 Sabancı Üniversitesi

Sorumluluk Reddi

Bu rapordaki yorumlar ve çıkarılan sonuçları yalnızca yazarlara aittir ve SHURA'nın resmi görüşünü yansıtmamaktadır.



Yenilenebilir Dağıtık Enerji Üretiminin Şebeke ve Piyasa Entegrasyonu





Şekil Listesi	4
Tablo Listesi	4
Kısaltmalar	5
Ana Mesajlar	6
Yönetici Özeti	7
1. Giriş	11
2. Avrupa Birliği ve Diğer Uluslararası Piyasalarda Dağıtık Enerji Kaynaklarının Genel Görünümü	17
3. Dağıtık Üretim Kaynakları için Avrupa'daki Mevzuatın Gelişimi	21
4. Dağıtık Üretimin Türkiye'deki Durumu	25
5. Çatı-üstü Güneş FV Kurulumlarının Ölçme ve Faturalamasında Kullanılan Ana Yöntemler	27
6. Dağıtık Üretimin Entegrasyonu ile Elde Edilebilecek Potansiyel Faydalar	33
7. Dağıtık Üretimin Artması ile Yaşanabilecek Olası Zorluklar ve Çözümleri	35
7.1. Dengeleme	35
7.2. Ani Talep Değişimleri	36
7.3. Üreten Tüketicilerin Şebeke ve Piyasa Koşullarına Göre Davranabilmesi	38
7.4. Şebeke Güvenilirliği	43
7.5. İzlenebilirlik ve Kontrol Edilebilirlik	44
7.6. Dağıtık Üretim ve Tüketime Birleştirilmesiyle Piyasalara Katılımın Sağlanması	47
7.7. Mevcut Ulusal Tarifeye Maliyetlerin Yansıtılması	49
7.8. Dağıtım Şirketi Gelirleri	50
8. Dağıtım Şirketlerinin Yeni Roller ve İletim Sistemi Operatörüyle Olan İş birliği	53
9. Temel Çıkarımlar	55
Referanslar	59

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Dağıtım şirketlerinin değişen rolleri	13
Şekil 2: Yıllara göre dağıtık güneş FV kurulu güç dağılımları	18
Şekil 3: Küresel ölçekte ağırlıklı ortalama güneş FV kurulum maliyetleri, kapasite faktörleri ve seviyelendirilmiş enerji maliyetlerinin (LCOE) yıllara göre değişimi	18
Şekil 4: Farklı ülkelerdeki mesken ve ticari dağıtık güneş FV kurulum maliyetleri ve LCOE değerleri (2019 yılı)	19
Şekil 5: Mahsuplaşma yöntemi	28
Şekil 6: Faturalandırma yöntemi	29
Şekil 7: Al-Sat yöntemi	30
Şekil 8: Artan güneş FV kurulumu ile Kaliforniya'daki günlük net yük miktarının mevcut durumu (2013) ve tahmini gelişimi	36
Şekil 9: AB Üye Devletleri ve Norveç'te akıllı sayaçlar sayesinde uygulanan farklı elektrik ürünleri - 2019	38
Şekil 10: Southern California Edison'un uyguladığı çok zamanlı tarifeler	41
Şekil 11: Yıllık üretim fiyatları ve GD katkısı	42
Şekil 12: Farklı bölgelere göre GD katkısı	42
Şekil 13: Avusturalya'da fırtına sırasında görülen yükteki değişim	45
Şekil 14: Çeşitli zaman dilimlerindeki mikro-esnekliklerin eşleştirilmesi	48

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Çalışma kapsamında değerlendirilen zorluklar ve olası çözüm önerileri	8
Tablo 2: Çalışma kapsamında ele alınan konular	14
Tablo 3: Çatı-üstü Güneş FV kurulumlarının ölçme ve faturalamasında kullanılan ana yöntemlere genel bakış	30
Tablo 4: Zamana göre değişen tarife örnekleri	37
Tablo 5: Hawaii adalarında uygulanan farklı tarife yapıları	40
Tablo 6: Potansiyel zorluklar ve ülkelerin uyguladığı olası çözümlerin özeti	51

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
AEMO	Avustralya Enerji Piyasası Operatörü
AG	alçak gerilim
CEER	Avrupa Enerji Düzenleyicileri Konseyi
DEK	dağıtık enerji kaynağı
EDAŞ	Elektrik Dağıtım A.Ş.
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
FV	fotovoltaik
GD	güneş değeri
GW	gigavat
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
KET	Kooperatif Enerji Toplulukları
kVA	kilovolt-amper
kW	kilovat
kWh	kilovat-saat
MW	megavat
NEM	mahsuplaşma, net energy metering
NREL	Amerikan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı
P2P	eşler arası ticaret
RED II	Yenilenebilir Enerji Direktifi
SYP	standart yük profilleri
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEP	Temiz Enerji Paketi
TOTEX	Toplam Maliyet
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
YET	Yenilenebilir Enerji Toplulukları

- Elektrik sistemi; çatı tipi güneş enerji sistemleri, sayaç arkası depolama ve elektrikli araçların sunduğu esnek yükler gibi dağıtık enerji kaynakları sayesinde tüketicilerin daha aktif rol aldığı ve elektriğin tüketime yakın noktalarda üretildiği merkezi olmayan bir yapıya doğru dönüşmektedir.
- Dağıtık üretimin şebeke ve piyasaya entegrasyonu, sistem esnekliğine sağladığı katkı başta olmak üzere şebeke enerji kayıplarının azalması, gerilim ve enerji kalitesinin artması, iletim ve dağıtım sistemi yatırımlarının azalması, yüksek maliyetli elektrik santrali yatırımlarına olan ihtiyacın ve ithal yakıt maliyetlerinin azalması gibi şebekenin güvenilir ve maliyet etkin çalışmasını destekleyen birçok fayda sağlar.
- Dağıtık üretimle birlikte sayaç arkası uygulamaların, şebeke ve piyasa koşullarına göre hareket etmesini sağlayacak fiyatlamaların oluşturulduğu, izlenebilirlik ve kontrol edilebilirlik koşullarının sağlandığı, dağıtım şirketlerinin yeni rollerinin ve gelir gereksinimlerinin dağıtık üretim artışına destek olacak şekilde performansa dayalı teşvik edildiği bir düzenleme altyapısına ihtiyaç duyulacaktır.
- Türkiye’de dağıtık üretimin şebeke ve piyasa entegrasyonunda ortaya çıkabilecek fırsatlar, zorluklar, çözümler ve olası etkileri farklı açılardan değerlendirilerek temel önceliklerin anlaşılması, uygulamaların ve politikaların belirlenmesinde kısa/orta/uzun dönemli planlamalar için yol gösterici olacaktır. Bu sayede, 15 gigavat’lık (GW) çatı-üstü güneş fotovoltaik (FV) potansiyelinin ve diğer dağıtık enerji kaynaklarının şebeke ve piyasa entegrasyonu sağlanabilir.

Dünya genelinde toplam dağıtık güneş FV kurulu gücü, 2019 yılında toplam güneş kapasitesinin yaklaşık %42'sine tekabül eden 250 GW'a yaklaşmıştır. Dağıtık üretimin küresel bazda gelişimine bakıldığında sanayi ve ticarethane tesislerinde yapılan güneş FV yatırımlarında 54 GW ile Çin'in, yalnızca mesken güneş FV sistemlerinde ise 16 GW ile Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) öncü olduğu görülmektedir (IEA,2020). Diğer taraftan ABD, Çin, Almanya ve Japonya gibi yüksek güneş FV kurulu gücüne sahip ülkelerde, büyük ölçekli kurulumlardan ziyade dağıtık güneş FV sistemlerinin bu kapasite gelişiminde etkili olduğu görülmektedir. Dünya genelinde 2024 yılına kadar devreye girecek her 1 MW güneş kapasitesinin yarısının dağıtık güneş kurulumu olacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2019).

Avrupa'da ise dağıtık üretimin¹ gelişmesi için hayata geçirilen toplam yatırımlar sayesinde ulaşılan kapasite miktarı küresel ölçekteki toplam kurulu gücün yaklaşık üçte birini karşılayarak dünyadaki dağıtık üretim kapasitesinin artışında önemli bir yer edinmektedir (IEA,2020). Almanya, İtalya, İspanya ve Belçika'da uygulanan teşvik mekanizmaları bu sonucun oluşmasında önemli bir etkiye sahiptir.

Dağıtık Enerji Kaynaklarını (DEK'leri) sisteme daha fazla entegre etmeyi hedefleyen ülkeler (örneğin Avrupa Birliği (AB) ülkeleri), tüketicilere daha aktif rol yükleyen enerji piyasası düzenlemelerine gün geçtikçe daha fazla önem vermektedir. Bu ülkelerde öztüketim ve tüketici toplulukları, aktif tüketicilerin hakları, dengeleme yükümlülükleri, şebeke kullanım ücretleri ve dağıtım şebekelerinin planlanması gibi konularda mevzuat altyapısı ve yol haritaları oluşturulmuştur.

Türkiye'de Mayıs 2019'da yürürlüğe giren aylık mahsuplaşma uygulamasına göre (Resmi Gazete, 2019) gerçek veya tüzel kişiler, lisans alma veya şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın tüketim noktalarında öztüketime yönelik (meskenlerde 10 kilovat'a (kW) ticarethane ve sanayi tesislerinde 5 megavat'a (MW) kadar) elektrik enerjisi üretebilecek ve ihtiyaç fazlası üretimlerini şebekeye verebilecek. Bu uygulamayla birlikte dağıtık üretim yatırımlarına olan ilginin önümüzdeki dönemde artması beklenmektedir.

2021 yılı ocak ayı itibarıyla, Türkiye'de toplamda 3,5 GW'a sahip 9.178 çatı-üstü güneş FV proje başvurusu yapılmıştır. Mevcut durumda toplam 6,8 GW güneş enerjisi kurulu güç kapasitesinin (TEİAŞ, 2021) sadece 458 MW'ı çatı-üstü güneş FV kurulu güç kapasitesinden oluşmaktadır (AA, 2021). Buna karşın Türkiye'de en az 15 GW çatı tipi güneş enerjisi potansiyeli mevcuttur.

Dağıtık üretim de dâhil olmak üzere, elektrik sistemine ve dolayısıyla topluma katkı sağlayan tüm elektrik üretim kaynaklarının sağladıkları fayda ölçüsünde gelir kazanmaları, sistemin verimli işlemesi için kritik öneme sahiptir. Çatı-üstü güneş FV kurulumları tarafından üretilen elektriğin fiyatlandırılma ve desteklenme yöntemleri üç şekilde sınıflandırılabilir: 1) ölçme ve faturalama düzenlemeleri 2) şebekeye satış tarifelerinin belirlenmesi 3) perakende tarifelerinde yapılan düzenlemeler.

¹ Bu çalışma kapsamında dağıtık üretim olarak 5 megavat (MW) seviyesinin altındaki, çatı-üstü güneş FV sistemler dikkate alınmıştır.

Ölçme ve faturalama düzenlemelerinde üç farklı yöntem ön plana çıkmaktadır: (1) Mahsuplaşma (Net Energy Metering, NEM, - aylık mahsuplaşma gibi), (2) Faturalandırma (net-billing), (3) Al-Sat yöntemi (buy-all sell-all modeli). Bu farklı yöntemlerin etkileri de farklı olmaktadır. Mahsuplaşma uygulaması dağıtık üretime sahip tüketicilerin yarattıkları fayda ve maliyeti tüm tüketicilere paylaştırırken, Al-Sat ve Faturalandırma yöntemleri şebeke ve piyasa maliyetlerinin, dağıtık üretim sahiplerine yarattıkları maliyet oranında yansıtılmasına fırsat verir. Böylece yüksek oranda dağıtık üretim entegrasyonuna sahip sistemlerde bile maliyetler, dağıtık üretime sahip olmayan tüketicilere yüklenmeyecektir.

Dağıtık üretimin artması elektrik sisteminde bazı zorluklara da neden olabilmektedir. Raporda bu olası zorluklar ve çözüm önerileri detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Bazı durumlarda çözümler, birbiriyle ilişkili ve hatta aynı olabilmektedir. Bu nedenle, uygulanacak çözümlerin bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmesi ve stratejilerin bu doğrultuda belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen olası zorluklar ve çözüm önerileri şu şekilde özetlenebilir;

Tablo 1: Çalışma kapsamında değerlendirilen zorluklar ve olası çözüm önerileri

	Potansiyel Zorluk ve Tanımı	Uygulanan Çözüm(ler)
1	Dengesizlik Çatı-üstü güneş FV sahipleri, dengesizliklerinden sorumlu değillerdir. Dengesizlik maliyetleri, dolaylı olarak tarifelere yansır. Dağıtık üretimin çok artması durumunda sistemsel bazı zorluklar ortaya çıkabilir.	- Sistemin gerçek maliyetinin üreten tüketicilere de (prosumers) yansıyacağı Faturalandırma veya Al-Sat gibi fiyatlama uygulamaları ile sayaç arkası batarya kullanımının daha çok teşvik edildiği sistemlere geçiş yapılabilir.
2	Ani Talep Değişimleri Güneş ışımasındaki değişimle orantılı olarak toplam güneş FV üretimi değişmekte olup, bu değişim ışımanın kalitesine göre gün içerisinde ani farklılıklar gösterebilmektedir (örn. ördek eğrisi - duck curve). Üretimin aniden azalması ya da artması, şebeke işletmecisi açısından toplam görünen net talebin ani değişimleri olarak ortaya çıkar. Bu değişimlerin yönetilebilmesi için sistemin daha esnek olması gereklidir.	- Elektrik sisteminin esnekliğinin artırılması ve dağıtık enerji üretimini dikkate alan çok zamanlı ve akıllı elektrik fiyatlandırma stratejileri aracılığıyla puant yük diğer zamanlara kaydırılabilir.
3	Dağıtık Üretimin Şebeke ve Piyasa Koşullarına Göre Davranabilmesi Dağıtık üretimle birlikte sayaç arkası uygulamaların şebeke ve piyasa koşullarına göre hareket etmemesi; puant yüklerin artmasına ve sistemin verimli çalışmamasına neden olur.	- Gelişmiş müşteri şebeke desteği, akıllı ihraç fiyatlaması ve öztüketim modelleri kullanılabilir. - Çok zamanlı dağıtım tarifeleri uygulanabilir.
4	Şebeke Güvenilirliğine Dair Olası Sorunlar Yüksek oranda dağıtık üretim kurulumu ve çift yönlü enerji akışları nedeniyle şebekede gerilim problemleri, şebeke elemanlarının yüklenme kapasitelerinin aşılması, fiderlerdeki arıza tespit zorluğu gibi sorunlar görülebilir.	- Dağıtık üretim kaynaklı şebeke kapasitesinin artırılması ya da üretimin şebekeye verilmesinin kısıtlanmasına yönelik standartlar, arıza koşullarını da içine alacak şekilde güncellenebilir. - Şebeke işletmecileri tarafından ihtiyaç görülen yerlerde, şebeke güvenilirliğinin sağlanması için yatırım yapılabilir. - Şebekenin daha iyi yönetilmesini sağlayacak düzenlemeler belirlenebilir.

5	İzlenebilirlik ve Kontrol Edilebilirlik İhtiyacı Dağıtık üretim diğer sayaç arkası yüklerle birlikte şebeke işletmecileri için net yük olarak görülür. Şebekenin maliyet etkin işletimi ve planlanması için dağıtık üretimin izlenebilmesi ve kontrol edilebilmesi gerekir.	- Akıllı sayaç ve akıllı inverter altyapısı oluşturulabilir. - Potansiyel DEK yatırımcıları için mevcut şebekenin barındırma kapasitesi ve bağlantı noktaları hakkında bilgiler (şebeke iyileştirme ihtiyacı vb.) içeren kapasite barındırma haritaları oluşturulabilir.
6	Dağıtık Üretim ve Tüketimin Birleştirilmesiyle Piyasalara Katılımın Sağlanması İhtiyacı Dağıtık enerji kaynaklarının toptan elektrik piyasalarına, yan hizmetler piyasasına ve varsa kapasite piyasalarına katılımı sağlanarak piyasa fiyat sinyallerine maruz bırakılması sistem esnekliğinin ve verimliliğinin artmasını sağlayacaktır.	- DEK'lerin toptan satış, dengeleme güç ve yan hizmetler piyasalarına talep toplayıcılar vasıtasıyla ya da doğrudan katılımını sağlayacak düzenlemeler hayata geçirilebilir.
7	Tarifelerin Maliyetleri Yansıtmaması Artan DEK miktarlarıyla birlikte bölgesel bazda oluşacak gerçek şebeke ve piyasa maliyetleri, şebeke tarifelerine tam olarak yansımaz.	- Bölgesel çok zamanlı dağıtım şebekesi tarifeleri, şebeke ve piyasa maliyetlerini tam olarak yansıtacak şekilde uygulanabilir.
8	Dağıtım Şirketi Gelirlerinde Olası Değişimler Dağıtık üretimin artmasıyla birlikte şebekede dağıtılan enerjiyi dikkate alan uygulamalarda, dağıtım şirketlerinin gelirlerinde azalma ya da tarifiede artışlar olabilecektir.	- Tüketicilerin maliyetlerini en aza indirmeyi hedefleyen, geleneksel gelir tavanı düzenlemesinin ötesinde; dağıtık üretim artışı gibi hedeflerin gerçekleşmesine destek olacak performansa dayalı teşviklerle birleştirilmiş toplam maliyeti dikkate alan bir fiyatlandırma stratejisine ve düzenleme altyapısına ihtiyaç olacaktır. - DEK'lerden azami fayda sağlanmasını mümkün kılan yeni görevlerin ve yenilikçi iş modellerinin hayata geçirilmesi (esneklik yönetimi, vb.) önemli bir çözüm yolu olabilir.

Yukarıda bahsedilen olası zorlukların iyi yönetilmesi ile dağıtık üretimin piyasa ve şebekeye daha fazla entegrasyonu, enerji sisteminin karbonsuzlaşması başta olmak üzere, gerilim ve enerji kalitesinin artması, yüksek maliyetli elektrik santralleri ile iletim ve dağıtım sistemleri yatırımlarının azalması, şebeke enerji kayıplarının önüne geçilmesi ve ithal yakıt maliyetlerinin düşmesi gibi şebekenin güvenilir ve maliyet etkin çalışmasını destekleyen birçok fayda sağlamaktadır (Raporun 6. bölümünde tüm elektrik sistemi; iletim işletmecisi, dağıtım işletmecisi, elektrik piyasası ve dağıtık üretime sahip tüketiciler açısından yararlar detaylandırılmıştır). Düzenleyici çerçevenin, finansal mekanizmaların ve iş modellerinin, dağıtık enerji kaynaklarının azami kullanımına fırsat veren yenilikçi yaklaşımlarla uyarlanması gerekecektir (SHURA, 2020b).

Artan DEK'ler ile birlikte, bu kaynakların yönetilmesinde dağıtım şirketlerinin, sistem işletmecisi gibi davranarak yeni görevler üstlenmesi gerekebilir. Bu durum sistemin verimli çalışmasını sağlarken dağıtım şirketleri için yeni gelir akışları yaratabilir. Dağıtım şirketleri bu kaynaklar ile yakın etkileşime girerek sistem esnekliği gibi hizmetlerin kullanılmasına önayak olabilir. DEK'lerin hâlihazırda iletim sistemine bağlı kaynaklar tarafından sunulan hizmetleri sağlayabilmesi Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ)-

Elektrik dağıtım A.Ş. (EDAŞ) iş birliğinin önemini de göstermektedir. Bu iş birliğinin gelişmesini sağlayacak iş modelleri ve düzenlemelerin belirlenmesi DEK'lerin daha çok entegrasyonu ile oluşacak yeni düzenden elde edilecek faydaları artırabilir.

Rapor, başta dağıtık üretim olmak üzere DEK'lerin Türkiye'nin enerji dönüşümüne katkısını değerlendirmektedir. Raporda dağıtık üretimin artmasıyla şebeke ve piyasa entegrasyonunda ortaya çıkabilecek olası zorluklar ve çözümler analiz edilmektedir. Raporda ayrıca politika yapıcıları, dağıtım şirketleri, iletim sistemi operatörü, üreten tüketiciler ve diğer enerji sektörü oyuncuları için dağıtık üretimin gelişimiyle ilgili temel konulara dikkat çekilmektedir.

Son yıllarda dağıtık enerji kaynakları küresel çapta hızlı bir artış gösterirken; dağıtım şebekesi seviyesinden sisteme bağlanan dağıtık üretim, talep tarafı katılımı ve sayaç arkası batarya sistemlerinden oluşan bu kaynakların sunduğu çok yönlü faydalar, yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme daha kolay entegre olmasında ve tüm elektrik sisteminin esnekliğinin artmasında kilit rol oynamaktadır. Bunun sonucunda dağıtık enerji kaynakları; enerji sisteminin karbonsuzlaşmasına yönelik katkıları başta olmak üzere, sistem kayıplarının azalması, gerilim ve enerji kalitesinin artması, iletim ve dağıtım sistemi yatırımlarının azalması gibi konularda şebekenin sağlıklı çalışmasını destekleyen birçok fayda sağlamaktadır. Bu bağlamda, sistem esnekliğinin artması için tüketim tarafının enerji sisteminde aktif rol almasını ve tüketim noktalarına yakın dağıtık üretimin yaygınlaşmasını sağlayacak yenilikçi yaklaşımların ve uygulamaların hayata geçirilmesi gerekmektedir.

SHURA'nın "Enerji Verimliliği Çözümü: Sistem Verimliliği" (SHURA, 2020a) raporuna göre DEK'lerin şebekelere daha iyi entegrasyonu, azaltılmış hat kayıpları (üretimin tüketime daha yakın olması ve talep tarafı esnekliği ile daha yüksek kayıplarla ilişkili puant tüketim azalacağı için), esneklik (küçük ölçekli üretim, büyük üretim santralleri çevrimdışı olsa bile elektrik sağlamaya devam edebileceği için) ve yerel şebeke işletimi (örneğin talep esnekliği, dağıtım şebekesindeki kısıtların yönetilmesine yardımcı olabildiği için) gibi sistem verimliliği avantajları sağlamaktadır. Ayrıca DEK'lerin toptan elektrik piyasasına entegrasyonu, yalnızca son tüketicilere gelir akışı potansiyeli sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda sistem güvenilirliğini ve esnekliğini artırmak için şebeke operatörlerine yeni dağıtık varlıklar kazandıracaktır.

Dağıtık üretim, tüketim noktasında ya da yakınında bir müşteriye yerinde hizmet sağlayan dağıtım şebekesine bağlı elektrik üretim sistemleridir. Bu sistemler, farklı teknolojilerden oluşabilse de bu çalışmada dağıtık üretim olarak küresel çapta büyüme eğilimi en yüksek olan öztüketime yönelik çatı- üstü güneş FV teknolojileri incelenmektedir. Yakın gelecekte dağıtık üretime ilave olarak elektrifikasyonun (elektrikli araçların kullanımının vb.) daha da artması, dağıtım şebekelerinin mevcut durumlarından farklı olarak şebekelerin geliştirilmesi, yönetilmesi ve işletilmesinde tarafsız piyasa sağlayıcısı ve kolaylaştırıcısı olarak hareket eden daha aktif bir rol üstlenmeleri gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi için yenilikçi yaklaşımlar ile dağıtım ve perakende faaliyetlerinin düzenlenmesi anahtar role sahip olacaktır.

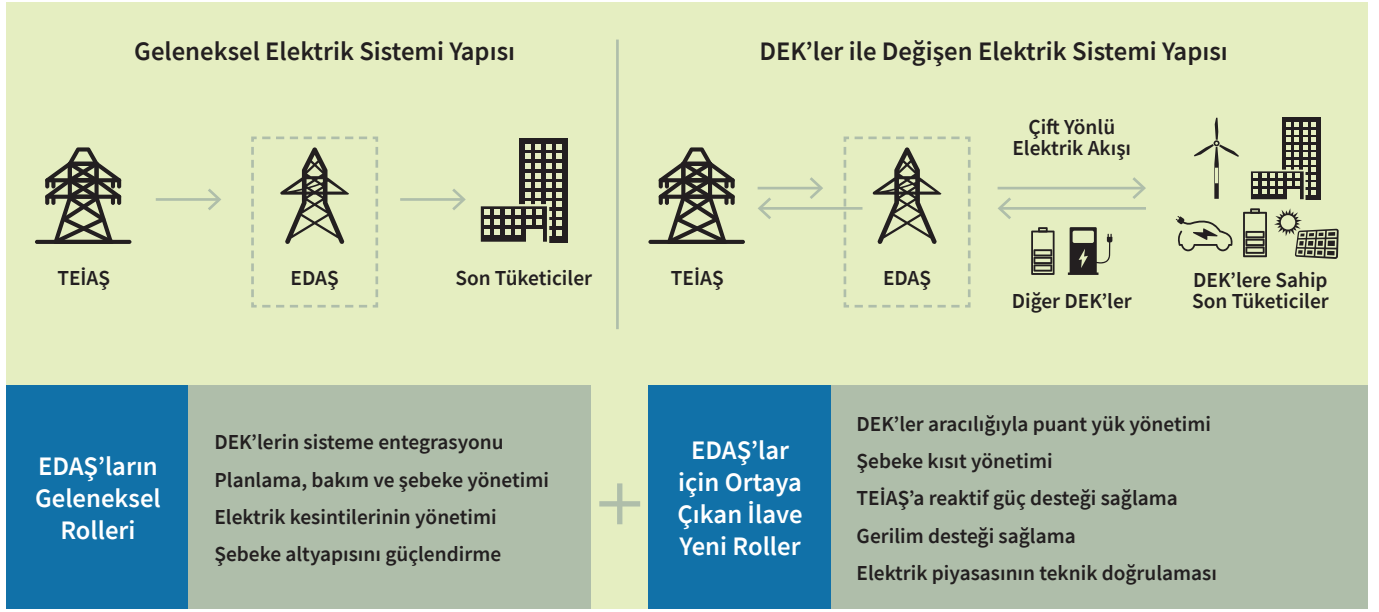
SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi'nin "Binalarda Çatı Üstü Güneş Enerjisi Potansiyeli- Türkiye'de Çatı Üstü Güneş Enerjisi Sistemlerinin Hayata Geçmesi için Finansman Modelleri ve Politikalar" (SHURA, 2020b) raporuna göre, Türkiye'deki binalar çatı üstü güneş sistemleri için 14,9 GW'lık teknik potansiyel sunmaktadır. Bu potansiyelin büyük kısmı çok haneli konutlara ait iken bunu ticari, kamu ve sanayi binaları takip etmektedir. Ekonomik potansiyel ise başta ticari ve sanayi binaları olmak üzere teknik potansiyelin yaklaşık üçte birini temsil ederek 4,5 GW olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu potansiyelin hayata geçirilmesi yeni iş fırsatları yaratılmasının, enerji güvenliğinin artırılmasının ve iklim değişikliğinin önlenmesinin yanı sıra maliyetlerin en aza indirilmesi konusunda da büyük faydalar sağlamaktadır. Dağıtık üretimin yaygınlaşmasını hızlandırmak için mevzuatın yanı sıra finansman mekanizmaları ve iş modellerinin uygulanması da önem arz etmektedir.

Mayıs 2019'da yayımlanan aylık mahsuplaşma uygulamasına (Resmi Gazete, 2019) göre gerçek veya tüzel kişiler artık lisans alma veya şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın tüketim noktalarında öztüketime (meskenlerde 10 kW'a ticarethane ve sanayi tesislerinde 5 MW'a kadar) yönelik olarak elektrik enerjisi üretebilecek ve ihtiyaç fazlası üretimlerini şebekeye verebilecektir. Türkiye'de hâlihazırda uygulanmakta olan bu mevcut sistem, yukarıda bahsedilen tüm konulara öncülük etse de dağıtık üretimin artmasında, yeni iş modellerinin ve farklı piyasa oyuncularının (özellikle üreten tüketicilerin ve dağıtım şirketlerinin) yeni rollerinin oluşmasında sınırlı seçenekler sunmaktadır. Aynı zamanda dağıtık üretimin artmasıyla hem tüketici tarafında hem de dağıtım sisteminde oluşabilecek fırsatlardan azami derecede faydalanmaya olanak sağlayan düzenlemelerin, finansal mekanizmaların ve iş modellerinin anlaşılması ve planlamaların bu doğrultuda hayata geçirilmesi gereklidir.

