



Karbonsuzlaştırılmış ve güvenli bir AB elektrik sistemini desteklemek için esneklik çözümleri

European Environment Agency



Avrupa Çevre Ajansı Kongens
Nytorv 6
1050 Kopenhag K
Danimarka

Tel.: +45 33 36 71 00
Web: eea.europa.eu
Sorularınız: eea.europa.eu/sorular

ACER

AB Enerji Düzenleyicileri İşbirliği
Ajansı
Trg republiki 3,
SI-1000 Ljubljana, Slovenya

Tel: +386 (0) 8 205 34 00
Web: acer.europa.eu
Sorularınız: basin@acer.europa.eu

Yasal uyarı

Bu yayının içeriği Avrupa Komisyonu'nun veya Avrupa Birliği'nin diğer kurumlarının resmi görüşlerini yansıtmaz. Ne Avrupa Çevre Ajansı ne de Ajans adına hareket eden herhangi bir kişi veya şirket bu raporda yer alan bilgilerin kullanımından sorumlu değildir.

Brexit duyurusu

Avrupa Çevre Ajansı ürünleri, web siteleri ve hizmetleri, Birleşik Krallık'ın AB'den çekilmesinden önce yürütülen araştırmalara atıfta bulunabilir. Birleşik Krallık ile ilgili araştırmalar ve veriler genellikle şu terimler kullanılarak açıklanacaktır: 'AB-27 ve Birleşik Krallık' veya 'AEA-32 ve Birleşik Krallık'. Bu yaklaşımın istisnaları, kullanımları bağlamında açıklanacaktır.

Yayın politikası

Çevreyi korumak için Avrupa Çevre Ajansı yalnızca dijital yayınları destekler. Yayınlarımızı basmıyoruz.

Telif hakkı bildirimi

© Avrupa Çevre Ajansı, 2023 ve © AB Enerji Düzenleyicileri İşbirliği Ajansı, 2023 Kaynak belirtilmesi koşuluyla yeniden üretilmesine izin verilmektedir.

Avrupa Birliği hakkında daha fazla bilgi şu adreste mevcuttur: https://european-union.europa.eu/index_en.

Lüksemburg: Avrupa Birliği Yayın Ofisi, 2023

ISBN'si 978-92-9480-603-1
DOI: 10.2800/104041

Kapak tasarımı: EEA

Kapak fotoğrafı: © Niclas Dehmel [Açıklama](#)

Düzen: Formato Verde/EEA

İçindekiler

Yönetici Özeti	5
Özet ve öneriler	6
1 Avrupa'nın enerji güvenliğini artırmak ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek uyumlu hedeflerdir, ancak bunları gerçekleştirmek için enerji sisteminin uyarlanması için acil değişikliklere ihtiyaç vardır	8
1.1 NECP'ler Avrupa'nın karbonsuzlaşma yörüngesini göstermelidir	9
1.2 Esnekliğin, yenilenebilir enerjinin hızla yaygınlaşmasıyla birlikte iki katına çıkarılması gerekiyor	10
1.3 Esneklik zorluğunun üstesinden gelmek için önemli yasal çabalar devam ediyor	11
1.4 NECP'ler ve ulusal projeksiyonlar, Üye Devletlerin bölgesel politikalarla sinerji yaratmalarına yardımcı olmak için güçlü araçlar haline gelebilir. esneklik konusunda koordinasyon	11
2 Rüzgar ve güneş kaynaklarının sorunsuz bir şekilde entegre edilmesi, iklimle uyumlu bir enerji sistemine geçiş yaptığımız bu on yıl için önemli bir zorluktur	12
2.1 Değişken yenilenebilir enerji kaynakları en hızlı büyüyen elektrik kaynaklarıdır	12
2.2 Talep ile değişken yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki dinamikleri anlamak, enerji sisteminin geleceği açısından önemlidir	13
2.3 2030 yılına kadar yenilenebilir enerjinin hakim olduğu bir Avrupa elektrik sisteminde esneklik ihtiyaçları iki katına çıkacak	16
3 Umut vadeden iklime uyumlu esneklik çözümleri mevcuttur. Bu on yıl için temel olanlar arasında talep yanıtı, enerji depolama ve gelişmiş bağlantı yer almaktadır	20
3.2 Talep yanıtı, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının hakim olduğu gelecekteki bir enerji sisteminde önemli bir aktör haline gelmelidir	25
3.3 Enerji sistemi entegrasyonu esnekliği artırır ve son kullanımın karbondan arındırılmasını destekler	29
4 Tüm güçler seferber edilmeli ve sınırlar ötesinde tamamlayıcılık sağlanmalıdır; esneklik zorluğunun üstesinden gelmek için geniş bir kaynak ve destekleyici politika karışımına ihtiyaç vardır	32
4.1 Tüm zaman dilimlerinde esnekliğe ihtiyaç vardır	32
4.2 Esneklik ihtiyaçları, sınır ötesi esnekliğin sağlayıcıları olarak bağlantı hatlarının rolüne işaret ediyor	32
4.3 Güçlü siyasi taahhüt ve koordinasyon anahtardır	33
Referanslar	34