Diğer taraftan, eski ölçüm altyapıları ve her bir şebeke kullanıcısının sisteme yüklediği gerçek maliyetlerin tarifelere tam olarak yansımaması durumu, öztüketime yönelik aylık mahsuplaşma mekanizmasıyla birleştiğinde sistemin finansal sürdürülebilirliğini tehlikeye atabilir. Diğer bir deyişle, piyasa ve şebeke maliyetlerinin tüketicilere tam olarak yansıtılmadığı elektrik sistemlerinde, dağıtık üretimin ve öztükütün şebeke alışverişlerinin gerçek maliyetlerle örtüşmemesi elektrik sisteminde ek maliyetler doğuracaktır. Küresel ölçekteki uygulamalarda bu durumu fark eden piyasa düzenleyicileri, bu tarz sorunların olumsuz etkilerini hafifletmek için kısa vadede farklı mekanizmalar uygulamaya yönelmektedir. Ancak bu durum, gerçek maliyetleri yansıtan tarifeler ve gelişmiş ölçüm teknolojileri hayata geçirilene kadar çözülmesi gereken bir problem olarak kalacaktır (IRENA, 2017). Bundan dolayı dağıtım şebekesi tarifeleri ve altyapılarının iyileştirilmesini kapsayan uygulamalar ve düzenlemeler, dağıtık üretimin gelişimini belirleyen önemli etkenlerden olacaktır.

Dağıtık üretimin artmasıyla birlikte dağıtım şirketlerinin bu kaynakların yönetilmesinde sistem işletmecisi gibi davranacağı yeni roller üstlenmesi gerekecektir (Şekil 1). Bu durum, yakın gelecekte dağıtım şirketlerinin sistem esnekliği gibi hizmetlerin sağlanmasına yol gösterici olacak dağıtık üretim kaynaklarıyla yakın etkileşime girmesi anlamına gelecektir. Yenilenebilir enerji kapasitesindeki artışın iletim sisteminden dağıtım sistemlerine doğru kayması ile DEK'lerin hâlihazırda iletim sistemine bağlı kaynaklar tarafından sunulan hizmetleri sağlayabilecek olması da TEİAŞ-EDAŞ iş birliğinin önemini göstermektedir (SHURA, 2020a). Dolayısıyla, dağıtık üretimin şebeke ve piyasa entegrasyonunun artmasıyla oluşacak yeni düzende, bu kaynakların yönetilmesiyle tüm enerji sisteminin verimliliğinin artmasını sağlayacak düzenlemelere ve uygulamalara ihtiyaç olacaktır. Enerji sektörünün tüm değer zincirine etkilerinin belirlenmesi, oluşacak yeni görevlerin tanımlanması ve dağıtım şebekesi işletim mevzuatının düzenlenmesi elzemdir.

Şekil 1: Dağıtım şirketlerinin değişen rolleri



Kaynak: IRENA, 2019c

Bu çerçevede, dağıtık üretim sistemlerinin ve uygulamalarının mevcut durumunun iyi analiz edilmesi, olası iyileştirmelerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bununla birlikte, enerji sisteminin daha verimli çalışmasına ve enerji dönüşümü kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarının en etkin şekilde kullanılmasına fırsat verecek orta ve uzun dönemli planların yapılması da kilit öneme sahiptir.

Çalışma kapsamında, dağıtık üretimin artmasıyla şebeke ve piyasa entegrasyonunda ortaya çıkabilecek temel konular, zorluklar ve bunların çözümleri analiz edilmiş, dağıtık üretimin elektrik şebekesi ve elektrik piyasaları ile etkileşiminde öne çıkan öncelik alanları belirlenmiştir. Piyasa entegrasyonu kapsamında, dağıtık üretimin elektrik piyasalarına katılımının sağlayacağı genel faydalar ve talep toplayıcılarının rolü ele alınmış, dünya genelinde uygulanan piyasa tasarımları, iş modelleri ve enerji hizmetlerinin detaylı incelenmesi çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Şebeke entegrasyonu kapsamında ise dünya genelindeki deneyimlerden yola çıkarak olası temel zorluklar ve bu zorlukların etkileri, detaylı olarak incelenmiş çözüm önerileri ile birlikte sunulmuştur. Çalışma kapsamında her iki başlık altında ele alınan temel konular aşağıda özetlenmektedir (Tablo 2).

Tablo 2: Çalışma kapsamında ele alınan konular

Dağıtık Üretimin Şebeke Entegrasyonu	
Konu	Açıklama
Dağıtım şirketlerinin yeni rolleri ve iletim sistemi operatörüyle olan iş birliğinin geliştirilmesi	Dağıtım şirketleri, DEK'leri kullanarak gerilim desteği ve kısıt/puant yük yönetimi gibi esneklik hizmetleri sunabilir. Elektrik sisteminin etkin şekilde yönetilebilmesi için TEİAŞ-EDAŞ iş birliğinin geliştirilmesi önem teşkil edecektir.
Dağıtım şirketi gelirleri ve tarifelerde olası değişimler	Dağıtık üretimin artmasıyla birlikte bu sistemlere sahip olan tüketicilerin dağıtım şebekesini daha az kullanmaları sonucunda toplanan şebeke gelirlerinde azalma yaşanabilir. Tarife fiyatları artabilir.
DEK'lerin izlenebilirliğinin ve kontrol edilebilirliğinin sağlanması	Elektrik sistemi işletmecileri, şebekeyi ve gerekli hizmetleri yönetebilmek için gerçek zamanlı olarak arz ve talebi her zaman izleyebilmelidir.
Elektrik sistemi güvenilirliğinin sağlanması	Dağıtık üretimin artmasıyla tüm elektrik sisteminde teknik zorluklar ortaya çıkabilmektedir. İlk olarak bölgesel oluşabilecek zorluklar, eğer önlem alınmazsa iletim sisteminin işletilmesiyle ilgili sorunları da doğurabilecektir.
Mevcut ulusal tarifelere gerçek sistem maliyetlerinin yansıtılması	Dağıtım tarifelerinin, mevcut sistem maliyetlerini yansıtacak şekilde tasarlanmış olması ve çok zamanlı olarak dağıtım bedeli uygulanması birçok fayda sağlar.
Dağıtık Üretimin Piyasa Entegrasyonu	
Konu	Açıklama
Ani üretim tüketim dalgalanmaları	Dağıtık üretimin artmasıyla, hava değişimlerine bağlı olarak oluşabilecek ani üretim tüketim dalgalanmaları yönetilmelidir.
Üreten tüketicilerin şebeke ve piyasa koşullarına göre davranabilmesi	Sayaç arkası kurulumlardan oluşan net yüklerin, şebeke koşullarına ve gerçek maliyetlere göre optimize edilebilmesinin sağlanması gerekir.
Dengesizliklerin yönetilmesi	Dengesizlik sorumlulukları ve maliyetleri net bir şekilde ilgili paydaşlara yansıtılabilir.
Dağıtık üretimin piyasa entegrasyonunun sağlanması	Dağıtık üretim kapasite kurulumları, talep toplayıcılar aracılığıyla ya da doğrudan organize piyasalara katılabilir.

SHURA tarafından yürütülen bu çalışmada dağıtık üretimin artmasıyla elektrik sisteminde oluşacak temel konular, düzenlemeler ve şebeke operasyonları çerçevesinde incelenmektedir. Türkiye özelinde tüketiciler, üreticiler, dağıtım şirketleri ve iletim sistemi işletmecisi için oluşabilecek olası zorluklar ve fırsatlar analiz edilmiş, mevzuat ve uygulamaların neler olabileceğiyle ilgili elektrik sektörü paydaşlarıyla bir dizi toplantı gerçekleştirilmiş, iyileşmeye açık alanlar ve öncelikler konusunda istişareler yapılmıştır. Bu doğrultuda, halihazırda uygulanmakta olan çatı-üstü güneş FV sistemleri için aylık mahsuplaşma uygulaması dikkate alınarak dağıtık üretim sistemlerinin şebeke ve piyasa entegrasyonunu şekillendirecek piyasa dinamiklerinin ve engellerin daha iyi anlaşılması, bu sayede daha çok dağıtık üretimin sisteme nasıl entegre edilebileceğinin araştırılması ve olası piyasa iyileştirmelerinin belirlenmesi amaçlanmış, başta Avrupa ülkeleri, ABD ve Avusturalya olmak üzere birçok uluslararası örnek incelenerek Türkiye özelinde öneriler geliştirilmiştir. Bu çerçevede çalışmanın öncelikli hedef kitlesi, kamu başta olmak üzere politika yapıcılar, elektrik dağıtım şirketleri, üreten tüketiciler, elektrik iletim sistemi operatörü, enerji sektörü oyuncuları, teknoloji tedarikçileri, enerji servisi sağlayan şirketler, danışmanlık şirketleri, enerji sektörü dernekleri, bankalar ve yatırımları finanse eden kurumlardır.

Raporun yapısı şu şekilde planlanmıştır:

- 2. ve 3. bölümlerde, başta dağıtık üretim olmak üzere dağıtık enerji kaynaklarının Avrupa ve diğer uluslararası piyasalardaki durumu ve genel görünümü özetlenmiştir.
- 4. bölümde dağıtık üretimin Türkiye'deki mevcut durumu, mevzuat ve iş modelleri kapsamında değerlendirilmiştir.
- 5. bölümde dağıtık üretim fiyatlandırma mekanizmaları incelenmiştir.
- 6. bölümde dağıtık üretimin şebeke ve piyasa entegrasyonunun sağladığı faydalar detaylandırılmıştır.
- 7. bölümde dağıtık üretimin artması ile karşılaşılabilecek teknik ve finansal sorunlar, paydaş perspektifi ve düzenlemeler çerçevesinde uluslararası örneklerle incelenerek, olası çözümler ve tavsiyeler sunulmuştur.
- 8. bölümde, dağıtım şirketlerinin yeni rolleri ve TEİAŞ - EDAŞ iş birliğinin önemi tartışılmıştır.
- Son bölümde ise çalışmanın çıktılarından hareketle elde edilen Türkiye'de dağıtık üretimin piyasa ve şebeke entegrasyonuna yönelik temel çıkarımlar özetlenerek politika yapıcılar için çeşitli öneriler sıralanmaktadır.



2. Avrupa Birliği ve Diğer Uluslararası Piyasalarda Dağıtık Enerji Kaynaklarının Genel Görünümü

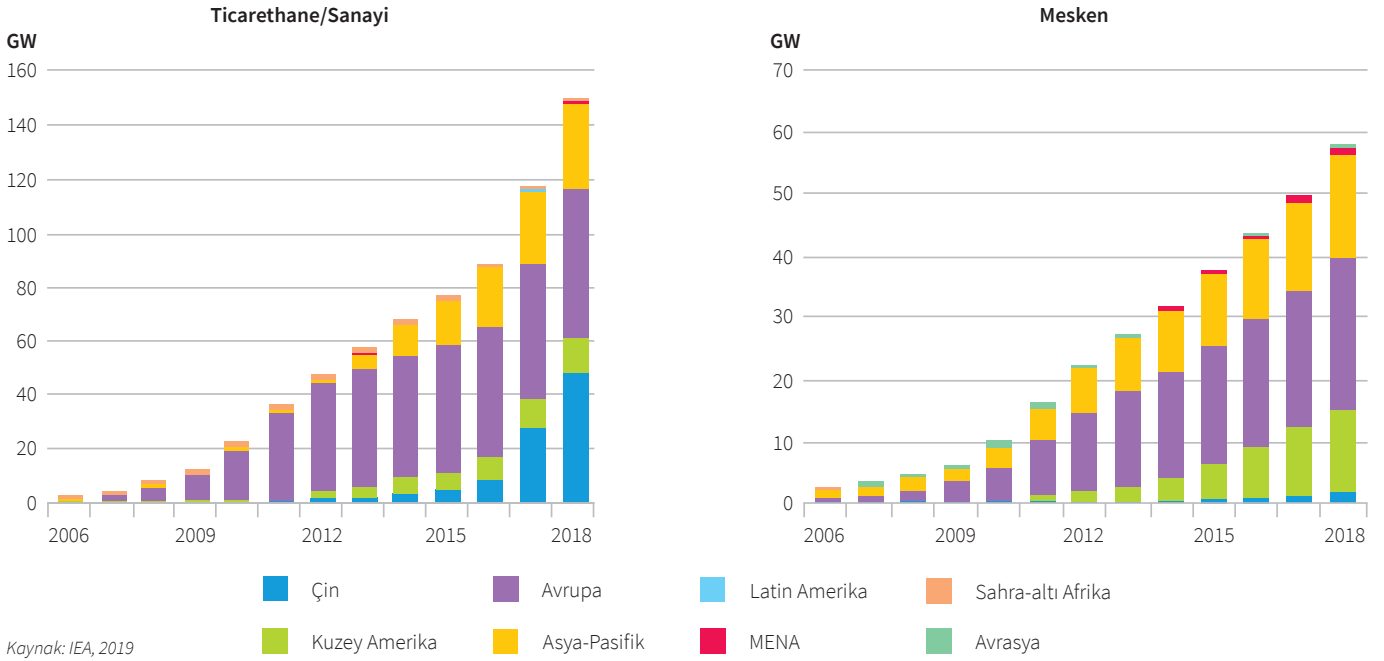
Dağıtık üretimin küresel ölçekte gelişimini ve ülkelerdeki farklı üretim uygulamalarını değerlendirmek, gelişimin önünü açacak önceliklerin neler olması gerektiğiyle ilgili önemli ipuçları sağlayacaktır. Dağıtık üretim sistemlerinin kurulum amaçları farklılık gösterse de ülkelerin uygulayacağı politikalar doğrultusunda öztüketim veya yatırım amaçlı kurulumların önünün açılması sağlanabilir. Bazı ülkelerin benimsemiş olduğu teşvik ve düzenlemeler, şebeke ölçeği uygulamaları desteklerken; diğerlerinde küçük ölçekli dağıtık üretim kurulumlarının yaygınlaştırılması öne çıkmaktadır. AB ülkelerinde genellikle dağıtık üretim kurulumlarını geliştirecek düzenlemeler ve uygulamalar hayata geçirilmektedir. Bu nedenle AB ülkelerindeki dağıtık üretime dair genel görünümü anlamak, Türkiye özelinde çıkarılacak dersler açısından çok yönlü faydalar sağlayacaktır.

Son yıllarda çatı-üstü güneş FV sistemlerinin küresel ölçekteki gelişimi önemli ölçüde artmıştır. Artan dağıtık enerji kullanımı ise geleneksel merkezi elektrik sistemlerinin hızlı bir şekilde dönüşümüne neden olmaktadır. Yatırım maliyetlerindeki düşüş eğiliminin de etkisiyle dağıtık üretimin şebeke entegrasyonu bu enerji dönüşümünü daha da hızlandıracaktır. Dağıtık üretimin uluslararası piyasalarda, özellikle Avrupa'daki gelişimine bakıldığında bu sistemlerin kurulum yerlerine göre sınıflandırılması önem kazanmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından 2019 yılında yayınlanan Yenilenebilir Enerji raporunda, dağıtık güneş enerjisi sistemlerinin kurulumları üç grupta incelemektedir. Bunlar sırasıyla, 10 kW'a kadar kurulu güce sahip mesken kullanımı için kurulmuş çatı-üstü sistemleri ile genellikle 10 kW ila 1 MW arası öztüketim için kullanılan çatılarda veya özel arazilerde inşa edilen ticari ve endüstriyel güneş enerjisi sistemleri ve şebekeden bağımsız olarak kurulan genellikle 8 vat (W) ile 100 kilovat (kW) arasında güçlere sahip bağımsız güneş enerjisi sistemleridir (IEA, 2019).

Dağıtık üretimin gelişimine baktığımızda sanayi ve ticarethane tesislerinde yapılan güneş FV yatırımlarında 54 GW ile Çin'in, mesken güneş FV sistemlerinde ise 16 GW ile Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) öncü olduğu görülmektedir. Avrupa'da ise dağıtık üretimin (Bu çalışma kapsamında dağıtık üretim olarak, 5 megavat (MW) seviyesinin altındaki çatı-üstü güneş FV sistemler dikkate alınmıştır.) gelişmesi için hayata geçirilen toplam yatırımlar, küresel ölçekteki toplam kurulu gücün yaklaşık üçte birini karşılayarak önemli bir yer edinmektedir (IEA, 2020). Almanya, İtalya, İspanya ve Belçika'da uygulanan teşvik mekanizmaları, bu sonucun oluşmasında önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, AB ülkelerinde hayata geçirilen uygulamaların anlaşılması, Türkiye'de dağıtık üretimin artmasına yönelik önceliklerin planlanması açısından kritik öneme sahiptir.

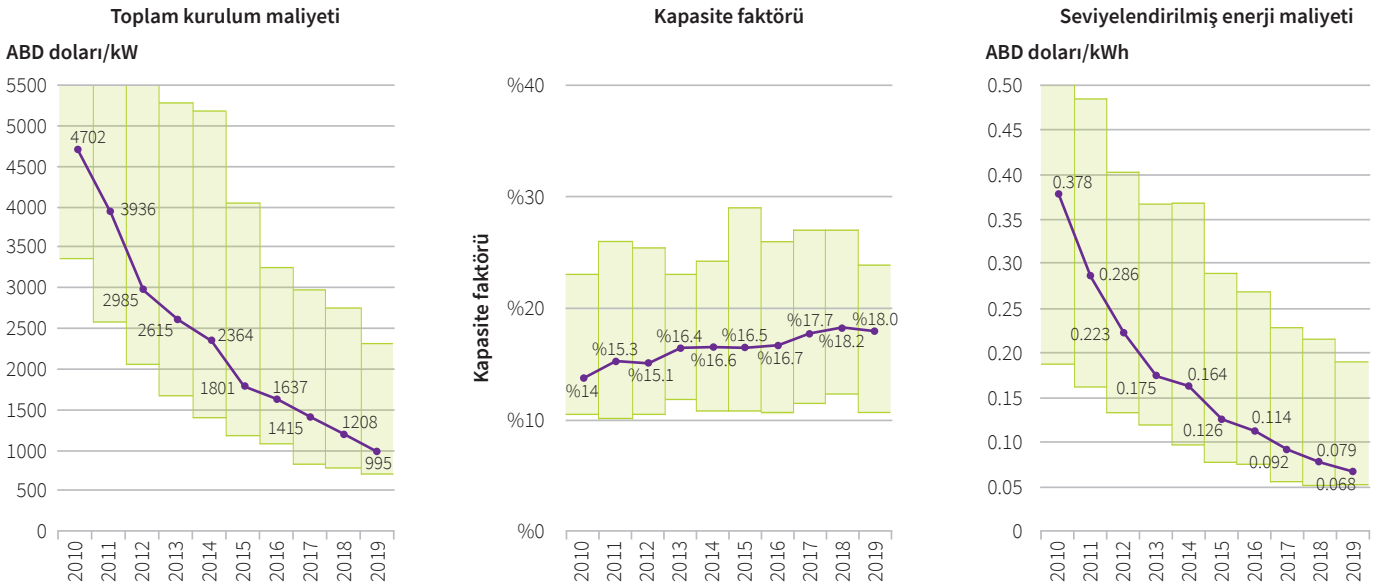
Dünya geneline baktığımızda ise toplam dağıtık güneş FV kurulu gücü, 2019 yılında 250 GW'a yaklaşmıştır. Toplam yıllara göre dağıtık güneş FV kurulu güç gelişimi Şekil 2'de gösterilmiştir (IEA, 2019). Diğer taraftan ABD, Çin, Almanya ve Japonya gibi yüksek güneş FV kurulumlara sahip ülkelerde, büyük ölçekli kurulumlardan ziyade dağıtık güneş FV sistemlerinin büyümede etkili olduğu görülmektedir. 2024 yılına kadar devreye girecek her güneş kapasitesinin yaklaşık yarısının dağıtık güneş FV kurulumu olacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2019).

Şekil 2: Yıllara göre dağıtık güneş FV kurulu güç dağılımları



Güneş FV kurulum maliyetleri, ülkeden ülkeye ve kullanılan teknolojilere göre farklılık gösterse de geçtiğimiz 10 yıllık süreçte; kurulum maliyetlerinin kW başına 4.700 ABD dolarından 1.000 ABD doları seviyesine kadar düştüğü, kapasite faktörlerinin %14'ten %18 seviyesine kadar çıktığı ve seviyelendirilmiş enerji maliyetinin (LCOE) kWh başına ortalama 7 ABD doları cent'e kadar azaldığı görülmektedir (IRENA, 2019a) (Şekil 3).

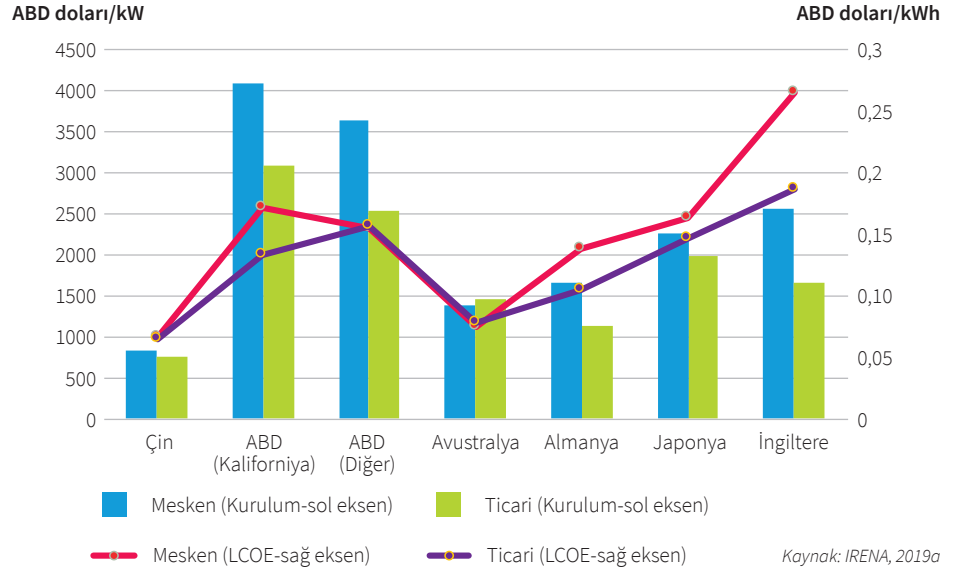
Şekil 3: Küresel ölçekte ağırlıklı ortalama güneş FV kurulum maliyetleri, kapasite faktörleri ve seviyelendirilmiş enerji maliyetlerinin (LCOE) yıllara göre değişimi



Kaynak: IRENA, 2019a

Diğer taraftan dağıtık güneş FV tesisleri için kurulum maliyetleri incelendiğinde, ülkeden ülkeye ve kurulum tipine bağlı olarak önemli farklılıklar olduğu görülmektedir (IRENA, 2019a). Aşağıda bazı ülkeler için 500 kW altı mesken ve ticari kurulum maliyetleri gösterilmektedir (Şekil 4).

Şekil 4: Farklı ülkelerdeki mesken ve ticari dağıtık güneş FV kurulum maliyetleri ve LCOE değerleri (2019 yılı)



Dağıtık üretim için ülkelerin belirledikleri stratejiler dikkate alındığında, belirlenen hedeflere ulaşılmasını sağlayacak eylemlerin de bu strateji ve hedeflerle birlikte planlandığı görülmektedir. Ülkelerin farklı potansiyelleri göz önünde bulundurulduğunda, hedeflerinin de birbirinden farklı olması kaçınılmazdır. Örneğin Hindistan, 2022 yılına kadar 40 GW çatı üstü güneş FV kapasitesine ulaşmaya çalışmaktadır. Diğer yandan ABD'deki 14 eyalette ise Yenilenebilir Portföy Standartları hedefi olarak dağıtık enerji üretiminin kullanılan toplam elektrığe oranı %0,1 ile %3,5 arasında belirlenmiştir. Aynı şekilde Birleşik Arap Emirlikleri 2020'de tüm meskenlerin %10'unda çatı tipi güneş enerjisi sistemlerinin olmasını hedeflemiştir. Avrupa'da ülkelerin birbirinden farklı hedefleri olmasına rağmen özellikle Paris Anlaşması yükümlülükleri çerçevesinde bu hedeflerin gerçekleşmesini sağlamak için ortak yol haritaları oluşturulmuştur. Küresel olarak çatı-üstü güneş FV sistemlerinin geliştirilmesi için yüksek bir potansiyel olduğu ve bu potansiyelin hala yeterince kullanılmadığı söylenebilir. Avrupa'daki meskenlerin %90'ında halen kurulu bir çatı-üstü güneş sistemi bulunmadığı düşünülmektedir (SolarPower Europe, 2019). Bu sistemlerin yeni inşa edilen ve yenilenen meskenlerin çatılarına kurulması durumunda ise Avrupa'da yılda 5,7 GW kurulu güç yalnızca çatı-üstü güneş FV sistemlerinden sağlanabilir (Jager-Waldau, 2018).

Ülkeler, belirledikleri hedeflere ulaşmak için yaygın olarak teşvik mekanizmaları uygulamaktadır. Bu teşvik mekanizmaları ve uygulamaları, ülkeden ülkeye farklılık gösterse de yatırım maliyetlerinin düşürülmesini sağlamak ya da kurulan tesisin elektrik satışlarını desteklemek gibi yöntemler hayata geçirilmektedir. (Ayrıntılı bilgi için: SHURA'nın "Türkiye enerji dönüşümünü hızlandırmak için 2020 yılı sonrası düzenleyici politika mekanizması seçenekleri: Şebeke ölçeğinde ve dağıtık güneş ve rüzgâr enerjisi kapasite kurulumları" raporunu inceleyiniz (SHURA, 2020c)).

Çatı-üstü güneş FV kurulumlarının ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle potansiyel yatırımcılara sağlanacak finansal teşvikler önem arz etmektedir. Genellikle çatı-üstü güneş FV sistemleri faaliyete geçtikten sonra işletme maliyetleri nispeten düşük olmaktadır. Finansmanın sağlanmasından sonra, yatırımcılar için kredi geri ödemelerinin yapılabilmesi için projelerin getirisi önem kazanmaktayken, potansiyel yatırımcıların fizibilite çalışmaları yapabilmesi adına ücretlendirme modelinin ya da yatırımın yapılmasıyla kaçınılan elektrik maliyetlerinin net bir şekilde belirlenmesi gereklidir. Mahsuplaşma mekanizmaları, yatırımların geri dönüşü için bir çeşit teşvik sağlayan uygulamalar olarak ön plana çıkmakta ve ülkelerin politikaları ile enerji piyasasının mevcut durumuna bağlı olarak farklı şekillerde uygulanmaktadır. Ülkelerin hedefleri ve piyasa yapılarına bağlı olarak uygun ücretlendirme modelinin belirlenmesi, dağıtık üretimin yaygınlaşmasında kilit öneme sahiptir. Bazı mahsuplaşma ve ücretlendirme modelleri, 5. bölümde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

3. Dağıtık Üretim Kaynakları için Avrupa'daki Mevzuatın Gelişimi

Elektrik tüketicileriyle ilgili en belirgin ve yaygın durum, tüketicilerin çatı-üstü güneş FV sistemleri kurarak aynı zamanda üreten tüketici haline gelmeleridir. Tüketicilerin ısıtma ve ulaştırma için elektrik kullanma davranışlarının değişimi veya meskenlerinde enerji depolama sistemi kurmaları da çatı-üstü güneş FV kurulumları kadar enerji dönüşümünü etkileyen itici güçler arasındadır. Avrupa enerji mevzuatında, tüketicilerin değişen tüketim davranışları ve aktif bir katılımcı olma fırsatları dikkate alınarak, tüketicilerin gelecekteki enerji sistemlerine nasıl entegre olabileceğine dair bir çerçeve belirlenmiştir.

2019 yılında yayınlanan Temiz Enerji Paketi (TEP), 2030'a kadar AB için yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve sera gazı emisyon hedeflerini belirlemenin yanı sıra DEK'lerin entegrasyonu da dahil olmak üzere aktif tüketicilerle ilgili çeşitli enerji piyasası düzenlemelerini içermektedir. Elektrik Direktifi (AB, 2019/944) (EUR-Lex, 2019a) ve Yenilenebilir Enerji Direktifi'nin (RED II) (EUR-Lex, 2016b) 2021 yılına kadar Üye Devletler tarafından ulusal hukuk sistemlerinde yer alacak şekilde düzenlenmesi amaçlanmıştır. Elektrik Yönetmeliği (AB, 2019/943) (EUR-Lex, 2019b) ise doğrudan Üye Devletlerde uygulanmaktadır. Direktifler, üreten tüketicilerin piyasaya katılımını (Elektrik Direktifi) ve yenilenebilir enerji entegrasyonunun çerçevesini tanımlamaktadır. Elektrik Direktifi ve Elektrik Yönetmeliği, aktif tüketicilerin hakları ve görevleri dâhil olmak üzere yeni elektrik piyasası kurallarını bir araya getirmektedir.

Öztüketiciler ve tüketici toplulukları

Öztüketim, AB'ye Üye Devletler genelinde yaygın olarak görülen bir faaliyettir. Öztüketim kavramı, Temiz Enerji Paketi'nin hem Elektrik Direktifi'nde hem de Yenilenebilir Enerji Direktifi'nde (RED II) tanımlanmaktadır². Her iki direktifte de son tüketicilerin, kendi ürettikleri elektriği tüketme, depolama ve tüketicinin birincil ticari faaliyeti değilse de elektrik satın alım anlaşmaları da dâhil olmak üzere çeşitli yöntemlerle satma hakkına sahip olduğu belirtilmektedir. Yenilenebilir enerji öztüketicileri yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabilirken aktif tüketici olarak sadece öztüketim için üretebilmenin ötesinde haklara sahiptir (esneklik hizmetlerine, talep toplayıcılara ve diğer enerji hizmetlerine dâhil olma gibi). Üye Devletler ayrıca, çok haneli meskenler de dâhil olmak üzere aynı binada bulunan yenilenebilir enerji öztüketicilerinin, ortak üretim faaliyetlerine katılma hakkına sahip olmalarını ve kendi binalarında veya başka bir yerde üretilen yenilenebilir enerji paylaşımını mümkün kılan düzenlemelere izin vermektedir. Yenilenebilir enerji öztüketicileri bireysel olarak veya talep toplayıcılar aracılığıyla fazla üretimlerini, elektrik satın alım anlaşmalarını kullanarak elektrik tedarikçileri ve eşler arası ticaret (peer to peer trading, P2P) yoluyla satma hakkına sahiptir.

Eşler arası ticaret, çatısında bir güneş FV sistemi bulunan klasik üreten tüketici yaklaşımının bir adım daha ileriye taşınmasıdır. Bu hem şebekeye bağlı üreten tüketicilerin hem de yalnızca tüketicilerin birbirlerinden elektrik satın almaları anlamına gelir. Satıcılar, enerji ihraç fiyatından (sabit veya piyasa fiyatına bağlı, indirimli veya indirimsiz) şebekeye fazla elektriği vermek yerine en iyi alıcıları bulabilirler. Günümüzde çoğu P2P projesi, ihtiyaç fazlası yenilenebilir enerji üretim

² Öztüketim, "son müşteri veya ortaklaşa hareket eden nihai müşteriler grubu, sınırlı sınırlar içinde bulunan veya bir Üye Devlet tarafından izin verildiği takdirde, bu faaliyetlerin birincil ticari veya mesleki faaliyetini oluşturmaması koşuluyla kendi tesislerinde üretilen elektriği tüketen veya depolayan, diğer tesisler veya kendi ürettiği elektriği satan veya esneklik veya enerji verimliliği programlarına katılanlar" şeklinde tanımlanmaktadır. (Enerji Direktifi, Madde 2 (6)).

ticaretini hedeflemektedir. Şimdiye kadar P2P ticaretinin yasal tanımı yenilenebilir enerji kaynaklarıyla da bağlantılı hale gelmiştir³. Teknik olarak ticaret, bir aracının katılımını gereksiz kılan blok zincir gibi dijital teknolojiler yoluyla sağlanan bir ticaret platformu tarafından kolaylaştırılır. Eşler arası enerji ticaretinin önemli bir özelliği de ilgili sosyal katılım ve işlemlerin kişiselleştirilmesidir: Tüketiciler, elektriği kimden satın alacaklarına ve kime satacaklarına karar verebilmektedirler.

Birlikte hareket eden tüketiciler kavramı, ayrı ayrı da olsa iki direktifte tanımlanmıştır. Kooperatif Enerji Topluluklarının (KET) ilgili tanımı, aktif tüketicilerin (Elektrik Direktifi) tanımıyla uyumludur. Fakat RED II'nin Yenilenebilir Enerji Toplulukları (YET) kavramı biraz daha farklıdır. YET, KET'lerin fiziksel yakınlığı (bir yer) olduğunda ve tüm elektrik üretim varlıklarının yenilenebilir enerjiyle sağlandığında geçerlidir. Üye Devletler, KET'lere faaliyet alanlarındaki dağıtım şebekesini yönetme hakkı vermeye karar verebilir. YET'lerin bu hakkı yoktur; ancak dağıtım şirketleri YET içindeki enerji transferlerini kolaylaştırmak zorundadır.

Avrupa Enerji Düzenleyicileri Konseyi (Council of European Energy Regulators, CEER), enerji toplulukları olarak tanımlanabilecek potansiyel üç proje türü belirlemiştir; bunlar topluluğa ait üretim varlıkları, şebeke üzerinden sanal paylaşım ve yerel üretimin topluluk şebekeleri aracılığıyla paylaşımıdır (CEER, 2019). TEP'in bu unsurlar üzerindeki etkisi (çoğunlukla pilot projeler) henüz görülmemektedir. Enerji toplulukları; tedarikçinin, hizmet sağlayıcının veya ilgili Üye Devletin izin vermesi durumunda bir şebeke operatörü olarak hareket edebildiğinden; şebeke maliyeti paylaşımı, dengeleme ve tüketici hakları gibi çeşitli düzenleme sorunlarını gündeme getirmektedir. Dolayısıyla, enerji topluluklarının sorumluluklarının bütüncül bir bakış açısıyla belirlenmesi ve mevcut piyasa ilkelerine uygun davranmalarının garanti altına alınması kritik öneme sahiptir.

Avrupa dışındaki bölgelerde de ortaklaşa hareket eden üretim ve tüketim kurguları bulunmaktadır ancak TEP'te belirlenen yaklaşımlarla uyumlu değildir. ABD'de yerel yönetim, belediye talep toplama süreci olarak da bilinen topluluk talep toplama seçimi (spell out) ile katılımcılarının enerji tedarikini ayarlayabilir. Yerel yönetimler; katılan meskenler, ticarethaneler ve belediye abonelikleri adına alternatif bir tedarikçiden elektrik temin edebilir veya kendi enerjisini üretirken mevcut hizmet sağlayıcılarından iletim ve dağıtım hizmeti almaya devam edebilir. Bu durum, elektrik kaynakları üzerinde daha fazla yerel kontrol, varsayılan kamu hizmeti tarafından sunulandan daha fazla yeşil enerji ve/veya daha düşük elektrik fiyatları isteyen topluluklar için önemli bir seçenek olmaktadır. Topluluklar, talebi bir araya getirerek tedarikçilerle daha rekabetçi fiyatlar için pazarlık yapma ve daha çevreci enerji kaynaklarını seçme konusunda bir avantaj elde etmektedirler.

Western Power'ın yürüttüğü Avustralya topluluk enerji depolama projesi, bölgedeki tüketicilerin paylaşılan bir yerel bataryada üretilen fazla enerjiyi biriktirmesine olanak tanımakta ve bu da yerelde çatıdaki güneş enerjisinin daha verimli kullanılmasını sağlayarak sistem güvenliğinin artmasına ve elektrik akışını yöneterek şebekenin desteklenmesine fırsat vermektedir. Bu topluluk bataryası, bireysel depolamaya izin vermese de hizmet sağlayıcısı tarafından tüketicilerin ihtiyaç duyması halinde ondan

³ Yenilenebilir enerji direktifi, eşler arası yenilenebilir enerji alım satımını, "Doğrudan piyasa katılımcıları arasında veya dolaylı olarak sertifikalı toplayıcı gibi bir üçüncü parti piyasa katılımcısı aracılığıyla, işlemin otomatik olarak yürütülmesini ve kapatılmasını düzenleyen önceden belirlenmiş koşullara sahip bir sözleşme aracılığıyla piyasa katılımcıları arasında yenilenebilir enerji satışı" olarak tanımlamaktadır. Eşler arası ticaret yapma hakkı, nihai müşteriler, üreticiler, tedarikçiler veya toplayıcılar olarak dahil olan tarafların hak ve yükümlülüklerini değiştirmeyecektir.

yararlanmalarını sağlayan bir PowerBank pilot uygulamasını da içermektedir. Enerji depolama tesisleri Western Power tarafından kurulmakta ve kurulan bu PowerBank, günlük 1,60-1,90 ABD doları arasında abonelik ücreti karşılığında kullanılabilir.

Aktif tüketicilerin hakları

Elektrik Direktifi, tüketicilere ve aynı zamanda üreten tüketicilere DEK entegrasyonu ile da ilgili olan çeşitli haklar vermektedir. Bunlar sırasıyla; akıllı sayaçların kurulu olması durumunda 200 binden fazla son kullanıcıya sahip tedarikçiler tarafından sunulması gereken dinamik elektrik fiyatı sözleşmelerine erişim, elektrik tedarik sözleşmelerinden bağımsız olarak talep tarafı katılımı için talep toplayıcı sözleşmesi yapabilme hakkı, yılda 100.000 kilovat-saat (kWh) tüketimin altındaki mesken müşterileri için perakende fiyat tekliflerinin ücretsiz bir karşılaştırma aracına ulaşım ve doğru, anlaşılması kolay, açık, kullanıcı dostu fatura ve fatura bilgilerine ücretsiz erişimdir. CEER'e göre, örneğin bir kiracı, paylaşılan bir güneş FV tesisine sahip bir bina içinde yer alan bir daireyi kiraladığında mevcut özüretim ve öztüketim modeline katılımını seçme hakkına sahiptir. Tüketiciler, teknik kriterleri karşıladıkları sürece bir paylaşım planına zorlanamaz veya tüketicilerin bir paylaşım planına katılmaları engellenemez.

Dengeleme

TEP, yalnızca ulusal uygulama yoluyla tüketicilere tanınması gereken hakları tanımlamakla kalmaz, aynı zamanda yükümlülükleri elektrik sisteminde neden oldukları dengesizlikler için mali sorumluluk olarak tanımlar. Bu sorumluluk hususu, dengeden sorumlu olan taraf olunmasıyla veya tüketicilerin bu yükümlülüklerini başka kurumlardan hizmet almaları yoluyla sağlanabilir. Elektrik Direktifi Madde 12'ye göre, şeffaf ve ayrımcı olmayan kriterlere dayalı ulusal elektrik sisteminin güvenli işletimi ile uyumlu olması koşuluyla ve sistem operatörleri aracılığıyla Üye Devletlerin 400 kW altındaki yenilenebilir enerji üretim birimlerinin yük tevzisine öncelik vermesi gerekmektedir. Aynı kapasite limiti için Üye Devletler, yenilenebilir enerji tesisleri için dengeleme sorumluluğundan muafiyet sağlayabilir ki şu anda mevcut uygulama budur. 2026 yılından itibaren yeni tesisler için bu sınırın 200 kW olması hedeflenmektedir (RAP, 2017).

Tüketimin bir kısmının, tek bir tedarikçi tarafından karşılandığı bir elektrik paylaşım anlaşmasında, tedarikçi, tüketicinin tedarik ettiği elektriğin tamamını faturalayamayacaktır ve aktif olmayan bir tüketiciye nazaran daha yüksek bir dengeleme riskiyle karşı karşıya kalacaktır. Bu ek maliyetlerin (satılan kWh başına) talep tarafı katılımındaki gibi faydalarla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Şebeke kullanım ücretleri

Dağıtım şirketleri için temel sorun, TEP'in çeşitli yeni tüketici türleri için dağıtım bedellerini nasıl düzenlediğidir. Genelde uygulanan kural, tüm tüketicilerin "şebekeyi besleyen elektriği ve şebekeden çekilen elektriği ayrı ayrı hesaba katan, maliyeti yansıtan, şeffaf ve ayırım gözetmeyen şebeke kullanım ücretlerine tabi olması" ve depolama tesisi olan aktif kullanıcıların "herhangi bir ek ücrete, orantısız lisanslama gereksinimlerine veya aidatlara tabi olmamasıdır". Bu sebeple, bu tüketiciler aynı zamanda gerekli ölçüm ve dengeleme sorumluluğunu da sağlamalıdır. Benzer şekilde, yenilenebilir öztüketim (aynı binadaki müşteriler dâhil olacak şekilde), hâlihazırda başka bir destek biçimi bulunmadıkça, ekstra harç ve bedeller gerektirmemelidir.

Yönetmeliğin 18. Maddesi, düzenleyicilerin tarifeleri belirlerken veya onaylarken zamana göre farklılaştırılmış tarifeleri dikkate almasını gerektirmektedir. Çünkü “zamana göre farklılaştırılmış şebeke tarifeleri nihai müşteri için şeffaf, uygun maliyetli ve öngörülebilir bir şekilde şebekenin kullanımını yansıtabilir.” Elektrik kamuya ait şebeke üzerinden paylaşıldığında, maliyeti yansıtan, adil ve şeffaf şebeke ücretlerine tabi olmalıdır. Şebeke maliyeti, savunmasız müşterilere ve eşler arası enerji paylaşımına veya özüretime katılamayanlara karşı ayrımcılık yapılmadan eşit ve adil bir şekilde dağıtılır. Yerel paylaşım yoluyla yapılan herhangi bir tasarruf, şebeke için bir faydayı yansıtmalıdır.

Dağıtım şebekelerinin planlaması

Elektrik Direktifi, dağıtım şebeke planlamasının kapsamını; dağıtık üretimi, yeni talep biçimlerini ve esneklik seçeneklerini içerecek şekilde genişletmektedir. İki yılda bir hazırlanan şebeke gelişim planları ihtiyaç duyulan orta ve uzun vadeli esneklik hizmetleri konusunda şeffaflık sağlamalı ve önümüzdeki beş ila on yıl için planlanan yatırımları belirtmelidir. Elektrikli araçlar için şarj noktaları da dâhil olmak üzere yeni üretim kapasitesi ile yeni yükleri birbirine bağlamak için yeni bir dağıtım altyapısı gerekliliğine vurgu yapılması gereklidir. Şebeke bağımsız çözüm alternatiflerinin kullanımı da öngörülmüştür: “Şebeke gelişim planı ayrıca talep tarafı katılımının, enerji verimliliğinin, enerji depolama tesislerinin veya dağıtım sistemi operatörünün sistem genişletmeye alternatif olarak kullanacağı diğer kaynakların kullanımını da içerecektir.”

4. Dağıtık Üretimin Türkiye’deki Durumu

Türkiye özelinde dağıtık üretim kaynaklarının mevcut durumunu analiz edebilmek için öncelikle lisanssız enerji üretiminin ülkemizdeki gelişimi incelenmelidir. Konuyla ilgili düzenlemeler, öncelikle büyük ölçekli kurulumları teşvik edecek şekilde yürürlüğe girmiş, sonrasında yürürlüğe sokulan yeni yönetmeliklerle çatı-üstü güneş FV kurulumları için de mevzuat altyapısı hazırlanmıştır. Öztüketimin desteklenmesi hedefiyle dağıtık üretimin yaygınlaşmasını sağlamak için devreye alınma süreçlerinin kolaylaştırılması ve bu kaynaklardan maliyet etkin faydalar kazanılması amacıyla 2013 yılında yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik, bu konuda gerçek anlamda mevzuat altyapısının belirlendiği ilk yönetmelik olmuştur (Resmi Gazete, 2013a). Bu yönetmelik, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik (YEKDEM) ile tamamlanarak, dağıtık üretim tesislerinin sisteme verdiği fazla elektrik için YEKDEM fiyatlarından faydalanabilmesini sağlamıştır (Resmi Gazete, 2013b). Diğer bir deyişle, YEKDEM yönetmeliği hem lisanslı hem lisanssız tüm yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilişkilendirilerek lisanssız dağıtık üretim tesislerinin kurulumunda ve tesis kapasitelerinin hızla artmasında etkili olmuştur.

Ancak yönetmeliğin hedeflediği lisanssız üretim tesislerinin sadece öztüketim için kullanılması amacı, fiili durumda lisans almadan YEKDEM’den faydalanmak isteyen yatırımcılar için bir fırsat olmuştur. Bu durum, her ne kadar dağıtık üretimin kapasite gelişimine yardım etmiş olsa da lisanssız üretimin öztüketimden uzaklaşmasına vesile olan uygulama boşlukları yaratmıştır. Dolayısıyla, güneş FV projelerinin öztüketim amacıyla kurulmasından ziyade, kendi tüketimlerinden çok daha fazla kapasiteye sahip santrallerin kurulmasına yol açmıştır. Bazı uygulamalarda, yönetmelikte belirlenen şartlar lisanssız üretim kurulu gücünü 1 MW ile sınırlasa da yan yana kurulabilen tesislerin şebekeye aynı noktadan bağlanması ile daha büyük kapasitelerde olup lisanssız olarak YEKDEM’den faydalanan tesislerin devreye alındığı, lisanssız üretimin gerçek amacından uzak olan bir yapının oluşmasıyla sonuçlanmıştır.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), 2018 yılında yapmış olduğu değişiklikler ile eski Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik’i öztüketim amacıyla daha küçük ölçekli dağıtık üretim sistemlerinin yaygınlaşmasını destekleyecek şekilde düzenlemiştir (Resmi Gazete, 2018). Aynı zamanda evsel tüketiciler için bugün “Çatı Üstü GES Yönetmeliği” olarak bilinen Elektrik Piyasasında Tüketim Tesisleri ile Aynı Ölçüm Noktasından Bağlı ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri için Lisanssız Üretim Başvurularına ve İhtiyaç Fazlası Enerjinin Değerlendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslar adlı usul esaslar, 2018 yılı başında yayınlanmış ve kurulu gücü 10 kW’ı geçmeyen ve tüketim tesisleriyle aynı yerde kurulacak sistemlerin başvuru aşamasını ve sonrasındaki süreçleri düzenlemiştir (Resmi Gazete, 2018). Bağlantı anlaşması, çağrı mektubu gibi süreçleri anlatan bu yönetmelik 12 Mayıs 2019 tarihinde eski yönetmelikle birleştirilerek Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği adı altında tek bir yönetmelik haline getirilmiştir (Resmi Gazete, 2019).

Bu yönetmeliğe göre 10 kW’ı aşmayan tüketim tesisleri yine kendi bağlantı güçlerini aşmayacak şekilde çatı-üstü güneş enerjisi tesisi kurabileceklerdir. Yönetmelik kapsamında hayata geçirilen aylık mahsuplaşma uygulamasıyla birlikte, çatı üstü güneş FV sistemlerinin toplam üretim ve toplam tüketim miktarlarının aylık olarak mahsuplaşması sağlanmaktadır. Bu kurulumların şebekeye verdikleri veya çektikleri

elektrik miktarları için EPDK tarafından farklı abone gruplarına dair ilan edilen perakende tek zamanlı aktif enerji birim fiyatları uygulanmaktadır. Mevcut aylık mahsuplaşma uygulaması şu şekilde detaylandırılabilir:

1. Çift yönlü sayaçlar ile okunan veriş ve çekiş miktarı endeksleri için iki okuma arasındaki endeks farkları ilgili aydaki veriş ve çekiş miktarları olarak dikkate alınır.
2. Aradaki farklar net veriş veya net çekiş miktarı olarak kaydedilir.
3. Aktif enerji bedeli için kullanıcının kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli ile net veriş veya net çekiş miktarı çarpılır. Daha fazla çekiş olduğunda bu bedel, kullanıcıdan tahsil edilir, daha fazla üretim olduğunda ise kullanıcıya ödeme yapılır.
4. Dağıtım bedeline yönelik olarak sisteme verilen elektrik miktarı için herhangi bir dağıtım bedeli uygulanmaz. Çekilen elektrik miktarı için veriş miktarına kadar olan kısma %50 indirim uygulanır, çekişin veriş miktarını aştığı kısımlar içinse herhangi bir indirim uygulanmaz.

Bu uygulama, üretimin toplam tüketimi aştığı durumlarda kullanıcının bir dağıtım bedeli ödememesi anlamına gelmektedir. Aynı şekilde üretilen enerji kadar tüketilen enerji kısmı için %50'lik bir indirimin olması da teşvik olarak değerlendirilebilir. Dolayısıyla aylık mahsuplaşma uygulaması, öztüketim amacıyla kurulan yatırımlar için normalde üstlenecekleri elektrik tedarik maliyetlerinden kaçınmaları ve projelerin geri dönüş süresinin hesaplanmasında yatırımcılara nakit akışını tahmin etmeleri yönünde fırsat veren, dağıtık üretimin yaygınlaşmasına destek olmayı hedefleyen bir mekanizmadır.

Aylık mahsuplaşma uygulamasıyla dağıtık üretimin önümüzdeki dönemde daha da artacağı öngörülmektedir. 2021 yılının ocak ayı itibarıyla toplam güneş enerjisi kurulu güç kapasitesi 6,8 GW'a ulaşmıştır (TEİAŞ, 2021). Bu kapasitenin büyük çoğunluğunu lisanssız santraller oluştursa da çatı-üstü güneş FV kurulu güç kapasitesi, 2020 yılı sonu itibarıyla sadece 458 MW'a ulaşabilmiştir. (AA, 2021). Dolayısıyla mevcut durumda çatı-üstü güneş enerjisi kapasite kurulumu potansiyelinin oldukça altında kaldığı söylenebilir. Diğer taraftan toplamda 3,5 GW'a sahip 9.178 çatı-üstü güneş FV başvurusu mevcuttur (AA,2021). SHURA'nın (SHURA, 2020b) raporuna göre, Türkiye'deki binalar çatı üstü güneş sistemleri için 14,9 GW'lık teknik potansiyel sunmaktadır.

Dağıtık üretimden azami fayda sağlanması (esneklik hizmeti alınabilmesi, piyasalarda fiyat sinyallerine maruz bırakılması gibi), bu kaynakların organize elektrik piyasalarında yer almasını sağlayacak düzenlemelerin hayata geçirilmesiyle mümkündür. Mevcut durumda Türkiye'de bu kaynakların organize piyasalara katılımını sağlayacak mevzuat alt yapısı bulunmamaktadır. Dağıtım üretim kurumlarının başlarına elektrik piyasasında yer alamayacak kadar düşük kapasiteye sahip olmalarından dolayı, toplayıcılar ya da sanal üretim santralleri aracılığıyla ilgili piyasalara katılabilecek olmalarının önünü açacak düzenlemelere ihtiyaç olacaktır.

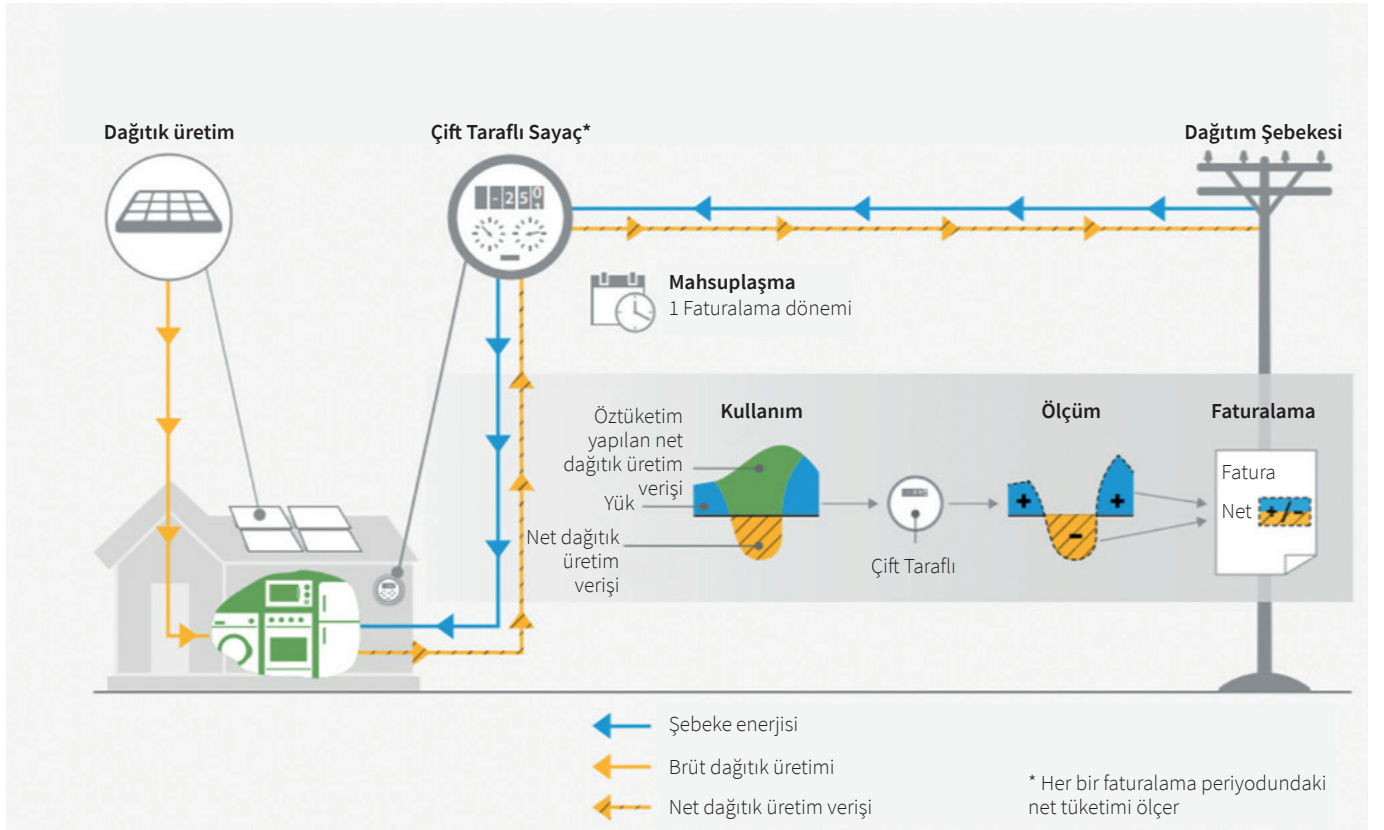
5. Çatı-üstü Güneş FV Kurulumlarının Ölçme ve Faturalamasında Kullanılan Ana Yöntemler

Elektrik sisteminin karbonsuzlaşması, sosyal ve ekonomik anlamda çok önemli faydalar sağlarken dağıtık enerji kaynaklarının yaygınlaşması bu süreci kolaylaştıran en temel unsurlardan biridir. SHURA'nın bugüne kadar yapmış olduğu çalışmaların sonuçlarına göre gelecek 10 sene içerisinde elektrik talebindeki artışın büyük çoğunluğu, düşük maliyetli ve finansmanı daha kolay olan yenilenebilir enerji teknolojileriyle karşılanabilir ve değer zincirinin uzunluğu nedeniyle istihdam açısından daha fazla fırsat sunan dağıtık enerji sistemleriyle desteklenebilir (SHURA, 2020d). Ayrıca dağıtık enerji kaynakları, elektrik sisteminin yönetilmesi konusunda da birçok fayda sağlamaktadır. Çatı-üstü güneş FV'ler de dâhil olmak üzere elektrik sistemine ve dolayısıyla topluma katkı sağlayan tüm elektrik üretim kaynakları sağladıkları fayda ölçüsünde gelir kazanmalıdır. Çatı-üstü güneş FV kurulumlarının fiyatlanması ve desteklenmesi; ölçme ve faturalama düzenlemeleri, şebekeye satış tarifi, perakende fiyat tarifi (sistem kullanım bedelleri de dâhil olmak üzere) olarak üç şekilde kategorize edilebilir. Şebekeye satış tarifi, statik ya da dinamik (zamana bağlı) olabilir. Mevcut durumda Türkiye'de şebeke ölçeğinde lisanslı yenilenebilir santraller için YEKDEM kapsamında statik tarife uygulanmaktadır. Perakende fiyat tarifi ise hacimsel (statik ya da dinamik), sabit, kapasite bazlı veya bunların kombinasyonları olmak üzere farklı şekillerde dizayn edilebilir. Ölçme ve faturalama kısmında ise üç farklı yöntem kullanılabilir: (1) Mahsuplaşma, (2) Faturalandırma, (3) Al-Sat yöntemi (SHURA'nın "Türkiye enerji dönüşümünü hızlandırmak için 2020 yılı sonrası düzenleyici politika mekanizması seçenekleri: Şebeke ölçeğinde ve dağıtık güneş ve rüzgâr enerjisi kapasite kurulumları" raporunda öztüketim sonrası şebekeye satışların yapıldığı prim/tarife modelleri de dikkate alınmıştır (SHURA, 2020c)). Bu farklı yöntemlerin uygulanması sonucu, dağıtık üretimin elektrik sistemine olan etkileri de farklı olmaktadır (NREL, 2017).