Yönetici Özeti

Bu on yılda AB elektrik tedarikinde önemli bir karbonsuzlaştırma görülecektir. Rusya'nın Ukrayna'ya karşı saldırgan savaşına yanıt olarak tüm Üye Devletlerde rüzgar ve güneş enerjisi üretiminin beklenen hızlı dağıtımı ve Avrupa'nın 2050 yılına kadar 'net sıfır' emisyonlu bir kıta olma taahhüdü ('Fit-for-55' ve yaklaşan 2040 AB iklim hedefinde ifade edilmiştir) tarafından yönlendirilen cesur değişimler gerçekleşmektedir (1).

Bu makalenin yazıldığı sırada Avrupa Komisyonu'na (EC) sunulan Üye Devletlerin son 10 yıllık ulusal enerji ve iklim planları, bazı ülkelerde bu iki yenilenebilir enerji kaynağının kullanımında dikkate değer, genellikle üç haneli, planlı bir büyüme önermektedir. Yenilenebilir elektrik üretimi 2030 yılına kadar iki katına çıkmalıdır. Hava durumuna bağlı çıktıyı yönetmek için enerji sistemi hem talep hem de arz tarafından yeterli esneklik kaynaklarını ölçekte sağlamalıdır.

Esneklik, AB güç sisteminin dalgalanan enerji üretimi ve tüketimine uyum sağlama yeteneğidir.

Enerji dönüşümünü etkili bir şekilde sunmak, tüm enerji sistemi genelinde sistemsel, verimli ve adil iyileştirmeler gerektirecektir. Avrupa Çevre Ajansı (EEA) ve AB Enerji Düzenleyicileri İşbirliği Ajansı (ACER) tarafından yapılan bu analiz, giderek karbondan arındırılmış bir AB güç sisteminde esneklik zorluğunun (2030 yılına kadar esnekliğin iki katına çıkarılması gerekiyor) temel unsurlarını ortaya koymaktadır.

Temel esneklik kaldırmaçlarını tanımlar. Üye Devletlerin talep tepkisi gibi esneklik kaynaklarının potansiyelini değerlendirmelerini ve açığa çıkarmalarını ister. Bölgesel işbirliği için Üye Devletlerin esneklik ihtiyaçlarını daha iyi tahmin etmek ve karşılamak amacıyla daha eksiksiz enerji parametrelerine sahip iki yıllık ulusal sera gazı emisyon projeksiyonlarının yanı sıra NECP'ler için önemli bir yeni rol için kapsam görür. Bağlantıların sınırlar ötesinde esneklik çözümlerini mümkün kılmadaki önemli rolüne işaret eder. Politika yapıcıların, uygun olduğu durumlarda sınırlar ötesinde tüm esneklik kaldırmaçlarını değerlendirerek ve kullanarak yaklaşımlarını koordine etmelerini önerir. Başlıca bulguları aşağıdaki kutuda özetlenmiştir.