Mahsuplaşma (2019 yılında Türkiye'de aylık mahsuplaşma uygulanmaya başlamıştır): Mahsuplaşma uygulamasında müşteri ürettiği enerjiyi ilk olarak kendisi tüketmekte, sonrasında artan elektriği ise şebekeye vermektedir. Şebekeye verilen elektrik miktarı kWh cinsinden hesaplanmaktadır. Faturalama döneminde şebekeden çekilen enerji ile şebekeye verilen enerjinin farkı üzerinden net enerji miktarı hesaplanmaktadır. Faturalama dönemi, 15 dakikadan başlayıp (bu durumda net enerji ölçümünün çok faydası bulunmamaktadır) 1 yıla kadar çıkabilir. Mahsuplaşma için gelişmiş ölçüm sistemlerine gerek yoktur, tek yönlü veya çift yönlü (biri şebekeye verilen, diğeri şebekeden çekilen enerji miktarını ölçmek için) sayaçların kullanılması yeterli olmaktadır. Faturalama zaman diliminin uzaması, üreten tüketiciler için maliyeti azaltmakta, mahsuplaşma opsiyonlarını artırarak desteğin etkisini güçlendirmektedir. Mahsuplaşma yönteminde, net enerji tüketimi hesaplandıktan sonra faturalama yapıldığı için elektrik tarife fiyatının yanı sıra vergiler ve harçlar da ödenmemiş olacaktır. Eğer kurulacak güneş FV kapasitesi ilgili birimin tüketimine göre belirlenirse üreten tüketiciler, şebekeyi devamlı kullansalar bile fatura ödemelerini tamamen sıfıra indirebilirler. Bu durumda şebeke, üreten tüketiciler için ücretsiz veya oldukça düşük ücretli bir enerji depolama sistemi görevi görmüş olacaktır. Mahsuplaşma birçok ülkede çatı-üstü güneş FV'leri desteklemede ilk adım olarak kullanılan basit bir yöntemdir. Ancak mahsuplaşma uygulamasının bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Öncelikle bu yöntem, elektriğin fiyatını zamandan bağımsız olarak statik kabul etmektedir. Statik hacimsel tarifelerde üreten tüketici elektrik fiyatının düşük olduğu zamanlarda şebekeye elektrik verirken de aynı fiyat üzerinden destek almaktadır.

Ayrıca fiyata göre yük kaydırma işlemlerine ek bir teşvik sağlanmamaktadır. İkinci olarak bu uygulama çatı-üstü güneş FV yatırım maliyetlerinin şebeke paritesinden yüksek olduğu durumlarda devreye girerse, bu kaynakların gelişimine verilen destek miktarı sınırlı kalacaktır. Ancak çatı-üstü güneş FV yatırım maliyetlerinin düşmesi, perakende tarife fiyatlarının sabit kalması veya yükselmesi nedeniyle tüketicilere olan toplam fayda artmaktadır. Bu durumda yatırımlar kendi kendini karşılayabilecek ve düzenleyici kurumlar çatı-üstü güneş FV yatırımlarının artmasının sağlanması veya sınırlandırılması noktalarında çok az bir etkiye sahip olacaktır. Düzenleyici kurumlar şebekeye olan bağlantılar için sınırlamalar getirebilir, faturalama süresini düşürebilir veya mahsuplaşma sistemini değiştirebilir. Son olarak ise sistemde çok fazla dağıtık üretimin bulunduğu senaryolarda mahsuplaşma uygulamasına devam etmek, çatı-üstü güneş FV kurulumu sahibi olup şebekeye katkıda bulunmayan kullanıcıların yüksek sayısı nedeniyle dağıtım sistemi operatörüne daha yüksek seviyede ödeme yapmak zorunda kalan diğer tüketiciler için haksız durumlar ortaya çıkaracaktır. Ayrıca dağıtık üretimin yüksek seviyede entegrasyonu durumunda, şebekeye yatırım yapılması gerekliliği doğabilecek ve bu yatırımların bedeli küçük bir grup tarafından karşılanmak zorunda kalacaktır (Şekil 5).

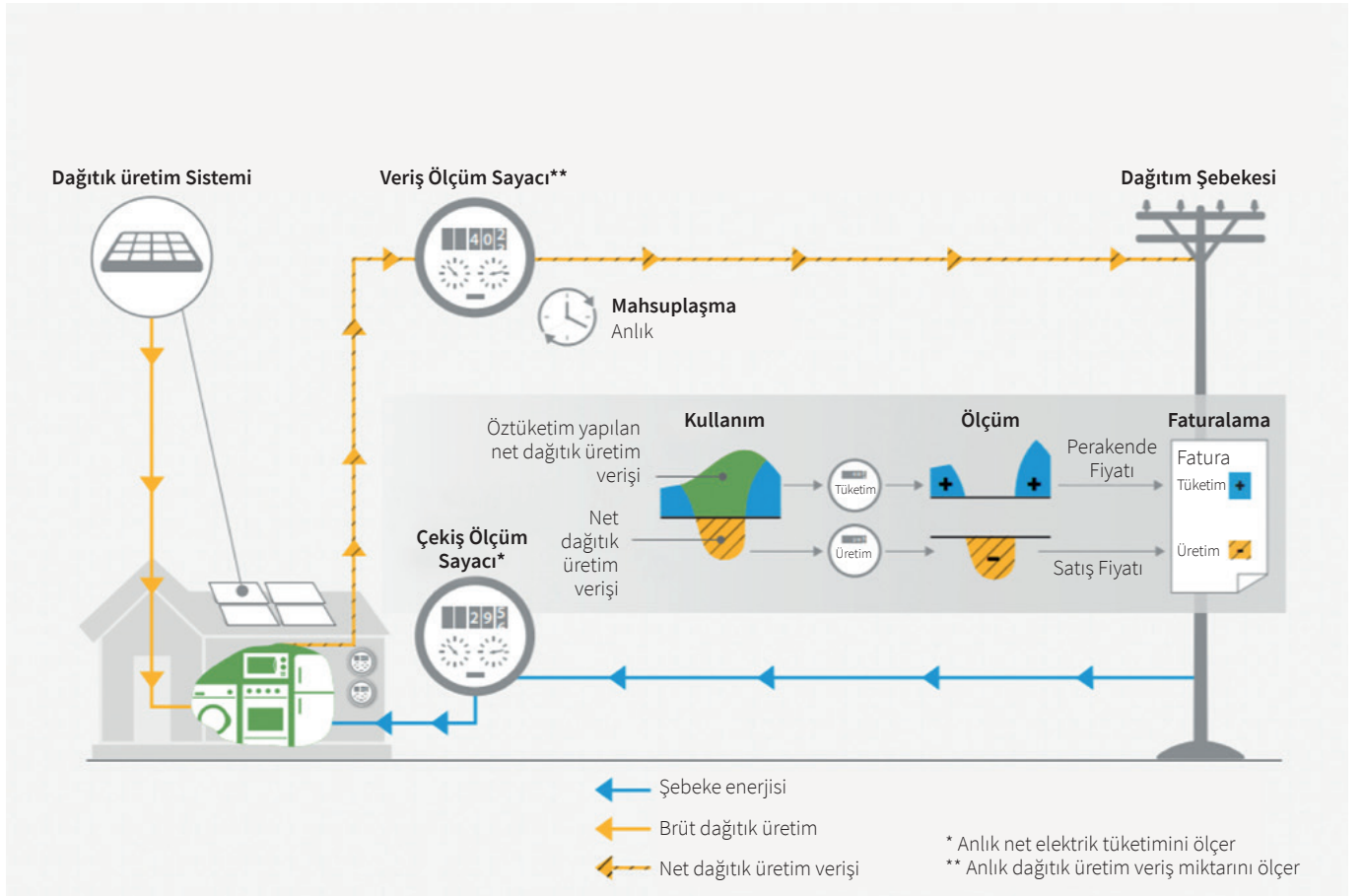
Şekil 5: Mahsuplaşma yöntemi



Kaynak: NREL, 2017

Faturalandırma: Faturalandırma yönteminde kullanıcı ürettiği elektriği mahsuplaşma uygulamasındaki gibi öztüketim için kullanabilmektedir. Ancak bu yöntemde öztüketim fazlası elektrik ile tüketilen arasında bir mahsuplaşma olmamaktadır. Bunun yerine tüm enerji verişleri önceden belirlenen bir tarife⁴ ile anlık olarak hesaplanmakta ve net tüketim perakende fiyat tarifesi üzerinden ayrı olarak faturalandırılmaktadır. Faturalandırma yönteminde, şebekeye verilen ve şebekeden alınan enerjiyi ayrı olarak ve gerçek zamanlı ölçebilmek için gelişmiş bir sayaç sistemine ihtiyaç vardır. Bu yöntemin sağladığı avantaj, elektriğin şebekeden alışlarını ve şebekeye verişlerini ayrı olarak hesaba katması ve aynı zamanda öztüketime de izin vermesidir. Zamana bağlı fiyatlandırma olması durumunda ise bu yöntem sistemin esnekliğini artırmaktadır (Şekil 6).

Şekil 6: Faturalandırma yöntemi

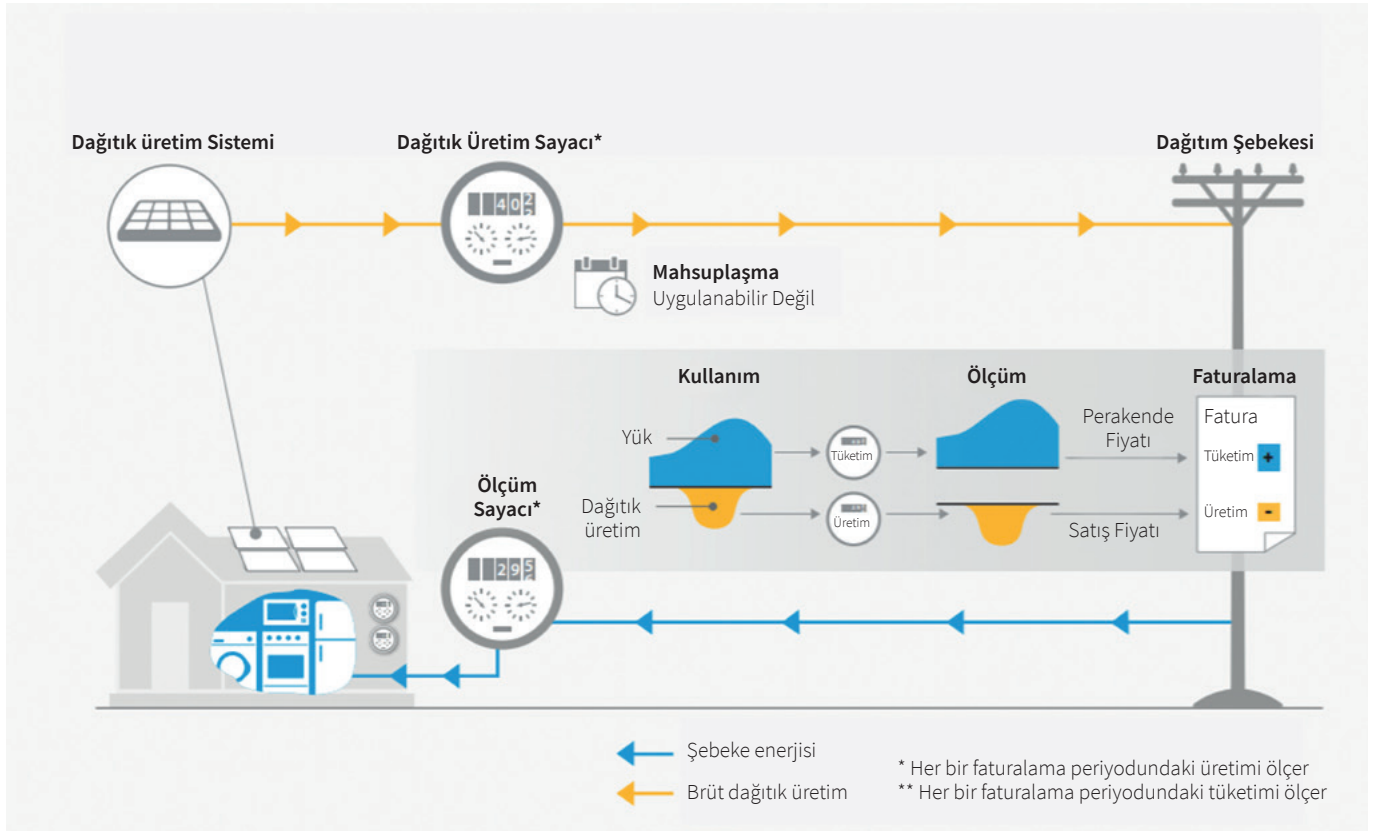


Kaynak: NREL, 2017

Al-Sat yöntemi: Al-Sat yöntemi, şebekeden alınan ve şebekeye verilen elektriği ayrı ayrı dikkate almaktadır. Kullanıcı ürettiği elektriği tüketmemektedir. Böylece üretilen elektrik, tüketim profilini değiştirmezken, şebekeye verilen elektrik tarife ile ödüllendirilmektedir. Bu yöntem, mahsuplaşma uygulamasına benzer bir şekilde iki adet tek yönlü sayaç kullanılarak yapılabilmektedir. Buradaki kritik nokta, şebekeye veriş tarifesini hedeflenen dağıtık üretim (çatı-üstü güneş FV) yatırım seviyesine ulaşmaya yönelik olarak belirlemektir. Al-Sat yöntemi, elektriğin zamana bağlı fiyatını yansıtabilmektedir, böylece hem perakende fiyat hem şebekeye veriş tarifesini zamana bağlı olarak belirlenebilmekte, talep tarafı katılımı da teşvik edilmektedir. Ayrıca şebekeye verilen elektriğin fiyatı lokasyon bazlı olarak da belirlenebilmektedir (Şekil 7).

⁴ Veriş tarifesini birçok farklı yolla belirlenebilir ve görece geniş bir aralıkta, zamanın, yerin, önlenen emisyonların ve yakıtların veya diğer faydaların "güneşin değeri" olarak dikkate alınmasına bağlı olarak değişir. NREL dokümanına bakınız. <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/62361.pdf>.

Şekil 7: Al-Sat yöntemi



Kaynak: NREL, 2017

Tablo 3: Çatı-üstü Güneş FV Kurulumlarının Ölçme ve Faturalamasında Kullanılan Ana Yöntemlere Genel Bakış⁵

	Mahsuplaşma	Al-Sat	Faturalandırma
Öztüketime İzin Verme	Evet	Hayır	Evet
Mahsuplaşma	Faturalama Periyodu	Faturalama Periyodu	Anlık
Ölçülen ve Faturalanan Miktarlar	1- Faturalama periyodu içerisindeki net tüketim 2- Sonradan düşülmek üzere fazladan şebekeye verilen enerji	1- Faturalama periyodu içerisindeki brüt tüketim 2- Faturalama periyodu içerisindeki brüt üretim	1- Faturalama periyodu içerisindeki anlık net tüketim 2- Faturalama periyodu içerisindeki anlık net fazladan şebekeye verilen enerji miktarı
Satış Fiyatı Uygulanabilirliği	Fazladan şebekeye verilen enerji için, sıfırlanma zamanında	Brüt DEK üretimi için	Anlık şebekeye verilen enerji için
DEK'in Kullanıcıya Fayda Kalemleri	- Öztüketim ve şebekeye verilen enerji için perakende fiyatları - Sıfırlanma zamanında net fazladan üretim için satış fiyatı	Brüt DEK üretimi için satış fiyatı	- Anlık öztüketim için perakende fiyatı - Anlık fazladan şebekeye verilen enerji için satış fiyatı
Fazla Üretimin Faturalama Periyotları Arası Kullanılabilirliği	Evet	Hayır	Hayır
Ana Faydalar	Basitlik	- Dağıtım şirketi için azalmayan dağıtılan enerji miktarı - DEK üretimi için daha hassas mahsuplaşma potansiyeli	- Net veriler için daha hassas mahsuplaşma potansiyeli - Öz-tüketime teşviki (tercih edildiği durumlarda)

Kaynak: NREL, 2017

⁵ SHURA'nın "Türkiye enerji dönüşümünü hızlandırmak için 2020 yılı sonrası düzenleyici politika mekanizması seçenekleri: Şebeke ölçeğinde ve dağıtık güneş ve rüzgâr enerjisi kapasite kurulumları" raporunda öztüketim sonrası şebekeye satışların yapıldığı prim/tarife modelleri de dikkate alınmıştır, (SHURA, 2020c)

Mahsuplaşma uygulaması, dağıtık üretime sahip tüketicilerin sağladığı fayda ve yarattığı maliyetlerin tüm tüketiciler arasında paylaşılmasına sebep olurken; Al-Sat ve Faturalandırma yöntemleri şebeke ve piyasa maliyetlerinin dağıtık üretim sahiplerine yarattığı maliyetler orantısında yansıtılmasına fırsat verir ve yüksek oranda dağıtık üretim entegrasyonunda bile sistem maliyetlerini dağıtık üretime sahip olmayan tüketicilere yüklemes. Al-Sat yönteminin dezavantajı ise çoğu tüketicinin istekli olmasına rağmen öztüketime izin vermemesidir. Faturalandırma yöntemine baktığımızdaysa gelişmiş altyapı kurulumu, sayaç verisi süreçleri, zamana bağlı elektrik fiyatının belirlenmesi, tahmin ve dengeleme hesaplamaları gibi gereklilikler karşımıza çıkmaktadır.

Avrupa Enerji Düzenleyicileri Konseyi; sistemin bedava depolama özelliği sunması, elektrik üreten tüketicilerin sadece net tüketimden sonra hesaplanan ve genellikle çok küçük bedellere tekabül eden şebeke kullanım bedeli ve vergileri ödemesi nedeniyle mahsuplaşma yönteminin kullanılmasını önermemektedir. İlave olarak bu yöntem, tüketicilerin zamana bağlı değişken elektrik fiyatlarına gösterdiği hassasiyeti azalttığı için tüketicilerin daha aktif rol alacağı bir talep tarafı katılımı sisteminin gelişmesini engelleyerek sistemin esnekliği de azaltmaktadır. CEER, sanal enerji paylaşımı da dâhil olmak üzere tüm enerji alış verişlerinin aynı dengesizlik uzlaştırma periyodu içerisinde tamamlanmasını sağlayacak bir yapı önermektedir (CEER, 2016). Avrupa mevzuatı, yeni kurulumlarda mahsuplaşma yönteminin kullanılmamasını gerektirmektedir. 31 Aralık 2023 tarihinden itibaren şebekeye verilen ve şebekeden alınan elektriği ayrı olarak ölçemeyen Üye Devletler, ilgili haklardan ve teşviklerden faydalanamayacaktır.



6. Dağıtık Üretimin Entegrasyonu ile Elde Edilebilecek Potansiyel Faydalar

Dağıtık üretimin şebeke ve piyasa entegrasyonu, her geçen gün daha önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Dağıtık üretim kapasitesindeki günden güne yaşanan artış, geleneksel enerji sistemlerini farklı bir boyuta taşıyarak elektrik akışının iletimden dağıtıma ve en nihayetinde tüketiciye olan olağan yönünü tersine çevirmektedir. Bu dönüşüme aracılık eden dağıtık üretim, elektrik şebekesi için birçok potansiyel fayda ve fırsat sunmaktadır. Bu bölümde farklı paydaşlar için dağıtık enerji kaynaklarının yaygınlaşmasıyla elde edilebilecek olan potansiyel faydalar özetlenmeye çalışılmıştır.

Tüm elektrik sistemi açısından;

- Konvansiyonel enerji üretim santralleri tarafından üretilen elektriğin bir yerden bir yere taşınmasında kayıplar söz konusu olacaktır. Dağıtık üretimin artmasıyla birlikte, inşa edilen yüksek gerilim hatlarının yani iletim şebekesinin üzerindeki yükün azalması sağlanacaktır. Konvansiyonel elektrik üretim santrallerinin kurulabilmesi için gerekli fiziksel şartlar çoğunlukla yerleşim alanları dışında ve tüketimden uzak olan noktalardadır. Örneğin, ülkemiz özelinde üretim santralleri genellikle Anadolu'da farklı bölgelerde konumlanmış olmasına karşın elektrik tüketimi yoğunlukla Marmara Bölgesi civarında gerçekleşmektedir. Bu durum, yüksek miktarda elektriğin iletim hatlarıyla doğudan batıya doğru taşınması anlamına gelmektedir. Tüketim noktalarında dağıtık üretimin artmasıyla bu enerji akışı da giderek azalacak ve iletim hatları üzerindeki yük rahatlayacaktır. Bu durum, tüm elektrik sisteminin daha verimli çalışması, enerji kayıplarının ve maliyetlerin azalması anlamına gelecektir.
- Dağıtık üretimin artmasıyla, yüksek maliyetli konvansiyonel elektrik santral yatırımlarına olan ihtiyaç azalacaktır.
- İthal yakıt maliyetlerine bağımlılık azalacaktır. Bu durum, Türkiye cari açığının azalmasına katkı sağlayacaktır.
- Mikro şebekelerin oluşmasıyla toplam enerji dengesizliği ve şebeke planlama ihtiyacı azalacaktır.

İletim sistemi işletmecisi (TEİAŞ) açısından;

- İletim hatları üzerindeki yüklerin azalmasıyla, iletim şebekesi yatırımları azalacaktır.
- Tüketim noktalarına yakın olan dağıtık üretim kaynakları, elektrik sisteminin esnekliğini artıracaktır.
- Şebekenin ve bölgesel kısıtların yönetilmesine katkı sağlayacaktır.
- Dağıtık üretim tesisleri iletim sistemi operatörü için primer ve sekonder ve de tersiyer kontrol rezervleri oluşturabilir. Anlık üretim gücü kısıtlanabilen üretim tesisleri, iletim sistemi operatörü tarafından talep edilmesi halinde bu amaçla kullanılabilir. Bu aynı zamanda diğer üretim tesisleri için de rezerv gereksinimini azaltacaktır.

Dağıtım sistemi işletmecileri (EDAŞ'lar) açısından;

- Dağıtım şirketleri DEK'leri optimum şekilde yöneterek sistem kısıtlarını önleyebilir. Dağıtım şebekesinin anlık yüklenmeleri dağıtım şirketi tarafından sürekli takip edilmekte, hat ve trafo yüklenmeleri SCADA sistemleri tarafından anlık gözlemlenebilmektedir. Herhangi bir noktada oluşan yüklenmelere karşın dağıtık üretim tesisleri kullanılarak yapılabilecek kontroller dağıtım şebekesinde anlık kısıtların yönetilmesi için kullanılabilir, şebekede ortaya çıkan elektrik kesintilerine karşın kesintiden etkilenen kullanıcı sayısının azaltılması sağlanabilir.
- Dağıtık enerji üretim tesislerinin yarattığı üretim kapasitesi ile birlikte dağıtım

şebeke yatırımları da gecikebilir veya hiç yapılmayabilir. Ancak dağıtık üretimdeki artışın çok fazla olduğu durumda ilave yatırım ihtiyacı doğabilir.

- Dağıtım şirketleri, dağıtık enerji kaynaklarını kullanarak gerilim desteği, kısıt ve puant yük yönetimi gibi esneklik hizmeti sunabilir.

Elektrik piyasaları açısından;

- Dağıtık üretimin artmasıyla toptan elektrik piyasalarında işlem gören talep miktarı azalacak ve daha az elektrik talebi Gün Öncesi Piyasası fiyatını (Arz-talep eğrisi etkisi) düşürecektir.
- Dağıtık üretimin, toptan satış piyasalarına doğrudan ya da sanal elektrik santralleri (talep toplayıcılar) aracılığıyla katılımıyla fiyat sinyallerine maruz bırakılması, sistemin verimli işlemesine katkı sağlar. Aynı zamanda talep toplayıcıların portföylerinde yer alarak toptan satış piyasalarında dengesizliklerin azalmasına katkı sağlayabilir.
- Talep toplayıcılar aracılığıyla dengeleme güç piyasası ve yan hizmetler piyasalarına katılarak esneklik hizmeti sağlayabilir.
- Gün İçi Piyasa'nın işlem hacminin artmasını sağlayarak, gerçek zamanlı dengesizlikleri azaltabilir.
- Reaktif enerji ve gerilim kontrolü hizmetleri, dağıtık enerji kaynaklarının sahip olduğu çeviricilerin yönetimi ile hizmet olarak sunulabilir.
- Sanal elektrik santralleri gibi yenilikçi iş modellerinin oluşmasına ve elektrik piyasalarının daha verimli çalışmasına katkı sağlayabilirler. Bu sayede, dağıtık enerji kaynakları kendilerine yeni finansal gelir akışları sağlayabilir.

Dağıtık üretime sahip tüketiciler açısından;

- Dağıtık üretime sahip tüketiciler, öztüketimi artırarak piyasada oluşan fiyat dalgalanmalarından (spot piyasa ve tarife fiyatlarından), şebeke (dağıtım tarifesi) maliyetlerinden ve diğer bedellerden kaçınma fırsatı yakalayabilirler.
- Sayaç arkası enerji depolama sistemleriyle birleştirildiğinde şebekeden bağımsız öztüketimleri için kesintisiz elektrik tedariki sağlayabilirler. Böylece şebekede oluşacak elektrik kesintilerinden etkilenmezler. Yük kaydırma yaparak kazanç sağlayabilirler.
- Talep toplayıcılar aracılığıyla esneklik hizmeti sunabilirler ve organize toptan elektrik piyasasına katılarak yeni gelir akışı sağlayabilirler.
- P2P elektrik ticareti yapabilirler.

Dağıtık üretim aynı zamanda küçük yatırımcıların, enerji sektöründe yenilenebilir enerji yatırımcısı olmasına fırsat sunarken yenilikçi iş modellerinin ortaya çıkmasında ve istihdamın artmasında da kritik rol oynar. SHURA'nın "Türkiye'de Enerji Dönüşümünün Sosyoekonomik Etkileri" çalışması kapsamında incelenen çeşitli araştırmalar, çatı-üstü güneş FV sistemlerinin yarattığı istihdamın, şebeke ölçeği güneş enerjisi yatırımlarına kıyasla yaklaşık iki kat daha fazla olduğu göstermektedir.

7. Dağıtık Üretimin Artması ile Yaşanabilecek Olası Zorluklar ve Çözümleri

Artan dağıtık üretim miktarının şebeke işletimi üzerinde teknik etkisi, doğrusal olmamakla birlikte belirli bir seviyede, bölgesel özelliklere bağlı olarak çok daha belirgin hale gelir. Bu bölümde dağıtık üretimin artmasıyla karşılaşılabilecek olası bazı zorluklar ve bunların çözümleri, küresel ölçekteki en iyi örneklerden yola çıkarak detaylandırılmıştır.