(1) 2024 yılında Avrupa Komisyonu (EC) tarafından önerilecek.

Özet ve öneriler

1. Avrupa'nın enerji güvenliğini artırmak ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek uyumlu hedeflerdir ancak bunları gerçekleştirmek enerji sistemini uyarlamak için acil değişiklikler gerektirir. AB ve ulusal politika yapıcılarının, düzenleyicilerin, enerji şebekesi operatörlerinin ve kullanıcılarının katılımı kilit öneme sahip olacaktır.
2. Yenilenebilir enerjilerin yaygınlaştırılmasının hızlandırılması gerekiyor ancak aynı zamanda zorluklar da getiriyor. Enerji sistemi, dalgalanan yenilenebilir elektrik arzına uyum sağlamak için yeterli esneklik kaynakları (hem talep hem de arz tarafından) sağlamak üzere ölçekte uyum sağlamalıdır. Bugün, yenilenebilir enerjileri destekleyen esnekliğin çoğu fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır.
3. Esneklik zorluğu önemlidir - 2030'a kadar bugünün esnekliğinin iki katına ihtiyaç vardır - geniş bir (temiz) esnek kaynak ve destekleyici politika karışımı gerektirir. Esneklikteki artışın yenilenebilir enerjideki artışla eşleşmesi gerekir.

Çözüm nedir?

- a. Yenilenebilir enerji kaynakları, iklim değişikliğini azaltmanın yanı sıra Avrupa'nın enerji bağımsızlığını da artırmanın iki faydasını sağlar.
- b. Çok umut vadeden ve iklim dostu esneklik kaynakları mevcuttur (örneğin talep yanıtı veya enerji depolama) ve bunların daha fazla açığa çıkarılması gerekmektedir.
- c. Avrupa'nın birbirine bağlı enerji sistemi de çözümün bir parçasıdır ve esneklik ile yenilenebilir enerjinin sınır ötesi tedarikine olanak tanır.
- d. Esneklik ihtiyaçlarının ulusal düzeyde tamamlayıcı değerlendirmelerinin yapılması ve sınırlar ötesi ortak politikaların benimsenmesi için daha koordineli bir 'herkesin katılımı' yaklaşımı, daha geniş kapsamlı faydalar sağlayabilir.
- e. Avrupa'nın enerji sisteminin en azından iki önemli şekilde değişmesi gerekiyor:

• **Enerji sisteminin koordineli planlamasını ve işletimini kullanarak karbonsuzlaştırmayı ve arz güvenliğini aynı anda yönetin:**

- AB düzeyinde güç sisteminin esneklik ihtiyaçlarını düzenli olarak değerlendirin ve Üye Devletlerin Ulusal Enerji ve İklim Planları (NECP'ler) ve iki yılda bir ilerleme raporlamasında ulusal sera gazı projeksiyonları aracılığıyla ulusal yaklaşımlar üzerindeki koordinasyonu derinleştirin. Üye Devletlerin esneklik ihtiyaçlarını daha iyi karşılamalarına yardımcı olmak için bölgesel iş birliği konusunda NECP'ler ve projeksiyonlar geliştirmek için kapsam vardır.
- Sınır ötesi iletim kapasitelerini genişleterek ve birbirine bağlı sistemlerin ve pazarların işleyişini iyileştirerek elektriği daha geniş bir şekilde paylaşmak.
- Binalar ve ulaşım gibi ekonominin tüm sektörlerinde elektrifikasyonu optimize edin ve enerji depolama fırsatlarını artırın. Yenilenebilir enerjiyle doğrudan elektrifikasyon, talebi karbondan arındırmanın en etkili yollarından biridir.

• **Tüketicilerin ihtiyaç duyduklarında tüketimlerini aktif olarak uyarlamaları ve depolamanın dinamik olarak işletilmesi için teşvikler yaratın. Ayrıca:**

- Piyasa sinyallerinin ve maliyet yansıtıcı ağ ücretlerinin sunduğu potansiyeli en üst düzeye çıkararak, tüm sektörlerdeki tüketicilerin tüketim kalıplarını değiştirerek finansal fayda sağlamalarını sağlamak.
- Giriş engellerini ortadan kaldırın ve küçük, iklimle uyumlu esneklik kaynaklarının, geleneksel merkezi esneklik kaynaklarıyla eşit şartlarda tüm elektrik piyasalarına katılımını sağlamak için destekleyici yatırım çerçeveleri oluşturun.
- Enerji verimliliği de dahil olmak üzere giderek karmaşılaşan enerji sorunlarının üstesinden gelmelerine ve uygun ve bilinçli kararlar almalarına yardımcı olmak için hanelere ve küçük işletmelere sağlanan bilginin iyileştirilmesi.

1 Avrupa'nın enerji güvenliğini artırmak ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek uyumlu hedeflerdir, ancak bunları gerçekleştirmek için enerji sisteminin uyarlanması için acil değişikliklere ihtiyaç vardır

AB ve Üye Devletleri iklim açısından nötr bir geleceğe doğru ilerliyor. Yakın zamana kadar, odak noktası esas olarak AB'nin sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine kıyasla %55 oranında azaltmak için yaklaşan 2030 dönüm noktasıydı. Ancak Avrupa, Rusya'nın Ukrayna'yı işgaline daha hızlı ve daha derin bir enerji geçişiyle yanıt veriyor: tüm sektörleri karbondan arındırmak, enerji tasarrufu yapmak ve yerli yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi hızlandırmak. Aynı zamanda, artan bağlantı ve gelişmiş sınır ötesi kapasitelerle örneklenen AB enerji piyasası entegrasyonu, ulusal düzeyde fiyat artışlarını ve tedarik güvenliği sorunlarını hafifletmede önemli bir rol oynamıştır (ACER, 2023a).

Yenilenebilir enerji kullanımı enerji faturalarını daha uygun hale getirir, enerji ithalatına olan bağımlılığı azaltır ve iklim değişikliğini ve fosil yakıtlarla bağlantılı diğer sağlık ve çevresel etkileri hafifletir (EEA, 2023d). AB, yenilenebilir enerji kullanımını 2030 yılına kadar en az %42,5'e (ve muhtemelen %45'e kadar) çıkarmayı taahhüt etmiştir (Avrupa Birliği Konseyi, 2023).

Yenilenebilir enerjiyi artırmak iki yönlü fayda sağlıyor: AB'nin iklim hedeflerine ulaşmak ve aynı anda enerji verimliliğini artırmak. enerji bağımsızlığı.

AB politikaları ve araştırmaları, yenilenebilir kaynaklardan elektrikleştirmenin ısıtma ve ulaşım gibi temel enerji nihai kullanımlarında karbon emisyonlarını azaltma yeteneğini vurgulamaktadır (EC, 2021a; Clarke ve diğerleri, 2023; EEA, 2023a). Bu, yenilenebilir elektrik üretiminin 2021'deki %37'den 2030'a kadar %69'a veya daha fazlasına hızla büyümesini gerektirecektir (EC, 2022a) (2). Avrupa, yerel yenilenebilir elektrik potansiyeliyle iyi bir şekilde donatılmıştır. Yenilenebilir enerjilerin enerji sistemine fiili entegrasyonunu hızlandırmak, çift yönlü bir fayda sağlar: AB'nin iklim hedeflerini karşılamak ve aynı anda enerji bağımsızlığını ve stratejik özerkliği artırmak. Ancak, yenilenebilir enerjilerin sisteme hızlı bir şekilde entegre edilmesinin toplum için faydalı olması, yüksek/düşük yenilenebilir arzı telafi etmek için yeterli esneklik kaynaklarına sahip olmak gibi zorluklar olmadan geldiği anlamına gelmez (bkz. Kutu 1).