7.1. Dengeleme

Rekabetçi bir elektrik piyasasının kurulumunda en önemli faktörlerden biri, piyasa katılımcılarının kendi üretim ve tüketimlerinden kaynaklanan dengesizlik maliyetlerinden sorumlu olmasıdır. Elektrik perakende satış piyasasında meskenler için bu sorumluluğu oluşturmanın maliyeti, sanayi için olana kıyasla daha yüksektir ve katma değeri daha düşüktür. Avrupa, Amerika ve Türkiye, mesken kullanıcıları kaynaklı dengesizliği optimize etmiş ve bunların tahminini (dağıtım şirketleri ya da görevli tedarik şirketleri tarafından oluşturulan yük profilleri yoluyla) merkezileştirmiştir. Bu sayede dengesizlik maliyeti de tüm kullanıcılara yansıtılmaktadır. Dağıtık enerji kaynaklarıyla birlikte bu yaklaşımda yeni zorluklar karşımıza çıkacaktır. Elektrik üreten tüketiciler, mahsuplaşma modellerine göre davranacaklar ve standart yük profilleri bu kullanıcılar için yetersiz kalacaktır. Dağıtık üretimle birlikte dengesizlikler de artabileceği için maliyetlerin tüm kullanıcılara yansıtılması sürdürülebilirlik açısından çeşitli sorunlar doğurabilir. TEP, üreten tüketicilerin ve tüketici topluluklarının kendi dengesizliklerinden sorumlu olmaları gerektiğini ifade etmektedir. Bunun için dengeden sorumlu grup kurabilirler veya bu yükümlülüklerini başka kurumlardan hizmet alarak yerine getirebilirler⁶.

Almanya – Üreten tüketiciler için dengeleme gereksinimleri

Almanya’da, Türkiye’de olduğu gibi üreten tüketiciler dengeden sorumlu değillerdir. Dağıtım şirketleri, çatı-üstü güneş FV kurulumlarına sahip kullanıcılar dahil tüm kullanıcılar için perakende şirketlerine yük profilleri sunmaktadır. Dengesizlik maliyetleri, dağıtım bedeli içerisinde tüm kullanıcılara yansıtılmaktadır. Bu durum, görevli tedarik şirketlerinin üreten tüketicilere mecburi enerji sağlayıcıları olarak davranmasına sebep olmaktadır. Görevli tedarik şirketleri, 500 kW altındaki yenilenebilir enerji tesislerinin dengesizlik maliyetlerinden sorumludur.

Almanya’daki ilk nesil güneş FV kurulumları için olan destekleme süresi dolmak üzeredir ve şu anda bu kurulumların yeni bir düzenleme ile aktif tutulup tutulmaması durumu tartışılmaktadır. Küçük çaplı güneş FV kurulumları, 20 yıl boyunca üretilen her bir kWh için alım garantisiyle desteklenmişken; tüketilen enerji miktarı için normal perakende aktif enerji bedeli üzerinden ödeme yapmışlardır (Al – Sat modeli). Gelişmiş ölçüm altyapısı yatırımı ve planlama gerekliliği için maliyetler küçük çaplı yatırımların yapılmasını engellediği için bazı çatı-üstü güneş FV sahipleri ve perakende şirketleri Standart Yük Profilleri (SYP) üzerinden mahsuplaşma yapılmasını desteklemiştir⁷. Bu yaklaşımda dengesizlik yüzünden sistem rezervlerinin artması gerekebilir ve bu da tüm kullanıcılar için daha yüksek maliyetler anlamına gelecektir. Örneğin, yüksek miktarda dağıtık üretim kurulumu gerçekleştirildiğinde ve bu yaklaşım takip edildiğinde,

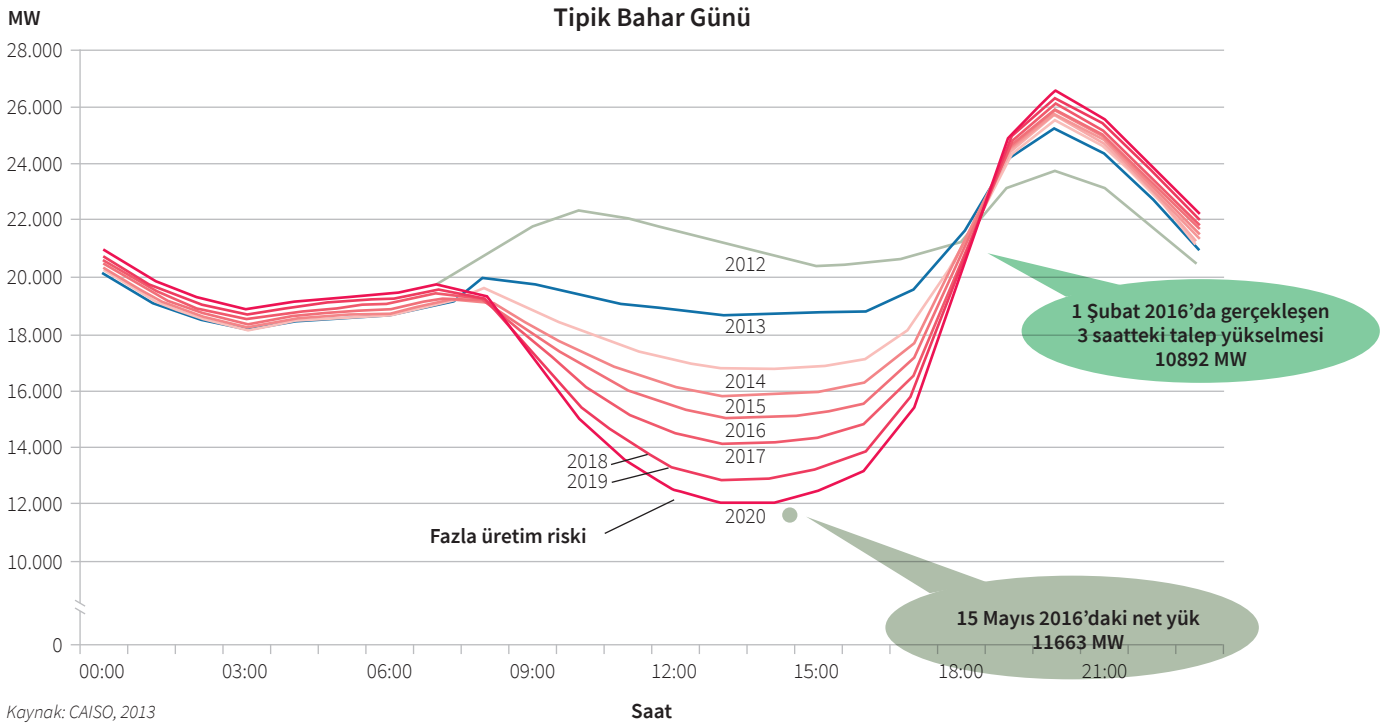
⁶ 400 kW’a kadar yenilenebilir enerji üniteleri, sistem gereksinimleriyle uyumluysa bu dengeleme sorumluluğundan muafır.
⁷ Perakende şirketlerinin yayınları için: http://www.sfv.de/artikel/gutachten_leistungen_und_kosten_beim_weiterbetrieb_von_pv-altanlagen.htm and <https://media.sonnen.de/de/media/2326/download/inline>

kapasitesi yüksek bir batarya yatırımı yapılması da gerekebilir. Bu sebeple Yenilenebilir Enerji Direktifi'nde, öztüketim amacıyla kurulan tesislerde akıllı sayaçların kurulması zorunlu hale getirilmiş, destek süresi sona ermiş olan ve yeni kurulumlarda SYP üzerinden mahsuplaşma yapılmasına izin verilmemiştir.

7.2. Ani Talep Değişimleri

Güneş ışımasındaki değişimle orantılı olarak toplam güneş FV üretimi de değişmekte olup, bu süreçte ısımanın kalitesine göre gün içerisinde ani farklılıklar görülebilmektedir. Üretimin aniden azalması ya da artması, şebeke işletmecisi açısından toplam görünen net talebin ani değişimleri olarak görülür. Güneş FV kurulumlarındaki artışla birlikte, gün ortasında giderek daha yüksek miktarda üretimin şebekeye verilmesi ve akşamüstü bu tesislerin toplu bir şekilde üretimlerinin aniden azalması durumu ortaya çıkacaktır. Bunun yanı sıra her geçen yıl puant talebin de artışı, güneş FV üretiminin devreden ani çıkışıyla birlikte sistemin daha esnek olması ve konvansiyonel üretim tesislerinin hızlı bir şekilde devreye girmesini gerektirecektir. Toplam yükteki bu değişim, Kaliforniya Bağımsız Sistem Operatörü CAISO'nun ünlü ördek eğrisi ile gösterilebilir.

Şekil 8: Artan güneş FV kurulumu ile Kaliforniya'daki günlük net yük miktarının durumu (2013) ve tahmini gelişimi



Güneş enerjisi kurulumlarının daha yüksek entegrasyonu için pek çok yaklaşım önerilmiştir. Amerikan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) bunları sistem planlama ve işletimi için iki farklı kategoride toplamaktadır (NREL, 2015). İlk yöntem, bu eğrinin daha fazla güneş FV entegrasyonu ile eğilmesi durumunu yönetmek için şebekedeki konvansiyonel enerji kaynaklarının daha esnek olmasını sağlamaktır. Daha önemli olan ikinci yaklaşım ise bu eğrinin talebin ve üretimin eş zamanlı olarak kullanımının sağlanması ile düzleştirilmesini öngörmektedir. Bu durum, talebin talep tarafı katılımı aksiyonlarıyla yönlendirilmesi ya da üretimin enerji depolama uygulamalarıyla talebin yoğun olduğu zamanlara kaydırılmasını içermektedir (Lazar, 2014).

Ördek eğrisi, şebekede bulunan güneş FV üretimi artıkça görülen sistemik bir değişimdir. Ayrıca bu tesislerin değişken üretim profillerine sahip olması, toplam elektrik arzının daha esnek olmasını ve iyi tahmin edilmesini gerektirecek, talepte ani dalgalanmalara sebep olacaktır.

Dağıtım şirketleri açısından bakıldığında bu durum belirli saatlerde şebeke kısıtları oluşmasından dolayı artan yatırım ihtiyacı olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretimin ve tüketimin eş zamanlı hale getirilmesi, bu sorunu çözecektir. Bunun gerçekleşmesi için hem perakende hem dağıtım tarifelerinin, hane halkını piyasa ve şebeke koşullarına göre tüketimini ayarlaması yönünde teşvik etmesi gerekir. Elektrik sistemindeki kısıtlar, çok zamanlı tarife yapılarıyla perakende ve dağıtım tarifelerine yansıtılmalıdır. Farklı birçok ülkede bu tarz uygulamalar kullanılmaktadır.

Tablo 4: Zamana göre değişen tarife örnekleri

Bölgeler	Tarife Türü	Uygulama	Katılım
Kanada	Çok Zamanlı Tarife	Varsayılan	%90 (3,6 milyon)
Fransa	Çok Zamanlı Tarife	İsteğe bağlı	%50
İngiltere	Çok Zamanlı Tarife	İsteğe bağlı	%13 (3,5 milyon)
Hong Kong	Puant Zaman İadesi	İsteğe bağlı	27.000
İtalya	Çok Zamanlı Tarife	Varsayılan	%75-90
İspanya	Gerçek Zamanlı Fiyatlandırma	Varsayılan	%40
Arizona	Çok Zamanlı Tarife	İsteğe bağlı	%36-57
Kaliforniya	Çok Zamanlı Tarife	Varsayılan	%75-90
Colorado	Çok Zamanlı Tarife	Zorunlu	%100
İllinois	Gerçek Zamanlı Fiyatlandırma	Varsayılan	50.000
Maryland	Puant Zaman İadesi	İlk girişte	%80
Michigan	Çok Zamanlı Tarife	Varsayılan	%75-90
Oklahoma	Değişken Puant Fiyatlandırma	İsteğe bağlı	%20 (130.000)

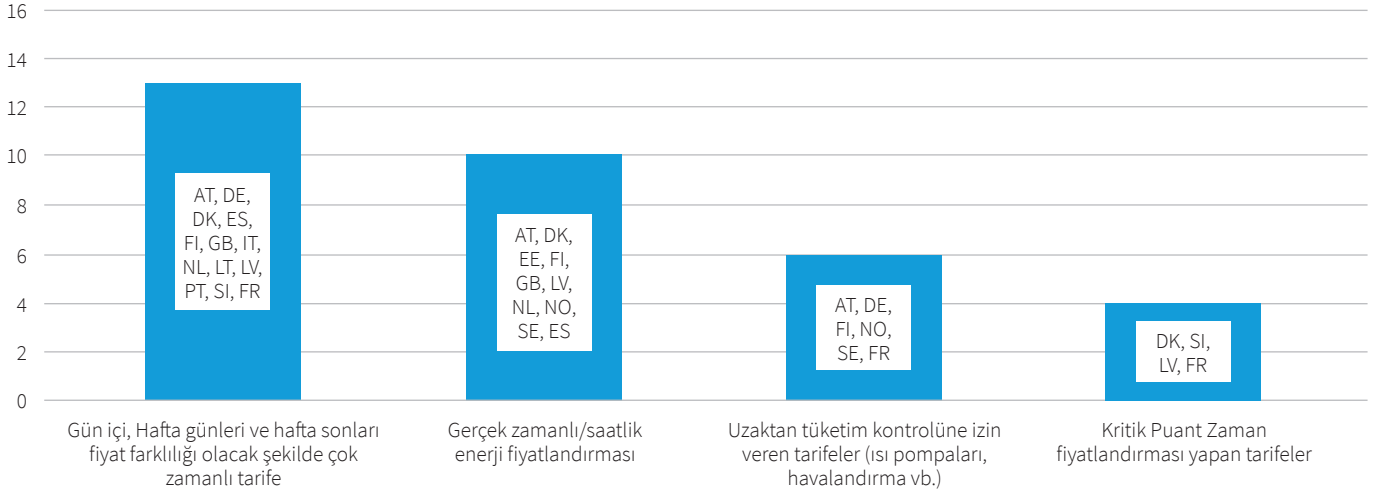
Kaynak: Faruqi and Bourbonnais, 2020

Avrupa'da çok zamanlı aktif enerji fiyatlandırması, çok zamanlı dağıtım bedellerinden daha yaygın olarak kullanılmaktadır. AB Üye Devletlerinde, birbirinden farklı çok zamanlı tarife yapıları uygulanmaktadır. Türkiye'de elektrik tüketicileri, isteklerine bağlı olarak üç zamanlı ya da tek zamanlı aktif enerji tarifi kullanabilmektedirler. Avrupa'da ülkelerin kullandığı çok zamanlı tarifeler Şekil 9'da özetlenmiştir.

2019 yılında yayımlanan Avrupa Elektrik Direktifi ve Yönetmeliği'ne göre akıllı sayaçlara sahip son tüketiciler, en az bir tedarikçiyle ve/veya 200.000'den fazla son tüketicisi olan her tedarikçiyle dinamik bir elektrik fiyatı sözleşmesi yapabilme hakkına sahiptir. Bu durum, akıllı sayaçların kullanılmasıyla birlikte tüketicilerin piyasalara katılımını kolaylaştırmak amacıyla hayata geçirilmiştir.

Şekil 9: AB Üye Devletleri ve Norveç'te akıllı sayaçlar sayesinde uygulanan farklı elektrik ürünleri - 2019

Üye Devlet Sayısı



Kaynak: ACER, 2020

Birleşik Krallık'ta küçük bir enerji tedarikçisi olan Octopus Enerji, öncelikle elektrikli araçlar ve ısıtıcılar için olmak üzere tüketimlerini esnetebilen tüketiciler için tasarlanan akıllı tarife uygulamasını başlatmıştır. Octopus Enerji'nin uyguladığı tarifede, yarım saatlik toptan piyasa fiyatları ile doğrudan ilişkili yarım saatlik fiyatlar sunulmaktadır. Şirket, tüketicilerin tüketimlerini uyarlayabilmeleri için akıllı telefon uygulaması aracılığıyla bir sonraki günün geçerli tarifesini son tüketicilere saat 16:00'da bildirmektedir. Bu tarifeye kaydolmanın ön şartı olarak, yarım saatlik tüketim ölçümleri yapabilen ve bunları faturalama için tedarikçiye gönderebilen bir akıllı sayaça sahip olunması gerekmektedir. Tüketiciler, toptan satış fiyatları sıfırın altına düştüğünde bilgilendirilir ve bu zaman dilimlerinde elektrik tüketirlerse karşılığında ödeme alırlar (RAP, 2019a). Aboneler, "Energy Tracker" aracılığıyla günlük fiyat bilgilerini izleyebilirler. Avrupa'da ise şebeke tarife tasarımına ilişkin eğilim daha karmaşıktır. Yönetmelik, düzenleyici kuruluşların tarifeleri veya metodolojilerini belirlerken veya onaylarken zamana göre farklılaştırılmış şebeke tarifelerini dikkate almalarını gerektirmektedir. Ancak aynı zamanda tarifelerin sabit maliyetleri yansıtmaması gerektiğini de önermektedir. Sabit maliyetler aslında sabit tarifeleri gerektirmese de bu referans kolayca sabit bir tarife unsurunun gerekçesi olarak yorumlanabilir.

Danimarkalı dağıtım şirketi Ravdex (önceden Radius) 100.000 kWh üzeri yıllık tüketime sahip olan sanayi ve ticarethane kullanıcıları için çok zamanlı tarifeler sunmaktadır. Bu tarifeler, mesken ve diğer ticarethane ve sanayi kullanıcılarını da dâhil edecek şekilde geçtiğimiz süreçte genişletilmiştir. Bunun sebebi akıllı şebeke altyapısının artık bu tarz tarifelerin uygulanabilmesine olanak vermesidir. Tarife, sabit bir maliyet ve tüketim miktarına bağlı değişken bir maliyetten oluşmaktadır. Ekim-Mart ayları arasındaki en yüksek tarife hafta içi 07.00 ile 20.00 arasındadır. Orta seviyeli fiyatlandırmayı içeren tarife ise Nisan-Eylül ayları arası hafta içi 07.00 ile 23.00 ve Ekim-Mart ayları arası 06.00-07.00 ve 20.00-24.00 arasında uygulanmaktadır. Hafta sonu, resmi tatiller ve geri kalan zaman dilimleri için de minimum tarife uygulanmaktadır.

7.3. Üreten Tüketicilerin Şebeke ve Piyasa Koşullarına Göre Davranabilmesi

Elektrikli cihazlar, elektrikli araçlar, batarya enerji depolama ve çatı-üstü güneş FV sistemleri dâhil olmak üzere sayacın arkasındaki tüm uygulamalar, elektrik sistemi perspektifinden net yük olarak görülmektedir. Sonuç olarak; enerji ve şebeke

maliyetlerinin fiyatlandırılması, müşterileri/tüketicileri yalnızca kendi bakış açılarından değil (çatı-üstü güneş FV kurulum amacına bakılmaksızın) aynı zamanda sistem perspektifinden de şebekeye faydalı olacak şekilde hareket etmelerini sağlayacak şekilde düşünülmelidir. Bu yaklaşım, şebekeden çekilen elektriğin sistemde üretimin bol olduğu zamana denk getirilmesi anlamına gelmektedir. Buradaki en önemli nokta ise puant talebin artırılmaması hatta azaltılmasıdır. Genel olarak perakende fiyatları ve rekabetçi perakende piyasalarında şebeke tarifeleri, tüketicileri sayaç arkasını optimize etmeye teşvik edecek şekilde tasarlanmalıdır, böylece net yük sisteme fayda sağlar ve diğer sistem kullanıcıları için maliyet oluşturmaz. Aşağıdaki örnekler, mahsuplaşmanın eksikliklerinin birçok düzenleyici tarafından kabul edildiğini ve bazı potansiyel alternatifler önerdiğini göstermektedir.

Hawaii

Hawaii, son yıllarda dağıtık üretim açısından en büyük gelişimin yaşandığı bölgelerden biridir. Elektrik üretimi için ithal fosil yakıtlara yoğun bağımlılığı nedeniyle, ABD'deki en yüksek elektrik fiyatlarına sahiptir. Öte yandan, Hawaii hemen hemen her türlü yenilenebilir enerji kaynağı açısından yüksek potansiyele de sahiptir (Hawaii Electric, 2021a). Mesken tüketicileri, 2001 ile 2015 yılları arasında mahsuplaşma yöntemiyle desteklenmiştir. Bu süreç, 60.000'den fazla tüketicinin çatı-üstü güneş FV sistemi kurmasıyla (487 MW) sonuçlanmıştır (Hawaii Electric, 2021b). Tüketiciler, her ayın sonunda güneş FV üretimlerinden fazla gerçekleşen tüketimlerini ödemektedir. Fazla üretim ise on iki aylık mahsuplaşma yöntemiyle daha sonra kullanılmak üzere kredilendirilir. Şebekenin sabit maliyetlerine katkı için minimum bir sabit ücret belirlenmiştir. Bu tutar, belirli bir ayda net üretici veya net tüketici olunmasına göre değişiklik gösterir (Hawaii Electric, 2021c).

2015 yılında Hawaii eyaleti yönetimi, 2045 yılından itibaren yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretmeyi hedefleyerek, çatı-üstü güneş FV'lerin büyük ölçekli entegrasyon maliyetlerini içerecek şekilde kurulabilmesini sağlamak adına mahsuplaşma modellerinde reform yapmaya karar vermiştir. Kamu sahipliğinde bulunan dağıtım şirketinin tek tip mahsuplaşma uygulamasını bırakıp, farklı şebeke sorunlarını kapsayan planlar oluşturması gerektirmektedir. Planlardan bazılarının amacı, enerji depolama sistemleriyle birlikte çalışması sağlanarak sistemin rahatlatılmasıdır bazılarında ise amaç belirli zaman dilimlerinde ya da şebeke güvenilirliğiyle ilgili kısıtlar yaşandığında şebekeye enerji verilmesinin engellenmesidir:

- **Müşteri Şebeke Desteği:** Bu uygulamaya katılanlar, şebekeye enerji verdiklerinde gelir elde eder ve şebekeden enerji kullandıkları zaman perakende fiyatı üzerinden faturalandırılırlar.
- **Gelişmiş Müşteri Şebeke Desteği:** Dağıtım şirketinin güneş FV sistemini izlemesi, performansını gözlemlemesi ve eğer gerekirse şebeke güvenilirliği için kontrol etmesine izin verir.
- **Akıllı İhraç:** Katılımcılar, yenilenebilir enerji ve enerji depolama sistemi kurulumları aracılığıyla 16.00 – 09.00 arasında şebekeye enerji verebilirler. Sistemleri şebeke güvenliğini ve performansını destekleyecek şekilde şebeke desteği fonksiyonuna sahip olmalıdır.
- **Öztüketim Müşterileri:** Bu program, çatı-üstü güneş FV kurulumları için geçerlidir ve şebekeye enerji verilmesine müsaade edilmez. Şebekeye verilen enerji için kullanıcıya herhangi bir ödeme yapılmaz.

Akıllı ihraç tarifesı, üretilen güneş FV enerjisinin zamana bağı olarak değışen değeri yansıtmayı hedefleyen çok zamanlı bir tarife sistemidir. Bu tarife sistemi kullanıcıları, güneş FV üretimlerini gündüz depolayarak akşam bu depoladıkları enerjiyi kendi evlerinde kullanmaları yönünde teşvik eder. Hawaii'deki 5 adanın tamamında fazla üretim için kullanıcılara ödeme yapılmak yerine kullanıcılara akşam şebekeye verdikleri enerji miktarı kadar kredi verilmekte ve bu krediler diğer zamanlarda kullanılmak üzere şebekeden çektikleri enerji maliyetlerinden düşölmektedir. Mahsuplaşma, senelik bazda yapılmakta ve sene sonunda artan kredi miktarı sıfırlanmaktayken kullanıcılara ödeme yapılmamaktadır. Bu sayede sistem operatörünün maliyetleri düşürölerek tüm kullanıcılara fayda sağlanmaktadır.

Tablo 4: Hawaii adalarında uygulanan farklı tarife yapıları

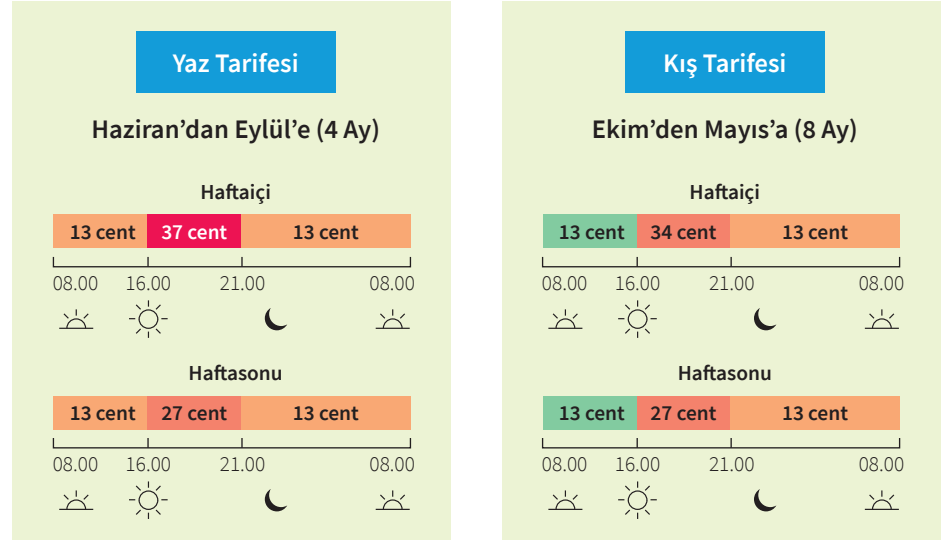
Ada	00.00 - 09.00	09.00 - 16.00	16.00 - 00.00
Oahu	14,97 ABD cent/kWh	0	14,97 ABD cent/kWh
Maui	14,41 ABD cent/kWh	0	14,41 ABD cent/kWh
Lanai	20,79 ABD cent/kWh	0	20,79 ABD cent/kWh
Molokai	16,64 ABD cent/kWh	0	16,64 ABD cent/kWh
Hawaii Adası	11,00 ABD cent/kWh	0	11,00 ABD cent/kWh

Kaynak: Hawaii Electric, 2021d

Kaliforniya

Kaliforniya eyaleti, henüz dağıtık üretimin çok yaygınlaşmadığı 1996 yılında çatı üstü güneş FV'ler için bir mahsuplaşma sistemi yürürlüğe koymuştur. Kaliforniya, özel sektör tarafından işletilen üç dağıtım şirketi için puant talebin %5'ini aşmayacak şekilde dağıtım şebekesinde güneş FV kurulumlarına izin vermiştir. Düşen kurulum maliyetleri ve artan kurulum oranları sayesinde, güneş FV kapasiteleri 2015 yılı sonunda üç dağıtım şirketinde belirlenen üst sınırlara yaklaşmıştır ve politika yapıcılar NEM uygulamasında değışiklik yapmaya karar vermişlerdir (Energysage, 2020). Hâlihazırda yeniden değeriendirilmekte olan ve 2016'da uygulanmaya başlanan NEM 2.0 mekanizması, tüketime karşılık güneş FV üretiminin aylık mahsuplaşmaya izin vermeye devam etmektedir. Bu uygulama kapsamı gereğı, ilk olarak mesken müşterileri için enerji bedelleri, şebeke kullanımı ve kapasite bedelleri dahil olmak üzere birçok sabit ücretin alınmasını engeller. Bununla birlikte, iki önemli maliyet bileşeni olan bağlanma bedeli ve kWh başına enerji verimliliğı programlarıyla da düşük gelirli tüketicileri finanse etmek için kullanılan zorunlu bir ücret uygulanır (CPUC, 2020). İkinci olarak, zorunlu çok zamanlı perakende fiyat tarifesı uygulanmaktadır. Aslında bu, Kaliforniya'da dağıtım şirketleri ayrıışmış olmadığı için aktif enerji ve dağıtım bedellerini içeren karma bir tarifiedir (Şekil 10).

Şekil 10: Southern California Edison'un uyguladığı çok zamanlı tarifeler (ABD doları cent/kWh)



Kaynak: Solar Power World, 2019a

Müşteriler NEM seçeneğini seçtikten sonra üretim ve tüketim miktarları, çok zamanlı değişken bir fiyat tarifiyle ücretlendirilir. İki mevsim için belirlenmiş tarife yapısında, puant zamanlar için daha yüksek değerler mevcuttur. Bu tarife yapısı, üreten tüketicilerin ve sadece tüketicilerin yük kaydırmasını veya sayaç arkası enerji depolama uygulamalarını kullanmasını teşvik eder.

Danimarka

Danimarka'da, perakende faaliyetleri Avrupa yönetmeliğinin gerektirdiği şekilde dağıtımdan ayrıştırılmıştır. Mesken müşterileri için ülkedeki perakende fiyat tarifeleri, AB Üye Devletleri arasında en yüksek olan ülkelerden biridir. Danimarka, çatı-üstü güneş FV için sabit bir ihraç (sisteme verilen enerji) tarifesine sahiptir. Bu tarife zaman içinde aşamalı olarak kaldırılacak (RES Legal, 2019) ve saatlik mahsuplaşma modeli (IEA, 2016) uygulamaya konulacaktır. Ayrıca şebeke tarifeleri 2020'de değiştirilmiştir ve akıllı sayaçlara sahip müşteriler için çok zamanlı zorunlu bir şebeke tarifi hayata geçirilmiştir. Kış aylarında akşam saatlerinde, 17.00 - 20.00 arasında kilovat-saat başına şebeke bedeli, diğer saatler ve mevsimlere göre yaklaşık üç kat daha pahalıdır (yaklaşık 9 Euro cent/kWh) (Ravdex, 2019). Saatlik mahsuplaşma sayesinde, üretim ve öztükütimin şebeke koşullarına göre optimize edilmesini sağlayan, yük kaydırma veya enerji depolama yatırımlarına teşvik eden çok zamanlı fiyat uygulanmaktadır.

Güneş Değeri - Austin Enerji

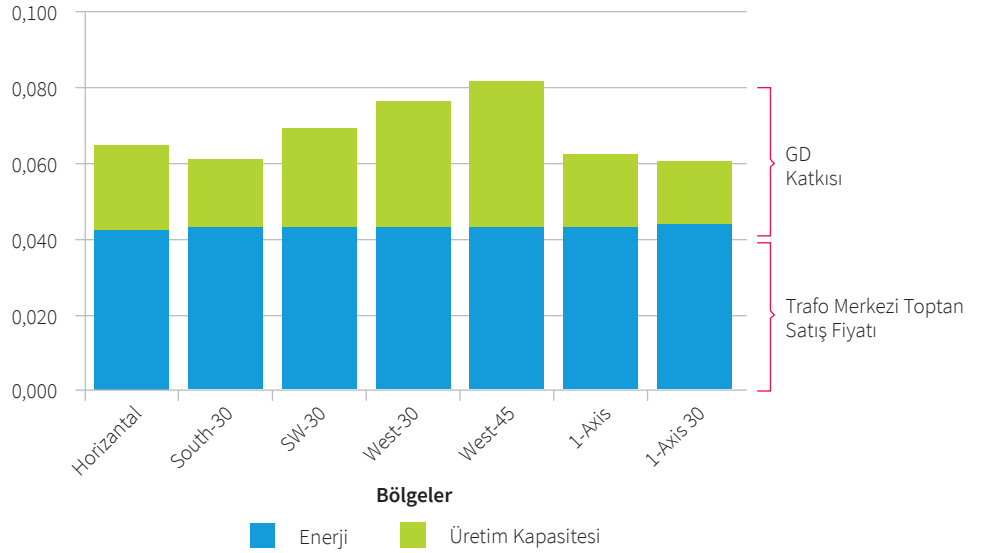
Austin Enerji, ABD'de uygulanan NEM programı yerine 2012'de Güneş Değeri (GD) tarifesini uygulamaya başlayan ilk dağıtım şirkettir (Austin Energy, 2019). Daha önce detaylandırılan Al-Sat ücretlendirme uygulamasında olduğu gibi üreten tüketicilerin tüketimleri için mevcut elektrik perakende ücretini ödediği ve güneş FV üretimi konfigürasyonu için de zamana bağlı özel değerinde belirlenen bir ihraç tarifesine göre ücretlendirildiği bir yaklaşım getirmişlerdir. GD tarifi aşağıdaki şekilde tasarlanmıştır. Güneş enerjisi üretimi için trafo merkezi bazında ortalama saatlik değerler dikkate alınır (Güneş enerjisi üretimi trafo merkezi toptan satış fiyatı - nodal pricing- ile çarpılır)⁸.

⁸ GD tarifesinin noktasal bir tarife olduğuna dikkat ediniz.

Bu sayede, ortalama 4,4 ABD doları cent/kWh fiyatı, yalnızca enerji ve kapasite değerini kapsar, yani sadece dağıtılan güneş enerjisi üretiminin yarattığı toplam değeri kapsamaktadır (Şekil 11). Diğer bileşenler arasında kaçınılmış şebeke yatırımları, önlenen üretim kapasiteleri ve teknik kayıplar ile temel güneş FV konfigürasyonu yapılandırılmaları için tanımlanan ve ortalama trafo merkezi toptan satış fiyatına (nodal pricing) eklenen çevresel faydalar bulunur (Şekil 12).

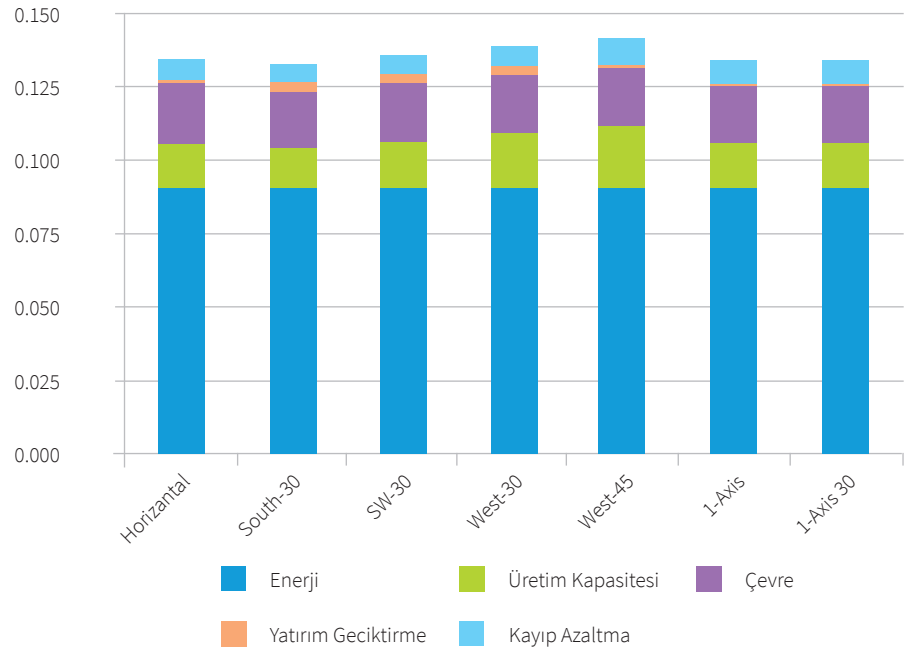
Şekil 11: Yıllık üretim fiyatları ve GD katkısı

ABD Doları



Şekil 12: Farklı bölgelere göre GD katkısı

ABD doları/kWh



Austin Enerji, dağıtık güneş FV üretimi ve olası geleneksel üretim seçenekleri arasında eşdeğerlik yaratmaya çalışmıştır. Geleneksel NEM'in, dağıtık üretimin tam değerini yansıtmadığını ve kurulacak güneş FV ünitelerinin kapasiteleri ve boyutları için yanlış fiyat sinyalleri ürettiğini düşünerek farklı bir tarife uygulamışlardır.

7.4. Şebeke Güvenilirliği

Dağıtık üretimin hakim olan pasif doğası⁹ gereği, hem dağıtım şebekesinde hem de genel olarak tüm elektrik sisteminde belirli bir yaygınlaşma seviyesinden sonra teknik zorluklar ortaya çıkarabilir. Elektrik talebine göre daha fazla kurulumun olduğu bölgeler, ilk olarak bu zorlukları yaşayacak bölgelerdir. Zorlukların çözülmedikleri durumlarda ise teknik sorunlar ilk olarak dağıtım şebekesinde ortaya çıkacak, daha sonra yayılarak dengeleme, sistem güvenilirliği ve frekans kontrolü gibi iletim operasyonu ile ilgili çeşitli görevleri etkileyecektir.

Dağıtım şebekeleri, alçak gerilimdeki (AG) tüketici ihtiyaçlarını karşılamak için elektriği daha yüksek gerilimdeki merkezi üretim birimlerinden, daha AG düzeyine taşımak üzere tasarlanmıştır. AG seviyesinde artan dağıtık üretim miktarıyla enerji akışları iki yönlü hale gelmekte yani bir besleyicideki yerel üretim, talebi aştığında enerji akışı daha yüksek gerilimli şebeke elemanlarına/trafolara doğru olacaktır. Ters akışlar, düşük talep ve yüksek üretim gibi belirli koşullarda halihazırda orta düzeyde bir dağıtık üretim entegrasyonu seviyesinde bile olabilir (yaz aylarında pazar günleri öğleden sonraları gibi). Daha yüksek DEK entegrasyonuna sahip sistemlerde ise ters enerji akışlarının, iletim şebekesine kadar ulaşması normal bir olay haline gelir.

Sistemin bu yeni çalışma modeli, dağıtım şirketleri için çeşitli alanlarda yeni (genellikle birbiriyle ilişkili) zorluklar ortaya çıkarmaktadır:

Gerilim yönetimi: Gerilim seviyelerini belirlenen sınırlar arasında tutmak, giderek daha karmaşık hale gelmektedir. Dağıtım trafoaları, genellikle minimum ve maksimum eski yüke göre kalibre edilen ve özellikle aşırı düşük yük koşulları olmak üzere güneş FV üretiminin yarattığı ek dalgalanmaya kolayca uyum sağlayamayan sabit durumdaki bağlantı noktalarıdır. Bu özellik, gerilim artışına neden olan FV üretiminin, AG şebekesinin barındırabileceği maksimum gerilim sınırlarını ihlal edebileceği anlamına gelir. Bu nedenle, en yüksek talebin olduğu sıradaki düşük gerilim sorununa ek olarak, artan FV üretimi seviyeleriyle, şebekenin artık hem en üst gerilimleri hem de en düşük gerilimleri görebilecek şekilde esnek olması gerekmektedir.

Termal limitler: Düşük yük koşullarıyla birlikte maksimum güneş FV üretimi, şebeke elemanlarının yüklenme kapasitelerinin ihlal edilmesine yol açabilir. Bir fiderde, güneş FV ünitelerinin aynı anda ve aynı profille üretim yapması bu ihtimalin oluşmasını yükseltmektedir.

Koruma sistemi ayarları: Fiderlerdeki arıza tespit kurgusu, yalnızca tek yönlü enerji akışları için tasarlanmıştır. Bu koruma düzenleri, arıza konumlarını göremez ve ayırt edemez. Ek olarak, eski gerilim düzenleme röleleri genellikle çift yönlü değildir.

Dayanıklılık: Dağıtık üretimin artması ile bu üretim birimlerinin, sistem bozukluklarına tepkisi önemli hale gelmektedir. İletim seviyesinde olanlar, dağıtım sistemine yayılır ve bu kaynakların istenmeyen açılmalarına (tripping off) neden olabilir. Frekans değişim hızı yüksek olduğunda ise üretim santrali durur ve frekansta daha fazla düşüşe neden olur. DEK'lerin yaygın şekilde devreye girmesi, 2019 yılı ağustos ayında İngiltere'de yaşanan elektrik kesintileri gibi kesintilere yol açabilir (RAP, 2019b). Olayın ana nedeni, güneş enerjisi FV üretiminin dağıtım düzeyinde konumlandırılması olmasa

⁹ Pasif operasyon, bu birimlerin büyük ölçekli üretimlere göre bozulmalara dayanmak için aynı performans gereksinimine tabi olmadığı, üretimlerinin sistem operatörü tarafından görülmediği ve kontrol edilmediği anlamında kullanılmıştır.

da 500 MW dağıtık üretimin şebeke korumasının çok hassas bir şekilde kaybedilmesi, elektrik kesintisine neden olan son darbe olmuştur. Benzer şekilde, 2006'daki Avrupa kesintisi DEK kaynaklı olmayıp batı bölgesinden kaynaklanmasına rağmen arz sıkıntısı yaşanmıştır. Dolayısıyla üretimin kopmasına neden olan ve frekans sapmasını daha da artıran bir etki yaşanmıştır (FERC, 2018). Bu hassasiyetin, sistemdeki dağıtık enerji miktarına bağlı olarak yükselebileceği ve sistemin yedekli çalışmasından dolayı esneklik maliyetlerinin artmasına sebep olabileceği dikkate alınmalıdır.

Pek çok ülke, acil durumlar sırasında gerilim ve frekans için DEK ile çalışmaya devam etme sorunlarıyla karşılaşmış ve yeni güneş FV kurulumlarını bu sorunlara göre değiştirmeye başlamıştır. ABD, 2018 yılında bağlantı standardını (IEEE 1547) değiştirmiştir. Bu değişim, o zamandan beri tipik birincil veya ikincil dağıtım gerilim seviyelerinde bağlanan tüm DEK'ler için geçerli olan ulusal bir gereksinim haline gelmiştir (Kaliforniya ve Hawaii hariç) (Nagarajan, 2018). Tüm standartların değişmesi için 2022 yılı hedeflenmektedir (Solar Power World, 2019b). Bu, fonksiyonel gereksinimleri açıklayan teknik bir standarttır ve DEK kategorilerini gerilim düzenleme performanslarına, reaktif güç kapasitesi gereksinimlerine ve de kesintide çalışmaya devam etme gereksinimlerine göre tanımlar.

Avrupa'da 2016/631 kodlu düzenleme, üretim tesislerinin şebekeye bağlantısı için bir şebeke yönetmeliği içermektedir. Şebeke yönetmeliği, cihazların şebekeye bağlı kalma ve düşük gerilim altında çalışma şartlarını da içermektedir (EUR-Lex, 2016a).

AG seviyesinde çatı-üstü güneş FV kurulumlarının artması, şebeke güvenilirliği açısından zorlukları da beraberinde getirmektedir. Şebeke elemanları belirli minimum ve maksimum yüklenme değerleri arasında çalışmaya uyumlu hale getirilmiştir ancak güneş FV kurulumlarının artması bu sınır değerlerinin dışına çıkılmasını sağlayacaktır. Çözümler teknik olarak ya da düzenlemeler yoluyla yapılabilmektedir. Dağıtık üretim kaynaklı şebeke kapasitesinin artırılması veya üretimin şebekeye verilmesinin kısıtlanması yoluna gidilebilir. Bu çözüm yolları, mahsuplaşma yöntemleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. DEK'lerin bağlantı standartlarının kurulumlar için net bir şekilde tanımlanması büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple, Türkiye'de yönetmelik geniş çaplı dağıtık üretim kurulumlarına uygunluk açısından gözden geçirilebilir.

7.5. İzlenebilirlik ve Kontrol Edilebilirlik

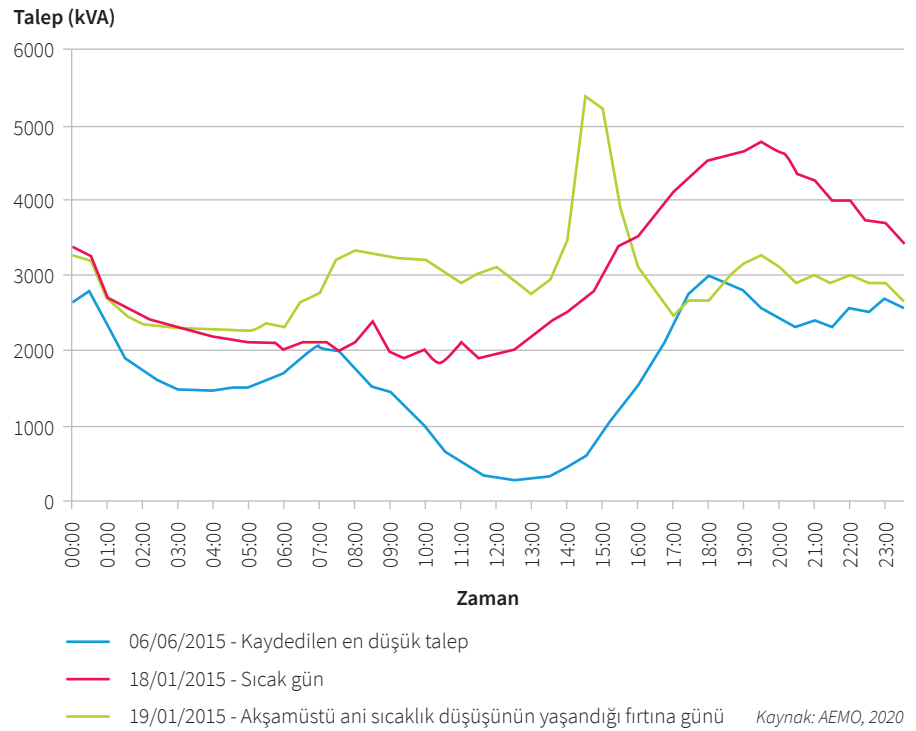
Sistem operatörleri, şebekeyi ve gerekli hizmetleri yönetmek için gerçek zamanlı olarak arz ve talep durumunun her zaman farkında olmalıdır. Yüklerin durumu ve değişimleri konusunda belirsizlik artıka operasyonel riskler de artmaktadır.

Sayaç arkası arz ve talebin birleşimi, şebeke operatörleri için arzı ve talebi görünmez kılar ve müşterilerin de talebi değiştirerek veya fazla enerjiyi bataryada depolayarak olası değişimlere nasıl yanıt verebileceği belirsizdir. Dolayısıyla buradaki zorluk, sayaç arkasındaki elektrik üretiminin, talebinin ve depolamasının şebeke operatörleri tarafından tek bir net yük olarak görünmesi ve dağıtık üretim miktarının çevresel koşullara bağlı olmasıdır. Statik veriler (konum, kapasite, istatistiksel vb.) genellikle yalnızca kurulum aşamasında toplanır. Ancak çoğu zaman dağıtım şirketleri, bu "görünmez" kaynakların artan payı ile şebekeyi işletmek zorundadır.

Şekil 13, Avustralya'da bulunan Dundowran'daki bir yaz fırtınası olayının net yüke olan etkisini göstermektedir. Fırtına başladığında ve tüm güneş FV'lerin üretimi

durduğunda şebekede öğlen saatlerinde yaşanan ve görünen net yük (yeşil çizgi), normal sıcak bir günde fiderdeki akşam saatlerinde yaşanan puant yükünü (kırmızı çizgi) bile aşmaktadır. Sonuç olarak, ani puant talep, mevcut termik kapasite sınırlarını bile aşabilir. Sayaç arkası dağıtık üretimden dolayı genellikle gerçek talep, şebeke operatörü tarafından görünmez olduğundan şebeke görünen en yüksek yük için tasarlanmaktadır. Bununla birlikte, dağıtık üretimin entegrasyonu, olası puant yük büyümesini maskeler. Özellikle net ölçüm rejimlerinde sayaç arkası operasyonların (üretim, depolama) görünmezliği, bu varlıkların dağıtım şebekesi operasyonlarında verimli bir şekilde kullanılma fırsatını azaltır. Bu, dağıtım trafoları ve AG fiderlerindeki kısıtlarla birleştğinde, dağıtım şirketlerinin güvenli şebeke operasyonunu sürdürebilmek için şebekenin DEK barındırma kapasitesini sınırlaması gerektiği anlamına gelir.

Şekil 13: Avusturalya’da fırtına sırasında görünen yükteki değişim



Avustralya’da çatı-üstü güneş FV kurulumu 2,5 milyona ulaştığında Avustralya Enerji Piyasası Operatörü (AEMO), sayaç arkasındaki görünürlüğü ve yönetme yeteneğini artıracak yeni inverter standartlarını ve yeni protokolleri uygulamayı bunlara ek olarak da bazı durumlarda çatı-üstü güneş FV uygulamalarının kapatılabilme olanaklarını planlamaktadır (Reneweconomy, 2020). “Akıllı inverterler”, şebekede daha fazla dağıtık enerji kaynağı bulundukça şebekeyi istikrarlı ve güvenilir tutmak için otonom kararlar verebilen daha gelişmiş güç elektroniği cihazlarıdır. İşlevsel gereksinimler, bağlantı standartlarına dahil edilmiştir.

Güneş FV üretiminin ve talebinin birbirini nötrlemesi nedeniyle DEK üretiminin görünmezliği, ABD’de de yaygın şekilde gözlemlenen bir özelliktir (FERC, 2018). Şu anda, çoğu hizmet programı DEK’lerin yeterli görünürlüğünden yoksundur. Kaliforniya ise bu konuda bir adım öndedir. Düzenleyici (CPUC), “akıllı” inverterler gerektirecek şekilde 2014 yılında şebeke yönetmeliğini revize etmiştir¹⁰. DEK’in National Grid’de

¹⁰ Pacific Gas and Electric Company (PG&E), Southern California Edison Company ve San Diego Gas & Electric Company (SDG&E)

de görünürlüğünün sınırlı olması İngiltere’de de bir endişe kaynağıdır (National Grid, 2019). Görünürlüğün kazandırılması DEK'lere ek maliyetler getirecek ölçüm ve iletişim ekipmanları gerektirmektedir. Bu maliyetlerin DEK'lerin düzgün bir şekilde şebekeye entegre edilebilmesi için bir ön şart olarak düşünülmesi gereklidir. Dağıtık üretimin bazen şebeke kısıtları nedeniyle kısıtlanması gerekebilir. Tüm ABD dağıtım şirketleri, geçici şebeke koruma sorunları (örn. Aşırı gerilim) veya dağıtım şirketi personeli güvenliği için gerekirse bir müşterinin güneş FV sistemini, geçici olarak şebekeden ayırma yasal hakkına ve yetkisine sahiptir. Inverter, IEEE 1547 bağlantı standardına dayalı olarak şebeke koruması için otomatik olarak açılacak şekilde ayarlanabilir, şebekeden gelen uzak bir sinyal ile açtırılabilir veya bir şebeke çalışanı tarafından manuel olarak kesilebilir (IEEE, 2018). Ancak ABD'deki dağıtım şirketleri, yalnızca güneş FV ihracını sınırlayamaz, şebekeye verilen enerjiyle ilgili olarak ekonomik bir alakaları yoktur.

Mevcut DEK'lerin statik FV verilerinin (tam konum, model, kapasite vb.) görünürlüğü, DEK'leri sistem planlaması ve işletimi için daha görünür hale getirmenin ilk adımıdır. Bu, yalnızca etkilenen dağıtım şirketi için değil, aynı zamanda elektrikli araç şarj altyapısı dahil olmak üzere muhtemel DEK projeleri için de önemli bir bilgi kaynağıdır.

Almanya’da, hızlı bir şekilde yüz binlerce DEK kurulumunun gerçekleşmesi ve bunların farklı gereksinimlerden dolayı farklı portallarda farklı tarihlerle kaydedilmesi, düzensiz veri toplama ve eşleştirme sorunlarını ortaya çıkarmıştır. Bunların yanı sıra verilerin yaklaşık 900 dağıtım şirketi tarafından sağlanıyor olması da durumu daha da kötüleştirmiştir. Tutarlı rakamlara erişme ihtiyacına ilişkin sonraki tartışmalar, Temel Enerji Piyasası Veri Kaydı Sistemi’nin oluşturulmasına yol açmıştır (BNetzA, 2019a). 2019’dan bu yana raporlanan tüm DEK kurulumları, acil durum üreticileri, kojenerasyon (CHP) ve enerji depolama sistemlerinin yanı sıra geleneksel enerji santrallerinin listelenmesi burada sağlanmıştır. Kurulumun halka açık verileri (Kapasite, konum, irtibat kişisi, yıl, destek planı bulunmaktayken, operasyon verisi bulunmamaktadır.) yetkililer ve düzenleyiciler için dağıtım şirketleri ve piyasa katılımcılarının yanı sıra araştırmacılar ve tartışmalar için de ortak bir nokta oluşturmuştur.

İngiltere’deki Entegre Kapasite Kaydı (EKK), kurulu tesisler ve şebeke gereksinimleri hakkında daha iyi bilgi sağlamak için yakın zamanda geliştirilmiştir (ENA, 2019). 14 Dağıtım Şebeke Operatöründen her biri, Enerji Ağları Birliği (EAB)’nin Açık Şebeke projesi aracılığıyla kararlaştırılan ortak bir formatta kendi kayıtlarını geliştirmiştir. EAB, enerji şebekelerinin işleyişini dönüştürmeyi ve akıllı bir şebeke sağlamayı amaçlayan bir sektör girişimidir. Kayıtlar, bağlı veya bağlantı anlaşması kabul edilen ve aylık olarak güncellenen üretim ve depolama kaynakları ($\geq 1\text{MW}$) hakkında bilgi sağlar. Kayıt ayrıca, şebeke kısıtlarını azaltmak için talebi kontrol etmeye veya programlamaya ve/veya üretimi ve talebi sağlamak için gereken şebeke desteği hakkındaki bilgileri kontrol etmeye veya planlamaya yardımcı olan, bağlı kaynaklar tarafından sağlanan esneklik hizmetleri hakkında bilgi içerir.

Şeffaflığın bir başka biçimi de DEK yatırımcılarıyla şebeke üzerindeki bilgilerin paylaşılmasıdır. Bu noktada amaç, potansiyel yatırımcıları bağlantı koşulları ve maliyeti hakkında bilgilendirmektir. Barındırma kapasitesi, enerji kalitesini olumsuz etkilemeden ve mevcut kontrol yapılandırmaları altında güvenilirlik ve kapsamlı altyapı iyileştirmelerine gerek kalmadan barındırılabilen DEK miktarı olarak tanımlanır. Barındırma kapasitesi haritaları şunlar için kullanılır:

- Bağlantının ek maliyet gerektirebileceği durumlarda DEK paydaşlarını bilgilendirmek,
- Bağlantı taramasına yardımcı olmak: DEK bağlantı görüşleri için sırayı artırmak yerine, noktaların hızlı ve doğru bir şekilde teknik incelemesini yapmak,
- DEK ile planlamayı mümkün kılmak: Dağıtım şebekesini etkin bir şekilde planlamak ve işletmek için DEK özelliklerinin ve kaynakların bağlandığı konum hesaba katılmalıdır. İzin verilen kapasite, farklı durumları değerlendirmek için senaryo planlama sürecinin önemli bir girdisidir. ve yardımcı programların dağıtım sisteminin DEK'lerden gelen hizmetleri (kablolu alternatifler) kullanma yeteneğini belirlemesini de sağlayabilir. Öte yandan, potansiyel esneklik sağlayıcılarını, hizmetlerine ihtiyaç duyulan yer hakkında bilgilendirir (T&D World, 2018).

Dağıtım şirketleri tarafından kullanılan dağıtım fider modellerinin, bağlı DEK'ler de dahil olmak üzere ek verilerle desteklenmesi gerekir.

Şu anda yedi ABD eyaletinde (Kaliforniya, Nevada, Minnesota, New York, Maryland, New Jersey ve Connecticut) dağıtım şirketleri, güneş FV için izin verilen kapasite haritalarını sağlamakla yükümlüdür.. Beş eyalet düzenleme komisyonu daha bu tür haritaları üretmek için dağıtım şirketlerine yükümlülük vermeyi düşünmektedir (Colorado, Illinois, Michigan, Massachusetts ve New Hampshire) (PV Magazine USA, 2020).

Akıllı sayaçlar (gelişmiş sayaç altyapısı), dağıtık üretimin entegrasyonunu sağlamak ve esnek yükün avantajlarından yararlanmak için zorunlu bir fiziksel altyapı unsurudur. Esnekliğin değeri, dönüşümle birlikte artar ancak bu durum, sayaç tarafından gelişmiş veri okumasından daha fazlasını gerektirir. DEK üretimini talebe göre optimize edebilmek için sayaç arkasındaki yüklerin aktif kontrol edilebilmesi gereklidir.