(2) AB'nin 2030 yılına kadar hedefi, REPowerEU'ya uygun olarak yenilenebilir enerji arzını tüm elektrik üretiminin %69'una çıkarmaktır (yani Avrupa Yeşil Mutabakatı'nda başlangıçta öngörülenden dört puan daha fazla).

Kutu 1

Esneklik zorluğu

Artan esneklik ihtiyaçlarını karşılamak için talep yanıtı, piller ve diğer çözümler gibi iklime uyumlu kaynaklara giderek daha fazla ihtiyaç duyulacak. Önümüzdeki görev, yenilenebilir üretimin yaygınlaşmasındaki hızlanmaya ayak uyduracak bir hızda bu düşük karbonlu esneklik çözümlerine geçişi kolaylaştırmaktır.

Bu bağlamda, Üye Devletler genelinde gelecekteki esneklik ihtiyaçlarının değerlendirilmesinde ve AB'nin geniş iç enerji pazarından yararlanılarak, sınır ötesi bir perspektiften de bu ihtiyaçları karşılayacak çözümlerin geliştirilmesinde önemli bir değer bulunmaktadır.

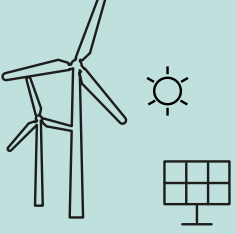
NECP'lerin yanı sıra, daha eksiksiz enerji parametreleri içeren iki yıllık sera gazı emisyon projeksiyonları, esneklik ihtiyaçlarının ve mevcut kaynakların tahmin edilmesine yardımcı olabilir.

1.1 NECP'ler Avrupa'nın karbonsuzlaşma yörüngesini göstermelidir

AB'nin iddialı iklim ve enerji hedefleri, Üye Devletler tarafından ulusal enerji ve iklim planları (NECP'ler) aracılığıyla ulusal düzeyde taahhütlere dönüştürülür. Hükümetlerin NECP'lerinde [vesera gazı projeksiyonları ve enerji parametreleri](#)AB, iki yılda bir yayınlanan ulusal ilerleme raporlarında bildirdiği üzere, bu hedeflere ulaşma yolunda AB kapsamında kaydedilen ilerlemeyi periyodik olarak izler**yönetim düzenlemesi**, EEA'nın temel ilerleme raporlama verilerinin toplanması, derlenmesi ve kalite güvencesini içeren bir uygulama (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2018a). Haziran 2023'e kadar Üye Devletler, 2030 için daha yüksek ortak hedeflere ulaşmak ve enerji güvenliği ve karşılanabilirlik konularını ele alırken iklimle uyumlu enerji kaynaklarını çeşitlendirmeyi amaçlayan taahhütlerini uyarlayarak EC'ye taslak NECP'leri sunmak zorundaydı. Rusya'nın Ukrayna'ya karşı saldırgan savaşı ve son enerji krizi, Üye Devletlerin NECP'leri güncellemesini hem alakalı hem de zamanında hale getiriyor.

Sunulan taslak NECP'lerin bazıları ulusal elektrik karışımlarında büyük değişikliklerin yolda olduğunu gösteriyor (bkz. Kutu 2). Bunlar, hava koşullarına bağlı iki değişken yenilenebilir elektrik (VRE) kaynağı olan güneş ve rüzgar enerjisini on yılın en hızlı büyüyen elektrik kaynakları olarak doğruluyor. Bu temiz enerji geçişi devam ederken, güvenli ve yeterli bir enerji tedariki sağlamak ve elektrik kesintileri (veya maliyetli kısıtlamalar) riskini en aza indirmek için AB güç sisteminin esnekliğini artırmak elzem hale geliyor.

Kutu 2



2023 taslak NECP'lerinde planlanan karbondan arındırma yolları

NECP'ler esneklik zorluğunun üstesinden gelmenin yollarını bildirmelidir.

Sunulan taslak NECP'lerin çoğu yenilenebilir enerji dağıtımını daha da ölçeklendirmek için yüksek hedefler gösteriyor. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynaklarının nihai enerji tüketimindeki planlanan payları Estonya'da (%117 artış), İtalya'da (%99) ve İspanya'da (%128) yaklaşık iki katına çıkıyor.

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin payı da değişiyor, bazı Üye Devletler hızlı güneş enerjisi genişlemesinin rüzgar enerjisi tesisleriyle arasındaki farkı daraltmasını öngörüyor. Örneğin, 2030'a kadar güneş enerjisi çıktısı İtalya'daki rüzgar üretimini geçecek (3:2 oranında) ve İspanya'daki rüzgar üretimiyle eşitliğe ulaşacak.

NECP'lerin yanı sıra, daha eksiksiz enerji parametreleri içeren iki yıllık sera gazı emisyon projeksiyonları, esneklik ihtiyaçlarının ve mevcut kaynakların tahmin edilmesine yardımcı olabilir.

Günümüzde elektrik sistemi esneklik ihtiyaçlarını esas olarak fosil bazlı dağıtılabilir enerji kaynaklarıyla karşılamaktadır. elektrik üretimi.

1.2 Hızlandırılmış yenilenebilir enerji dağıtımıyla birlikte esnekliğin de iki katına çıkarılması gerekiyor

Bu EEA/ACER değerlendirmesi, esneklik gereksinimlerinin 2030 yılına kadar iki katına çıkacağını tespit etti. Hem talep hem de arz, özellikle dalgalanan güneş ve rüzgar üretimi talebe kıyasla çok düşük (veya çok yüksek) olduğunda, sistemi sürekli dengede tutmak için değişen koşullara tepki vermelidir.

Günümüzde elektrik sistemi esneklik ihtiyaçlarını esas olarak fosil bazlı dağıtılabilir elektrik üretimi yoluyla karşılamaktadır. Ancak, bu tür ünitelerin işletilmesi önemli sera gazı ve hava kirleticisi emisyonlarına neden olmaktadır (EEA, 2022a, 2023b, 2023c), bu da bunların AB'nin 2030 sera gazı hedefi ve 2050 iklim nötrlüğü hedefi ile giderek daha uyumsuz hale geldiği anlamına gelmektedir. Aynı zamanda, sıvılaştırılmış doğal gaz biçiminde yurtdışından kaynaklanan AB gaz tedariklerinin artan payı, küresel piyasa dinamiklerine göre artan oynaklığa maruz kalma riski taşımaktadır (ACER, 2023d).

2030 yılına gelindiğinde esneklik ihtiyacı bugüne göre iki katına çıkacak.

1.3 Esneklik zorluğunun üstesinden gelmek için önemli yasal çalışmalar devam ediyor

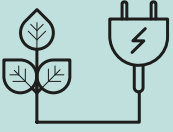
Avrupa'nın 2019 temiz enerji paketi (CEP), tüketicilere tüm elektrik piyasalarına erişim hakkı ve esneklikleri için ücret alma hakkı tanıdı, ancak Üye Devletler bu tür hükümleri ulusal mevzuatlarında uygulamaya koyacak ve ayrıca [başka yerde gösterildi](#). ACER'in hazırlık çalışmaları temelinde, sistem operatörleri şu anda talep tarafı esnekliğine ilişkin bir düzenleyici teklif taslağı hazırlıyor. Yeni kurallar, talep yanıtı, depolama ve dağıtılmış üretimin pazar katılımını kolaylaştırmayı amaçlıyor. ACER'in revizyonundan sonra, taslak 2024'ün sonuna doğru EC'ye sunulacak.

Mart 2023'te sunulan EC'nin elektrik piyasası tasarımıyla ilişkin yasa teklifi, hem piyasa tasarımı hem