Dağıtım şirketleri, toplam net talep olarak ortaya çıkan giderek artan “görünmez” DEK kaynak payıyla şebekeyi işletmektedir. Statik güneş FV verilerinin kaydı (tam konum, model, kapasite, vb.) DEK'leri sistem planlaması ve işletimi için daha görünür hale getirmenin ilk önemli adımıdır. Daha gelişmiş çözümler ise potansiyel DEK yatırımcılarını mevcut şebekenin barındırma kapasitesi ve şebekenin bağlantı noktaları hakkında bilgiler (şebeke iyileştirme ihtiyacı vb.) içeren kapasite barındırma haritalarının oluşturulmasıdır. DEK operasyonlarının izlenebilirliğini ve kontrol edilebilirliğini iyileştirmek için temel altyapı gereksinimlerinin başında akıllı sayaçlar ve akıllı inverterler gelmektedir. Akıllı sayaçlar, net ölçümün ötesine geçerek, enerji akışının şebeke ve piyasa koşullarına göre ayarlanmasına olanak sağlar. Akıllı inverterler ise şebekeyi istikrarlı ve güvenilir tutmak için otonom kararlar verebilir.

7.6. Dağıtık Üretim ve Tüketicinin Birleştirilmesiyle Piyasalara Katılımın Sağlanması

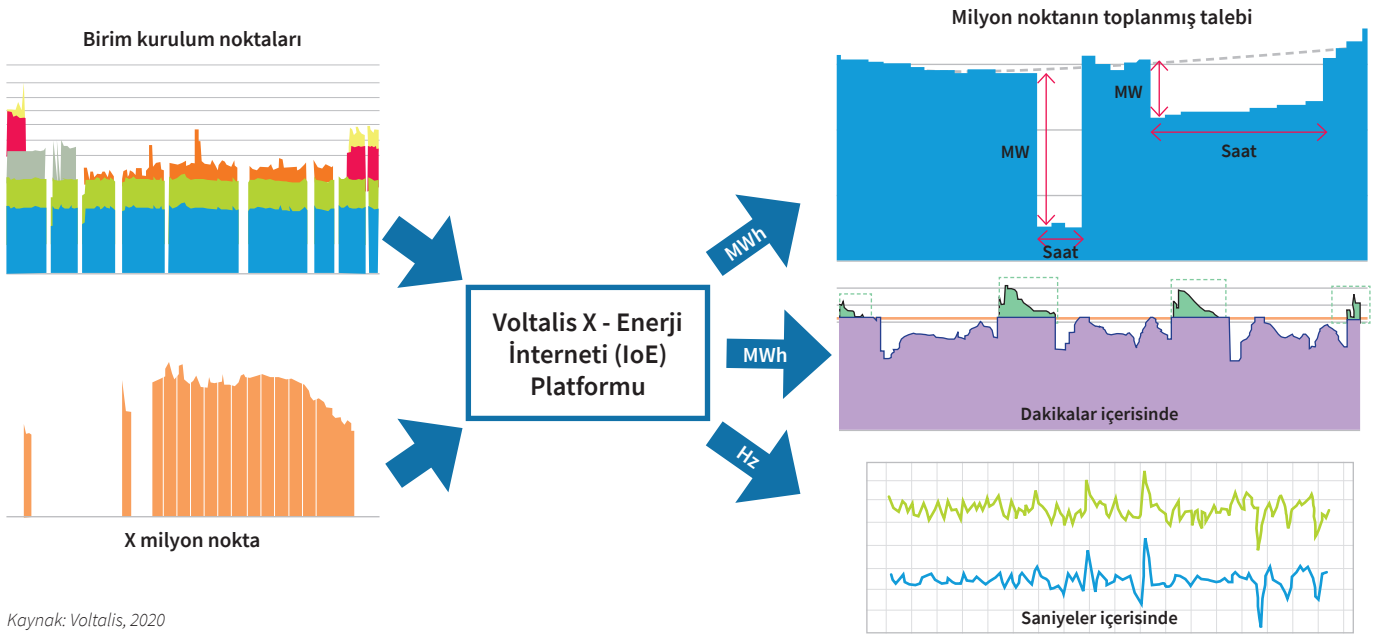
Rüzgâr ve güneş enerjisi gibi değişken üretim kaynaklarının üretim karışımındaki payları yükseldikçe, elektrik sistemine esneklik sağlayan kaynakların önemi gün geçtikçe daha da artmaktadır. Sayaç arkası teknolojilerinde çeşitli gelişmeler ve bunları yönlendirecek düşük maliyetli bilgi ve iletişim teknolojileri çözümleriyle tüketici talebi, şebeke ve piyasa koşullarına göre esnek hale getirilebilir.

Fransa merkezli bir enerji hizmeti şirketi olan Voltalis, Fransa'da 100 binden fazla meskenin ve ticarethanenin talebini birleştirmekte ve esnekliklerini, organize enerji

piyasalarına (toptan satış piyasaları ve dengeleme piyasaları) ve dağıtım şirketlerinin orta vadede planladıkları şebeke yatırımları olmaksızın kısıt yönetiminde kullanmaları için sunmaktadır. Talep toplama faaliyeti, enerji depolama ve dağıtık üretimin yanında; elektrikli araçlar, ısıtma, havalandırma ve klima gibi dağıtık yükleri de içerir. Şirket, sıradan bir akıllı sayaçtan daha fazla kontrol sunabilen kendi ölçüm cihazını kullanmaktadır. Bu cihazlar, büyük cihazlara bağlı dört alt ölçüm yapabilen ve bu aygıtların gerçek zamanlı izlenmesine ve iletişimine fırsat veren, gerçek zamanlı olarak mikro ölçekte yük at yapılarak (dakikalar içinde talep düşülebilmesi) sistemi optimize edebilen kurulumlardır. Voltalis'in sunduğu bu sistem ile akıllı sayaç arasındaki fark; akıllı sayaçta yalnızca tüketimin ölçülmesi ve dolayısıyla faturalandırmanın buna göre yapılması mümkün iken alt sayaçlı bir "aktif sayaç" (Voltalis kutusu) büyük cihazlara talimat verebilir ve akıllı bir sayacın yaptığı ölçümleri de yapabilir.

Şebeke için sunulan faydalar arasında puant talep yönetimi, kısıt yönetimi, frekans kontrolü ve yenilenebilir enerji kesintilerinin (curtailments) azaltılması yer almaktadır. Tüketici tarafında ise talebin, öztükütün ve sayaç arkası üretimin optimizasyonu sayesinde faturalarda %15'e kadar tasarruf edilebilmektedir.

Şekil 14: Çeşitli zaman dilimlerinde mikro-esnekliklerin eşleştirilmesi



Kaynak: Voltalis, 2020

Talep toplayıcılar için iş modellerinin geliştirilmesi, büyük ölçüde düzenlemelerle belirlenen bu hizmetlerin ücretlendirilmesine bağlıdır. Talep tarafı katılımının etkinleştirilmesi, tedarikçinin ihtiyaç duyulmayan elektrik miktarını (düşülen talep miktarını) faturalayamayacağı anlamına gelir (Tedarikçiler tarafından önceden satın alınan elektrik hacimleri ise aynı kalır). Elektrik Direktifi'ne (Madde 17) göre tedarikçinin olası tazminatı veya varsa talep toplayıcının bu tazminata katkısı net fayda testine bağlıdır (RAP, 2018). Tedarikçinin faturalandırılmayan elektrikten elde edeceği olası gelirini kaybettiğini ancak aynı zamanda düşük talep nedeniyle toptan satış fiyatının düştüğünü ve böylece tüm tedarikçilere önemli fayda sağlanabileceğini belirtmek gereklidir.

7.7. Mevcut Ulusal Tarifeye Maliyetlerin Yansıtılması

Elektrik şebekeleri şehirlerden kırsal kesimlere doğru yayılarak genişlemiş ve yıllar boyu süren yatırımlar sonucu bugünkü halini almıştır. Yapılmış şebeke yatırımlarının maliyetleri, şebeke faydalanıcılarının geneli tarafından üstlenilmiştir. Bu üstlenme, ulusal olabileceği gibi belirli abone gruplarına özgü de olabilmektedir. Artan DEK'ler ile bölgesel maliyetler de artık önemli hale gelmiştir. Ancak 2019'da yayınlanan AB düzenlemesi bu konuda bir yöntem önermemektedir (RAP, 2020).

Dağıtım şirketlerine özgü dağıtım tarifelerinin esası, ilgili bölgedeki şebeke kullanıcılarının getirdiği tüm maliyetleri taşımasıdır. Öte yandan, elektrik şebekelerinin birbirine bağlı olması ve gelecekteki olası yatırımlar için fiyat sinyalleri içermesi (Bu durum yatırımlar için teşvik sağlayabilir.), şebekelerin faydalarını tamamen onu finanse edenlerle sınırlı tutmamaktadır.

Dağıtım şirketlerine özgü şebeke tarife uygulamasına örnek olarak Almanya gösterilebilir. Yenilenebilir enerji kapasiteleri, daha iyi rüzgar ve güneş enerjisi kapasite kullanım oranlarına sahip olan bölgelerde konumlandırılmaktadır. Almanya'da 880 dağıtım şirketi olmakla birlikte, her bir dağıtım şirketi kendi tüketicileri için farklı şebeke tarifesi sunmaktadır. Nüfusun ve dolayısıyla elektrik yük yoğunluğunun daha az olması nedeniyle, kırsal alanların her zaman kentsel alanlardan daha yüksek tarifeleri olmuştur. Çok sayıda yenilenebilir enerji kurulumunun şebekeye bağlanması daha maliyetlidir. Bu kurulumların çoğu kırsal alanlarda bulunduğundan, bugün Almanya'nın kuzeyinde ve doğusunda çok fazla yenilenebilir enerji üretiminin olduğu kırsal bölgeler en yüksek şebeke ücretlerine sahiptir (BnetzA, 2019b). Bu, üretim merkezlerine uzak olan tüketim noktalarının daha az maliyetli (daha düşük şebeke tarifeleri), üretim noktalarına yakın tüketimin ise daha maliyetli olduğu anlamına gelmektedir. Bu durum, uzun vadede daha fazla şebeke yatırımı ihtiyacına ve dolayısıyla daha yüksek genel şebeke maliyetlerine yol açabilecek üretimden uzak bölgelerde, tüketim yatırımları için sistematik teşvikler yaratmaktadır. Kamu, özellikle ilgili farklı ekonomik temeller nedeniyle, 2022 yılına kadar ülke çapında iletim şebekesi ücretlerini uyumlu hale getirmeye karar verirken; mevcut dağıtım şebekesi ücret planını değiştirmemiştir.

Şebeke maliyetlerinin paylaşımı konusu Avusturya'da da tartışılmıştır (E-control, 2016). Avusturya'nın farklı özel şirketlere ait yaklaşık 130 dağıtım şebeke operatörü vardır ve bu dağıtım şirketleri bölgesel olarak dağıtım şebekelerini işletmekte ve geliştirmektedir. Tarifeler; kırsal, kentsel, ucuz ve pahalı olarak bölgesel ayrımların etkilerini ortadan kaldıracak şekilde, bölgesel seviyede ulusal düzenleyici tarafından belirlenir. Fiziksel enerji akışı boyunca, kentsel ve kırsal alanların daha da iyi bir kombinasyonunu dikkate alacak olan şebeke maliyet tahsisi (bölgesel maliyetlerin tam yansıtıldığı), tüketiciler için büyük maliyet değişikliklerine yol açacaktır. Bu sebeple, ulusal düzenleyici bölgesel şebeke tarifelerinin mevcut mekanizmasını değiştirmemeyi seçmiştir.

Şebeke tarifelerinin kullanıcılara nasıl yansıtılacağı, karmaşık ve genellikle politik bir konudur. Herhangi bir değişiklikten önce, hem farklı tüketici grupları hem de yatırımlar üzerindeki etkisinin dikkatle değerlendirilmesi gerekir.

7.8. Dağıtım Şirketi Gelirleri

Dağıtım şirketlerinin geliri (çatı-üstü güneş FV kurumları mahsuplaşma modelini kullanılıyorsa) çatı-üstü güneş FV ve dağıtım bedeli fiyatlandırma modeline bağlı olarak düşebilir. Bir NEM uygulamasında, şebeke tarifesini (tıpkı diğer kWh bazlı vergiler gibi) sadece tüketici tarafından mahsuplaşma sonrası kalan kısım için (uzlaştırma döneminin sonunda) ödenir. Bu ifade, üreten tüketicinin sürekli olarak enerji vermek veya almak için şebekeyi kullansa bile ödemesi gereken miktarın yalnızca bir kısmını ödediği (net kWh hacminden sonra) anlamına gelmektedir. Eğer dağıtım şirketi, geliri dağıtılan kWh ile bağlantılıysa dağıtım şirketinin gelirini azaltacaktır. Dağıtık üretimle azalan gelirin tekrar elde edilebilmesi için şebeke tarifesinin artırılması gerekir. Ancak bu adil bir durum değildir. Şebeke harcamalarında çatı-üstü güneş FV artışının potansiyel ek maliyetini düşünürsek, yatırım konuları daha da önemli hale gelecektir. Artan FV penetrasyonu, tüm müşterilere güvenilir bir şekilde hizmet vermek için dağıtım sistemini geliştirme ve çalıştırma maliyetini etkilemektedir. Çatı-üstü güneş FV gelişiminin başlangıç seviyelerinde, şebeke kayıpları ve dolayısıyla maliyetler azalmaktadır. Şebekede daha fazla dağıtık üretim ile ters akışların ve kısıtların yönetilmesi amacıyla oluşan şebekeyi iyileştirme ihtiyacı, ek yatırım ve de dolayısıyla maliyet gerektirecektir.

Daha fazla kendi kendine üretim ve daha düşük net tüketim nedeniyle gelir düşüşü, geliri dağıtım şirketi tarafından dağıtılan enerji hacminden ayrılacak olan dağıtım bedeli ile önlenebilir. Avrupa'da en yaygın olan gelir tavanı kurgusu, dağıtım şirketlerinin daha fazlasını sunmaları için teşvikler sağlamamakta olup dağıtım şirketlerini, güneş FV yaygınlaşması gelir etkisinden ve gelir riskinden korumaktadır. Gelir tavanı düzeltilmesi sorunu, düzenleyici hesaplar diye tabir edilen hesaplarla çözülebilir¹¹. Bütçelendirilen gelirlerle ilgili olarak gelirdeki fazla veya eksiklik tahsil edilir ve bir sonraki takvim yılı için izin verilen gelirlere ve yaklaşan tarife onayına karşı mahsup edilir. Gelirler ve bütçeler arasındaki bu ayrıştırma hem dağıtım şirketlerinin hem de tüketicilerin karşı karşıya olduğu riskleri azaltmaktadır.

Dağıtım şirketinin daha fazla çatı-üstü güneş FV'yi entegre etme konusundaki isteksizliği, bu ayrıştırma ile etkisiz hale getirilebilir. Performansa dayalı düzenlemeler, dağıtım şirketi odağını şebeke gelişimi ve bakımı için sermaye harcamaları gibi girdilerden; gelişmiş güvenilirlik, dağıtık enerji kaynaklarının gelişimi, artan enerji verimliliği, çevre koruma, müşteri memnuniyeti ve savunmasız tüketicileri korumak gibi çıktı bazlı sonuçlara kaydıracaktır. Performansa dayalı düzenlemeler, dağıtım şirketlerinin belirli performans için artan gelirlerle ödüllendirerek veya tersine, gerçekleştiremedikleri için daha az gelirle cezalandırarak, kârlarını en üst düzeye çıkarmak için onlara özgürlük ve esneklik sağlayarak ulusal kamu politikasının önemli bir hedefini gerçekleştirmeye teşvik etmeyi amaçlamaktadır (RAP, 2019c). Birleşik Krallık, bunun için farklı yaklaşımlar ve sonuçlar üzerinden niceliksel bazı ölçütler tanımlamıştır. Belirli hedefler seçilerek ve her biri için mali teşvikler ve cezalar getirilerek daha kapsamlı bir performansa dayalı yaklaşım benimsenmiştir. Birleşik Krallık ayrıca geleneksel düzenleme yaklaşımlarında var olan sermaye önyargısını ortadan kaldırmak için de bir toplam maliyet (TOTEX) yaklaşımı benimsemektedir.

¹¹ Düzenleyici hesap tanımı

"https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Netzentgelte/Strom/Regulierungskonto/RegKonto_node.html" adresinden alınmıştır.

Finansal teşvikler içeren mekanizmalar, sanılanın aksine dağıtık üretimin gelişmesi için engeller oluşturabilir. Örneğin mahsuplaşma uygulamasında, dağıtık üretim sahiplerinin şebekeyi çok kullanmasına rağmen şebeke işletme maliyetlerine daha az katkı sağlamaları ve tüketimleri nedeniyle şebekede dağıtılan toplam elektrik miktarının azalmasına sebep olmaları, sistemin işletilmesinde sorunlara sebep olabilir. Dağıtım şirketi gelirlerinin dağıtılan enerji hacmine bağlı bir ödeme planı ile birleştirilmesinin, dağıtım şirketinin dağıtık üretim entegrasyonunu kolaylaştırma yönünde olumsuz bir etkisi olacaktır. Öte yandan, ilave dağıtık üretim entegrasyonu eğer dağıtım yatırımı gerektirirse dağıtım şirketleri için olumlu bir motivasyon olabilmektedir. Çünkü dağıtım şirketleri çoğu zaman yaptıkları yatırım için sermaye harcamalarından bir getiri oranı elde etmektedir. Ancak bu durum, talep tarafı katılımı esneklik seçeneklerini arka plana itmekte ve en nihayetinde dağıtım tarifelerini gereksiz bir oranda artırmaktadır. Tüketicilerin maliyetlerini en aza indirmeyi hedefleyen, geleneksel gelir tavanı düzenlemesinin ötesinde; kamunun dağıtık üretim artışı gibi hedeflerinin gerçekleşmesine destek olacak, performansa dayalı teşviklerle birleştirilmiş toplam maliyeti dikkate alan TOTEX tabanlı bir ücret politikası getirmek önem taşımaktadır. Bu uygulamada, dağıtım şirketleri, şebeke ve dağıtık üretimin yaygınlaşması açısından faydaları maksimum seviyeye çıkarır.

Aşağıda, yukarıda bahsedilen zorluklar ve değişik ülkelerde bu konularda uygulanan çözüm yöntemleri özetlenmiştir:

Tablo 6: Potansiyel Zorluklar ve Ülkelerin Uyguladığı Olası Çözümlerin Özeti

	Potansiyel Zorluk ve Tanımı	Uygulanan Çözüm(ler)	Ülke(ler)
1	Dengesizlik Çatı-üstü güneş FV sahipleri dengesizliklerinden sorumlu değildir. Dengesizlik maliyeti, dolaylı olarak tarifelere yedirilir. Dağıtık üretimin çok artması durumunda sistemsel sorunlar ortaya çıkabilir.	- Yeni yapılan ve teşvik süresi dolmuş kurulumlar için akıllı sayaç kullanımı zorunlu kılınmış ve NEM kaldırılmıştır. Batarya ve öztüketim özendirilmiştir.	Almanya
2	Ani Talep Değişimleri Güneş ışımasındaki değişimle orantılı olarak toplam güneş FV üretimi değişmekte olup, bu değişimler ışımanın kalitesine göre gün içerisinde ani farklılıklar gösterebilmektedir (örn. ördek eğrisi). Üretimin aniden azalması ya da artması şebeke işletmecisi açısından toplam görünen net talebin ani değişimleri olarak ortaya çıkar. Bu değişimlerin yönetilebilmesi için sistemin daha esnek olması gereklidir.	- Elektrik sisteminin esnekliğinin artırılması ve dağıtık enerji üretimini dikkate alan çok zamanlı ve akıllı elektrik fiyatlandırma stratejileri aracılığıyla puant yükün diğer zamanlara kaydırılması gerekir.	ABD, Avustralya ve pek çok ülke
3	Dağıtık Üretimin Şebeke ve Piyasa Koşullarına Göre Davranabilmesi Dağıtık üretimle birlikte sayaç arkası uygulamaların şebeke ve piyasa koşullarına göre hareket etmemesi, puant yüklerin artmasına ve sistemin verimli çalışmamasına neden olur.	-Gelişmiş Müşteri Şebeke Desteği, akıllı ihraç fiyatlaması, öztüketim modelleri kullanılmıştır. - Zorunlu çok zamanlı dağıtım tarifeleri uygulanmıştır.	Hawaii, Kaliforniya
4	Şebeke Güvenilirliği Yüksek oranda dağıtık üretim kurulumu ve çift yönlü enerji akışları nedeniyle şebekede gerilim problemleri, şebeke elemanlarının yükleme kapasitelerinin aşılması, fiderlerdeki arıza tespit zorluğu gibi sorunlar görülebilir.	- Dağıtık üretim kaynaklı şebeke kapasitesinin artırılması ya da üretimin şebekeye verilmesinin kısıtlanmasına yönelik standartlar, arıza koşullarını da içine alacak şekilde güncellenmiştir.	ABD

5	İzlenebilirlik ve Kontrol Edilebilirlik Dağıtık üretim diğer sayaç arkası yüklerle birlikte şebeke işletmecileri için net yük olarak görülür. Şebeke sağlıklı işletimi ve planlaması için bu üretimlerin izlenebilmesi ve kontrol edilebilmesi gerekir.	- Dağıtık üretim inverterleri için güncel standartlar uygulanmalıdır. - Akıllı sayaçlar ve akıllı inverter altyapısının oluşturulmalıdır. - Güneş kapasite barındırma haritalarının oluşturulmalıdır.	Avustralya, İngiltere, Almanya, ABD
6	Dağıtık Üretim ve Tüketicinin Birleştirilmesiyle Piyasalara Katılımın Sağlanması Dağıtık enerji kaynaklarının toptan elektrik piyasalarına, yan hizmetler piyasasına ve varsa kapasite piyasalarına katılmalarını sağlayarak piyasa fiyat sinyallerine maruz bırakılması, bu sayede sistem esnekliğinin ve verimliliğinin artmasını sağlayacaktır.	- Dağıtık üretim, talep toplayıcılar vasıtasıyla toptan satış, dengeleme ve yan hizmetler piyasalarına katılmasının sağlanması.	Fransa
7	Tarifelerin Maliyetleri Yansıtmaması Artan DEK miktarlarıyla birlikte bölgesel oluşacak gerçek şebeke ve piyasa maliyetleri, şebeke tarifelerine tam olarak yansımayabilir.	- Bölgesel çok zamanlı dağıtım şebekesi tarifeleri, şebeke ve piyasa maliyetlerini yansıtacak şekilde uygulanabilir.	Almanya
8	Dağıtım Şirketi Gelirlerinde Olası Değişimler Dağıtık üretimin artmasıyla birlikte şebekede dağıtılan enerjiyi dikkate alan uygulamalarda, dağıtım şirketlerinin gelirlerinde azalma ya da tarifiede hızlı artışlar olabilecektir.	- Dağıtık üretim hedeflerinin gerçekleşmesine destek olacak performansa dayalı teşviklerle birleştirilmiş TOTEX'i dikkate alan bir fiyatlandırma stratejisi ve düzenleme altyapısı sunulmalıdır.	İngiltere

8. Dağıtım Şirketlerinin Yeni Roller ve İletim Sistemi Operatörüyle olan İşbirliği

Dünya geneline baktığımızda dağıtım şirketlerinin ortaklık yapıları ve büyüklükleri birbirlerinden farklı olsa da şebeke altyapısı ve yönetim şekli söz konusu olduğunda yüksek bir benzerlik görülmektedir. Geleneksel şebekeler, sadece tek yönlü akışları yönetmek için kurgulanmıştır ve sınırlı denetim ile ölçümün olduğu ‘yap ve unut’ yaklaşımıyla yönetilmektedir. Dağıtım şirketlerinin gelecekteki rollerini, enerji dönüşümünde karşılaştıkları zorlukları ve fırsatları belirleyerek açıklayabiliriz (EDAŞ’lar için yeni iş modelleri ve TEİAŞ-EDAŞ iş birliği hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Sistem Verimliliği raporunu inceleyiniz.) (SHURA, 2020a).

Üreten tüketicilerin ve aktif tüketicilerin hızla artması, ulaştırma ve ısıtma sektörünün elektrifikasyonu dağıtım şebekesi enerji akışlarını daha değişken ve çift yönlü hale getirecektir. Dağıtım seviyesinden bağlı kaynaklar; arz, enerji dengeleme, sistem güvenliği ve esnekliği gibi birçok alanda faydalar sağlayacaktır. Bu bağlamda belirli bölgeler için talep tarafı katılımı çözümleri, yerel şebeke kısıtlarının giderilmesi için çok önemli olacaktır. Akıllı bir şekilde yönetildiği takdirde elektrik tüketen ulaştırma ve ısıtma/soğutma sistemleri, talep tarafı katılımı için önemli bir potansiyel teşkil etmektedir. Aynı zamanda toplu enerji kullanımının artması, enerji hizmetleri için yerli piyasaların gelişmesi ile dağıtım şirketlerinin yeni rollere ve sorumluluklara sahip olması ve de eski rollerine ilave bazı sorumluluklar almaları gerekecektir. Kaynakların etkili şekilde entegre olması için dağıtım şirketinin, şebekeyi aktif bir şekilde yönetmesi gerekmektedir. Mevcut durumda dağıtım şirketlerinin yönetim yetkinlikleri açısından gelişmeye ihtiyacı bulunmaktadır. Önümüzdeki yıllarda dağıtım şirketlerinin ilave sorumlulukları aşağıdaki maddeleri içerebilir:

1. Elektrikli araçların artmasıyla ulaştırma sektöründeki elektrifikasyon ile birlikte gelen şebekedeki puant yükün artışından kaynaklı yatırım gereksinimlerini azaltmak için dağıtım şirketleri, akıllı şarj kullanılması yoluyla talep esnekliği yaratma ve puant talebi kaydırma işlemlerini yapması için talep toplayıcılarını ya da doğrudan elektrikli araç sahiplerini teşvik etmelidir. Böylece zamana bağlı daha ekonomik bir çözüm getirilmiş olacaktır.
2. Dağıtım şirketleri, mevcut durumda iletim sistem operatörlerinin üstlendiği birçok sistem yönetimi yetkinliğine sahip olmak zorunda kalacaktır. Kısıtları yönetmek ve şebeke güvenliğini sağlamak için gerekli kaynakları oluşturmak ve planlamak amacıyla piyasa bazlı çözümleri sağlamaları gerekmektedir. Dağıtım şirketleri; anlık gözetleme, şebeke varlıklarının kontrolü ve tedarik sürecinin akıllı yönetimi için gelişmiş denetleme ve veri temini süreçlerine ihtiyaç duymaktadır.
3. Dağıtım şirketleri şebeke denetimi artışı, daha değişken ve çift yönlü sistemleri yönetebilen gelişmiş gerilim kontrolü ve otomatik değişim veya akıllı arıza sınırlayıcısıyla arıza seviyesi yönetimi ile şebeke kapasitesini daha etkin kullanarak dağıtım şebekelerini yöneteceklerdir.
4. Aktif olarak yönetilen şebekelere başarılı olarak geçilmesi, dağıtım şirketlerinin hem operasyonel şebeke yönetimi hem de piyasa yönetimi için dijitalleşmeye¹² önem vermesi ile mümkün olacaktır.
5. Şeffaflık (büyük çaplı şebeke verisine erişim) sistemdeki değişimlere anlık cevap verme süreçlerinde, düzenleyici denetimlerinde ve paydaş kabullerinde önemli bir rol oynayacaktır.

¹² Dijitalleşme, akıllı sayaçların kurulumunu, tüketicinin tüketim verilerine erişimini; şebekenin gerçek zamanlı izlenmesi ve piyasa platformları aracılığıyla şebeke kapasitesinin ve kısıtlamalarının şeffaflığı için yaygın sensör ve büyük veri analitiği uygulamalarını içerir.

Dağıtım ve İletim Şirketleri Arasındaki İş birliği

Dağıtım şirketlerinin gelecekteki rolü ve iletim sistemi operatörü ile ilişkisi hakkındaki temel sorular, üretim kapasitesinin iletimden dağıtım şebekesine kaymasıyla ve dağıtık üretim kaynakları ile yerel piyasalar aracılığıyla oluşan hizmetlere bağlılığın artmasıyla alakalıdır. Ancak hizmetlerin çoğunun hem iletim hem dağıtım şebekesini yönetme ile alakalı olmasından dolayı dağıtım şirketleriyle iletim sistemi operatörleri kendilerini rekabet ederken bulabilir. Dolayısıyla iş birliğinin düzenlemelerle belirlenmesi, görevlerin tanımlanması kritik öneme sahiptir (EDAŞ'lar için yeni iş modelleri ve TEİAŞ-EDAŞ İşbirliği hakkında daha detaylı bilgi için Enerji Verimliliği Çözümü: Sistem Verimliliği raporunu inceleyiniz.) (SHURA, 2019). Kısıtların yönetimi, farklı yaklaşımlarla dağıtım şirketi ve iletim sistem operatörü arasında ortak olarak yönetilebilir ve her bir yöntemin kendine has artıları ve eksileri bulunmaktadır.

1. Opsiyon: Ayrışmış İletim ve Dağıtım Kısıt Yönetimi

Yerel piyasaların olmasıyla dağıtım şirketi, iletim sistem operatörünün kısıt yönetimi ve sistem dengelemesinden ayrı olarak kısıt yönetimi için özel bir çözüm sağlar. Bu durum, gerilim ile ilgili ürünlerin belirlenmesi ve bu ürünlerin talep toplayıcılarıyla piyasaya girmelerinin kolaylaşmasını sağlamaktadır. Ayrıca bu durum iletim sistemi operatörü ve dağıtım şirketlerinin kendi piyasa süreçleri arasında koordinasyon olsa bile piyasanın ayrışmasına sebep olacaktır. Teklifler yerel piyasalarda işlem görebilir ve diğer tüm piyasalarla tam olarak birlikte çalışamaz hale gelebilir.

2. Opsiyon: Bütüncül İletim ve Dağıtım Kısıt Yönetimi, Ayrı Dengeleme Yönetimi

Bu modelde yeni bir kısıt yönetimi piyasası, iletim sistem operatörü ve dağıtım şirketlerinin ihtiyaç ve kural bilgilerini (zaman planı, veri değişimi, aktivasyon kuralları, uzlaştırma vb.) sistematik bir şekilde elde eder. Buradaki en büyük avantaj, iletim sistem operatörü ve dağıtım şirketinin kısıt ile alakalı gerekliliklerini -Bazı durumlarda bu aynı gereklilik olabilir- ortak bir şekilde optimize edebilmesi ve bu sayede esneklik sağlayıcılara rekabetçi bir piyasa yaratıp toplam maliyeti azaltmasıdır. İdari süreçler, ürün özellikleri ve maliyet paylaşımı konuları önceden belirlenmelidir.

3. Opsiyon: Bütüncül Kısıt ve Dengeleme Yönetimi

Bu yöntemde tüm dengeleme ile kısıt yönetimi teklifleri ve işlemleri, entegre bir piyasa tabanlı süreçte toplanmıştır. Tek bir piyasa, esneklik hizmetlerini toplayıp işleme alarak dağıtım şirketlerinin ve iletim sistemi operatörlerinin tüm tekliflere erişebilmesini ve ortak bir şekilde işlemleri koordine etmesini sağlamaktadır. Kısıt yönetimi için dengeleme tekliflerinin kullanılması, lokasyon bazlı bilgileri gerektirmektedir.

Karar vericiler hangi opsiyonu seçerse seçsin, dağıtım şirketlerinin ve iletim sistem operatörlerinin sistem ve piyasa gereklilikleri birbiri ile ters düşebilir ve bu durumda yerel hizmetleri başarılı bir şekilde koordine edecek bir yöntem bulunmalıdır. Müşteriler, hizmetlerini istedikleri kişilere satabilmelidirler. Dağıtım şirketi ve iletim sistemi operatörü arasındaki bağ giderek daha karmaşık ve kritik olacağı için bazı belirli işlemleri birleştirmek faydalı olabilir.

9. Temel Çıkarımlar

Küresel ölçekte ülkeden ülkeye farklılık gösterse de genel olarak elektrik sistemleri büyük ölçekli elektrik santrallerinin pasif elektrik talebini karşıladığı geleneksel bir yapıya sahiptir. Son yıllarda hızla artış gösteren DEK'ler bu geleneksel yapıyı tüketicilerin daha aktif rol alacağı, elektriğin tüketime yakın noktalarda üretileceği merkezi olmayan bir yapıya doğru dönüştürmektedir. DEK'lerin daha çok piyasa ve şebeke entegrasyonu beraberinde başta sistem esnekliğinin artması olmak üzere birçok fayda sağlayacaktır.

Bu çalışma kapsamında, Türkiye'de dağıtık üretimin şebeke ve piyasa entegrasyonunda ortaya çıkabilecek fırsatlar, zorluklar, çözümler ve etkileri uluslararası deneyimlerden faydalanılarak farklı açılardan değerlendirilmiştir. Bu temel konuların anlaşılması ve olası problemlerin şimdiden öngörülmesi, dağıtık üretimin yaygınlaşması için uygulamaların ve politikaların belirlenmesinde kilit rol oynarken, kısa/orta/uzun dönemli planlamalar için yol gösterici olacaktır. Çalışmanın sonuçlarına dayanarak enerji politika yapıcıları, piyasa düzenleyicileri, dağıtım şebekesi operatörleri, üreten tüketiciler ve diğer enerji sektörü oyuncuları için dağıtık üretimle ilgili planlamalarda değerlendirilmesi kritik öneme sahip olan öncelikli konular belirlenmiştir.

Sistemin dengelenmesi konusunda sorumlulukların belirlenmesi: Halihazırda Türkiye'de çatı-üstü güneş FV sistemler, kendi dengesizliklerinden sorumlu değildir. Dengesizliklerin maliyetleri, tarifelere yedirilir. Mevcut durumda dağıtık üretim kurulumları, yüksek kapasitelere ulaşmamasından dolayı bu durum çok fazla sorun teşkil etmese de ilerleyen süreçte dağıtık üretimin daha çok entegrasyonu farklı yük eğrileri nedeniyle sistemde ve gerçek zamanlı elektrik piyasalarında dengesizliklere neden olacaktır. Dolayısıyla bu dengesizliklerden oluşan sistem maliyetleri, dengesizlikleri yapan sorumlulara yansıtılmalıdır. Türkiye'de bugün uygulanmakta olan aylık mahsuplaşma uygulamasında, olası dengesizlikler için maliyetler tarifelere yedirilmiştir ve dağıtık üretim sahipleri bu sorumluluktan muaftır. Dağıtık üretimin belirli bir entegrasyonundan sonra, dünya genelindeki örneklerde olduğu gibi sistemin gerçek maliyetinin üreten tüketicilere de yansıtacağı Faturalandırma veya Al-Sat gibi fiyatlama uygulamalarıyla öztüketimi sayaç arkası batarya kullanımıyla daha çok teşvik edici sistemlere geçiş yapılabilir. Bu noktada, akıllı sayaçların altyapısının oluşturulması, dengesizlik sorumluluklarının ve piyasa oyuncularının yeni görevlerinin belirlenmesi kritik önem taşımaktadır.

Üreten tüketicilerin veri çekişlerinin şebeke ve piyasa koşullarına uyumlu hale getirilmesi ve ani talep değişimlerinin yönetilmesi: Dağıtık enerji kaynaklarının artmasıyla birlikte sayaç arkası kurulumlardan oluşan net yüklerin, şebeke koşullarına ve gerçek şebeke maliyetlerine göre optimize edilmesi hem dağıtık üretime sahip tüketiciler açısından hem elektrik sistemi açısından birçok fayda sağlamaktadır. Diğer bir deyişle, şebekede elektrik arzının fazla olduğu durumlarda sistemden çekilmesi, az olduğu durumlarda sisteme verilmesi kritik öneme sahiptir. Bunun en önemli faydası ise puant yüklerin azaltılmasıdır. Diğer taraftan, dağıtık üretimin (özellikle çatı-üstü güneş FV kurulumlarının) artmasıyla gündüz saatlerinde elektrik üretimi, doğal olarak artacak ve akşam saatlerinde ise azalacaktır (ördek eğrisi). Güneşin doğmasıyla ani bir üretim artışının ve batmasıyla da ani bir üretim düşüşünün yaşanması, sistemin yönetilmesinde zorlukları beraberinde getirecektir. Bu durum elektrik sisteminin daha esnek olmasını gerektirir. Türkiye'de halihazırda yüksek bir güneş kapasite kurulumunun olmaması, bu problemle daha karşılaşılmadığı anlamına gelse de

ilerleyen süreçte güneş kapasite kurulumlarının artması; küresel ölçekteki örneklerde olduğu gibi üretim tüketim dalgalanmalarının sistemin ilgili zamandaki gerçek koşulları dikkate alınarak yönetilmesini gerektirecektir. Dalgalanmaların yönetilmesinde, iki yaklaşım düşünülebilir. Birincisi elektrik sisteminin daha çok esnek olması sağlanabilir, böylelikle kısıt yönetiminde elektrik piyasasından faydalanılabilir. İkincisi ise dağıtım şirketlerinin üreten tüketicilerin şebeke veri ve çekişlerini şebekenin gerçek koşullarına göre ayarlamalarını teşvik etmek için akıllı tarifeleri kullanması olacaktır. Böylelikle şebeke ve piyasa maliyetlerinin tam olarak yansıtıldığı tarifeler vasıtasıyla dağıtık üretim sahibi tüketicileri, puant elektrik talebinin olduğu saatlerde üretmeye diğer saatlerde ise tüketmeye yönlendirilebilir. Bunun için gelişmiş ölçüm altyapıları, sayaç arkası batarya uygulamaları ve piyasanın maliyetleri yansıtması gerekecektir. Mevcut durumda, Türkiye’de uygulanmakta olan dağıtım tarifi tek zamanlı olup, sistemin zamana ve hatta bölgelere bağlı gerçek koşullarını tam olarak yansıtmamaktadır. Önümüzdeki dönemde, dağıtık enerji kaynaklarının yönetilmesinde ve onlardan azami derecede faydalanılmasında kritik öneme sahip akıllı tarife yapılarının planlanması ve tüketicilerin yüklerini optimize etmelerine teşvik edecek fiyatlama uygulamalarının hayata geçirilmesi önem arz etmektedir.

Elektrik sistemi güvenilirliğinin sağlanması: Dağıtık üretimin artmasıyla birlikte hem dağıtım şebekesinde hem de genel olarak tüm elektrik sisteminde teknik zorluklar ortaya çıkabilmektedir. Bölgesel oluşabilecek ilk zorluklar, eğer önlem alınmazsa iletim sisteminin işletilmesiyle ilgili de sorunlar doğurabilecektir. Geleneksel elektrik sistemlerinde, elektrik akışı yüksek gerilim iletim hatlarından, AG dağıtım şebekesi seviyesine doğru akar. Artan çatı-üstü güneş FV kurulumlarıyla birlikte, elektrik akışları AG’den yüksek gerilime doğru akmaya başlar. Talebin düşük ve dağıtık üretimin fazla olduğu günlerde üretimin dağıtım seviyesinden iletime doğru akması, tüm sistem için özellikle dağıtım şebekeleri için gerilim yönetilmesi, şebeke elemanlarının yükleme kapasitelerinin aşılması, fiderlerdeki arıza tespiti zorluğu ve sistem esneklik sorunları gibi problemleri beraberinde getirebilir. Türkiye elektrik sistemi güçlü bir altyapıya sahip olsa da daha önce bu şekilde oluşan problemleri test etme şansı olmamıştır. Şebekelerin çift yönlü akışları ve yük dalgalanmalarını yönetebilmesinin sağlanması hem teknik çözümlerle hem düzenlemelerle sağlanabilir. Şebeke yatırımlarını ve iyileştirmeleri azaltmak için DEK sahiplerine tüketimlerini ve FV üretimini, şebeke koşullarına göre optimize etmek için yeterli fiyat sinyalleri sağlayacak düzenleme altyapısı oluşturulmalıdır. DEK bağlantı anlaşmaları ile bu kaynakların sistem frekansındaki değişimlere tepki verecek şekilde toleranslı olması sağlanmalıdır. Dolayısıyla, Türkiye dağıtım şebekesine bağlanacak DEK’lerin role açma limit değerleri standartlarının düzenlenmesi gereklidir.

DEK’lerin izlenebilirliğinin ve kontrol edilebilirliğinin sağlanması: Elektrik sistemi operatörleri, şebekeyi ve gerekli hizmetleri yönetebilmek için gerçek zamanlı olarak arz ve talebi her zaman izleyebilmelidir. Yük miktarında ve yük değişimlerinde belirsizlik arttıkça operasyonel riskler de artmaktadır. Türkiye elektrik sistemi, yük tevzi merkezleri vasıtasıyla bu görevleri yerine getirmektedir. Sayaç arkası üretim ve tüketimler, şebeke operatörleri için görünmezdir. Dolayısıyla sayaç arkasında üretilen, tüketilen ve depolanan yükün tek bir net yük olarak görülmesi, bu kaynaklardaki olası davranış farklılıkları (örn. hava değişimleri, vb.) da sorun teşkil edecektir. İstatistiksel veriler bile (konum, kapasite vb.) sadece dağıtık üretimlerin kurulum aşamasında toplanır. Ancak çoğu durumda dağıtım şebekesi operatörleri, şebekeyi bu artan “görünmez” kaynak payıyla işletmek zorundadır. Türkiye’de halihazırda yapılmakta olan dağıtık üretim kurulumlarının istatistiksel verilerinin toplanması, ilk

aşamada atılması gereken adımlar arasındadır. İkinci adım olarak, potansiyel DEK yatırımcıları için mevcut şebekenin barındırma kapasitesi ve şebekenin bağlantı noktaları hakkında bilgiler (şebeke iyileştirme ihtiyacı vb.) içeren kapasite barındırma haritalarının oluşturulmasıdır. Son olarak, DEK operasyonunun görünürliğini ve kontrol edilebilirliğini sağlayan akıllı sayaçlar ve akıllı inverterler için altyapının hızlıca hayata geçirilmesi en önemli konuların başında gelmektedir. Türkiye’de bunun yapılabilmesi için düzenleyici çerçevenin ve sayaç altyapısı kurulumu sorumluluğunun oluşturulması, bu gelişimi hızlandıracak teşvik sistemlerinin ve iş modellerinin hayata geçirilmesi gerekecektir.

Dağıtık üretimin piyasa entegrasyonunu sağlayacak düzenlemelerin hayata

geçirilmesi: Dağıtık enerji kaynaklarının; toptan elektrik piyasalarına, yan hizmetler piyasasına ve varsa kapasite piyasalarına katılımı sağlanarak piyasa, fiyat sinyallerine maruz bırakılabilir. Bu sayede sistemin esnekliği artacaktır. Ayrıca dağıtık üretimler için yeni gelir akışı kalemlerinin yaratılması, bu kaynakların yaygınlaşmasını da teşvik eder. Bu katılımın sağlanması, talep toplayıcılar (aggregators) aracılığıyla ya da doğrudan bu piyasalara katılım limitlerinin düşürülmesi yoluyla gerçekleştirilebilir. Türkiye’de dağıtık enerji kaynaklarının belirtilen piyasalara katılımı mümkün olmamakla birlikte, toplayıcıların tanımı ve görevlerinin belirlendiği bir mevzuat altyapısı oluşturulmamıştır. İlgili piyasalara katılım için belirlenen minimum limitler, dağıtık üretimlerin henüz doğrudan bu piyasalara katılmalarına da müsaade etmemektedir. Önümüzdeki süreçte, dağıtık enerji kaynaklarını ilgili piyasalara dahil etmek için düzenlemelerin ve uygulamaların belirlenmesi, bu kaynaklardan elde edilecek yararları artıracaktır.

Mevcut ulusal tarifelere gerçek sistem maliyetlerinin yansıtılması: Elektrik şebekeleri, geçtiğimiz yıllar boyunca şehirden kırsala doğru hızlı bir şekilde genişlemiştir. Çok maliyetli olan bu yatırımlar, zaman içinde sistemi kullanan tüm müşteriler arasında paylaşılmıştır. Elektrik piyasalarında yaşanan liberalleşmeyle birlikte sistemde oluşan maliyetlerin, tüketici tarifelerine yansıtılması konusu tartışılmaya başlanmış, artan DEK’ler ile bölgesel maliyetler de artık önemli hale gelmiştir. Dünya genelinde birçok uygulama yapılıyor olsa da dağıtım şebekelerinin bölgesel olarak mevcut sistem maliyetlerini yansıtacak şekilde tasarlanmış olması ve çok zamanlı olarak uygulanması birçok fayda sağlamaktadır. Türkiye’de bölgesel bir tarife yapısına geçiş, hassas bir konu olmakla birlikte beraberinde birçok sistemsel zorluğu getirebilecektir. Şebeke tarifelerine sistem maliyetlerinin tam olarak yansıtılması, karmaşık olmakla birlikte genellikle politik bir konudur. Her türlü değişiklikten önce hem farklı tüketici grupları hem de yatırım sinyalleri üzerindeki etkisinin dikkatlice değerlendirilmesi gerekir.

Dağıtık üretimin artmasına destek olacak performansa dayalı düzenleme

altyapısının oluşturulması: Dağıtık üretimin artmasıyla bu sistemlere sahip olan tüketicilerin, dağıtım şebekesini daha az kullanmaları sonucunda dağıtım şebekesi gelirlerinde azalma yaşanabilir. Her ne kadar Türkiye’de dağıtım şirketlerinin gelir gereksinimleri ve tavanları düzenlemelerle belirlenmiş olsa da çok sayıdaki dağıtık üretimin şebeke entegrasyonu, dağıtım şebekesi tariflerinden gelecek olan gelirin aynı seviyelerde tutulabilmesi için dağıtım bedelinde ilerleyen aşamada artış söz konusu olabilir. Bu durum, sistemi kullanan diğer elektrik tüketicilerine daha yüksek dağıtım bedeli olarak yansiyabilir. Dolayısıyla, tüketicilerin maliyetlerini en aza indirmeyi hedefleyen, geleneksel gelir tavanı düzenlemesinin ötesinde, dağıtık üretim artışı gibi hedeflerin gerçekleştirilmesine destek olacak performansa dayalı teşviklerle birleştirilmiş

toplam maliyeti dikkate alan bir fiyatlama stratejisine ve düzenleme altyapısına ihtiyaç olacaktır.

Dağıtım şirketlerinin yeni rollerin belirlenmesi ve iletim sistemi operatörüyle olan iş birliğinin geliştirilmesi: Dağıtık enerji kaynaklarının artmasıyla birlikte dağıtım şirketlerinin mevcut durumlarından farklı olarak, ilave yeni sorumluluklar alması gerekecektir. Dağıtım şirketleri, DEK'leri kullanarak gerilim desteği ve kısıt/puant yük yönetimi gibi esneklik hizmetleri sunabilir. Ayrıca bu şirketler, DEK'leri optimum şekilde yöneterek sistem kısıtlarını önleyebilir ve maliyetli şebeke yatırımlarını erteleyebilir. Türkiye'de EDAŞ'ların, DEK'lerin yaygınlaşmasını sağlayacak yeni ilave görevlerinin tanımlanması ve elektrik sisteminin etkin şekilde yönetilebilmesi için TEİAŞ - EDAŞ iş birliğinin geliştirilmesi gerekecektir. EDAŞ'ların DEK'leri kullanarak sistem esnekliği sağlamasına fırsat veren ve TEİAŞ - EDAŞ iş birliğinin geliştirilmesini sağlayacak mevzuat altyapısının oluşturulması ve uygulamaların hayata geçirilmesi kritik öneme sahiptir.

- AA, 2021. <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/enerji-ve-tabii-kaynaklar-bakani-donmez-guneste-mini-yeka-yarismalari-icin-basvurular-2-ay-icinde-alinacak/2099943>
- ACER, 2020. “Energy Retail and Consumer Protection Volume”. <https://acer.europa.eu/en/Electricity/Market%20monitoring/>
- AEMO, 2020. <https://aemo.com.au/en>
- Austin Energy, 2019. <https://austinenergy.com/ae/rates/residential-rates/value-of-solar-rate>
- BNetzA, 2019a. https://www.bundesnetzagentur.de/cln_112/EN/Home/home_node.html
- BnetzA, 2019b. “Monitoring Report 2019”. https://www.bundesnetzagentur.de/cln_112/EN/Home/home_node.html
- CAISO, 2013. https://www.caiso.com/Documents/FlexibleResourcesHelpRenewables_FastFacts.pdf
- CEER, 2019a. “Regulatory Aspects of SelfConsumption and Energy Communities”, https://www.ceer.eu/eeer_publications/ceer_papers
- CEER, 2019b. “CEER Position Paper on Renewable Energy Self-Generation”. https://www.ceer.eu/eeer_publications/ceer_papers
- CPUC, 2020. <https://www.cpuc.ca.gov/general.aspx?id=3800>
- E-control, 2016. https://news.wko.at/news/oesterreich/Konsultationsentwurf_Tarife-2-0_Strom.pdf
- ENA, 2019. <https://www.energynetworks.org/creating-tomorrows-networks/open-networks>
- Energysage, 2020. <https://news.energysage.com/net-metering-2-0-in-california-everything-you-need-to-know/>
- EUR-Lex, 2016a. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:JOL_2016_112_R_0001
- EUR-Lex, 2016b. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52016PC0767R%2801%29>
- EUR-Lex, 2019a. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0944>
- EUR-Lex, 2019b. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0943>
- Faruqui and Bourbonnais, 2020. <https://www.energyregulationquarterly.ca/articles/time-of-use-rates-an-international-perspectives>
- FERC, 2018. “Distributed Energy Resources. Technical Considerations for the Bulk Power System”. https://www.ferc.gov/sites/default/files/2020-05/der-report_0.pdf
- Hawaii Electric, 2021a. <https://www.hawaiianelectric.com/clean-energy-hawaii/our-clean-energy-portfolio/renewable-energy-sources>
- Hawaii Electric, 2021b. <https://www.hawaiianelectric.com/products-and-services/customer-renewable-programs/private-rooftop-solar/net-energy-metering>

Hawaii Electric, 2021c. https://www.hawaiianelectric.com/documents/products_and_services/customer_renewable_programs/nem/guide_to_nem.pdf

Hawaii Electric, 2021d. <https://www.hawaiianelectric.com/products-and-services/customer-renewable-programs/private-rooftop-solar/smart-export>

IEA, 2016. https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/National_Survey_Report_of_PV_Power_Applications_in_Denmark_-_2016.pdf

IEA, 2019. “Renewables 2019”. <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>

IEA, 2020. “Renewables 2020”. <https://www.iea.org/reports/renewables-2020>

IEEE, 2018. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8332112>

IREC, 2017. <https://irecusa.org/publications/optimizing-the-grid-regulators-guide-to-hosting-capacity-analyses-for-distributed-energy-resources/>

IRENA, 2017. “Adapting market design to high shares of variable renewable energy”. <https://www.irena.org/publications>

IRENA, 2019a. “Renewable Power Generation Costs in 2019”. <https://www.irena.org/publications>

IRENA, 2019b. “Future of Solar PV”. <https://www.irena.org/publications>

IRENA, 2019c, “Future role of Distribution System Operators, Innovation landscape brief” <https://www.irena.org/publications>

Jager-Waldau, 2018. <http://www.europeanenergyinnovation.eu/Articles/Autumn-2018/Rooftop-PV-and-self-consumption-of-electricity-in-Europe>

Lazar, 2014. <http://www.raponline.org/wp-content/uploads/2016/05/rap-lazar-teachingducktofly-2014-jan.pdf>

Nagarajan, 2018. “Ph.D. Greening the Grid: Best Practices for Grid Codes for Renewable Energy Generators”

National Grid, 2019. “Panel of Technical Experts 2019” <https://www.gov.uk/government/publications/national-grid-electricity-capacity-report-2019-findings-of-the-panel-of-technical-experts>

NREL, 2015. <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65023.pdf>

NREL, 2017. “Grid-Connected Distributed Generation: Compensation Mechanism Basics”. <https://www.nrel.gov/research/publications.html>

PV Magazine USA, 2020. <https://pv-magazine-usa.com/2020/06/16/solar-hosting-capacity-maps-must-be-accurate-to-be-useful/>

RAP, 2017. “Supplier Compensation”, <https://www.raponline.org/wp-content/uploads/2017/06/rap-baker-unleashing-demand-response-effective-supplier-compensation-2017-june.pdf>

RAP, 2018. <https://www.raponline.org/knowledge-center/article-17-of-the-recast-internal-market-directive-and-the-benefits-of-aggregated-demand-response/>

RAP, 2019a. <https://www.raponline.org/knowledge-center/start-with-smart-promising-practices-integrating-electric-vehicles-grid/>

RAP, 2019b. <https://www.raponline.org/blog/uk-august-9-blackout-cause-lessons-learned/>

RAP, 2019c. <https://www.raponline.org/knowledge-center/performance-based-regulation-aligning-incentives-clean-energy-outcomes/>

RAP, 2020. <https://www.raponline.org/wp-content/uploads/2020/01/rap-lazar-chernick-marcus-lebel-electric-cost-allocation-new-era-2020-january.pdf>

Ravdex, 2019. <http://ravdex.dk/media/2146/mjj-mjj-2019-09-05-00148-01-tl-mjj-2019-09-19.pdf>

Reneweconomy, 2020. <https://reneweconomy.com.au/rooftop-solars-stunning-surge-to-new-records-as-australia-installs-reach-2-5-million-55528/>

RES Legal, 2019. <http://www.res-legal.eu/search-by-country/denmark/single/s/res-e/t/promotion/aid/premium-tariff-law-on-the-promotion-of-renewable-energy/lastp/96/>

Resmi Gazete, 2013a. “Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ”. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/10/20131002.htm>

Resmi Gazete, 2013b. “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik”. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/10/20131001.htm>

Resmi Gazete, 2018. “Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 28/12/2017 Tarihli ve 7590 Sayılı Kararı”. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/01/20180118.htm>

Resmi Gazete, 2019. “Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği”. <https://www.resmigazete.gov.tr/12.05.2019>

SHURA, 2020a. “Türkiye Elektrik Sistemi için En Ekonomik Katkı: Enerji Verimliliği ve Yeni İş Modelleri: Enerji Verimliliği Çözümü: Sistem Verimliliği”

SHURA, 2020b. “Binalarda Çatı Üstü Güneş Enerjisi Potansiyeli – Türkiye’de Çatı Üstü Güneş Enerjisi Sistemlerinin Hayata Geçmesi için Finansman Modelleri ve Politikaları”

SHURA, 2020c. “Türkiye enerji dönüşümünü hızlandırmak için 2020 yılı sonrası düzenleyici politika mekanizması seçenekleri:Şebeke ölçeğinde ve dağıtık güneş ve rüzgâr enerjisi kapasite kurulumları”

SHURA, 2020d. “Salgın Sonrasında Enerji Dönüşümü ile Sürdürülebilir Büyüme”

Solar Power World, 2019a. <https://www.solarpowerworldonline.com/2019/04/case-study-ii-analyzing-sces-new-tou-rates-with-solarstorage/>

Solar Power World, 2019b. <https://www.solarpowerworldonline.com/2019/03/smart-inverters-define-relationship-ders-grid/>

SolarPower Europe, 2019. “EU Market Outlook for Solar Power 2019-2023”. <https://www.solarpowereurope.org/eu-market-outlook-for-solar-power-2019-2023/>

T&D World, 2018. <https://www.tdworld.com/grid-innovations/generation-and-renewables/article/20971879/how-much-der-fits>

TEİAŞ, 2021. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari>

Voltalis, 2020. “Demand-side response today for tomorrow”. <https://corporate.voltalis.com/corporate>

NOTLAR

İstanbul Politikalar Merkezi

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

European Climate Foundation

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

Agora Energiewende

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



Evliya Çelebi Mh. Kibelezade
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:

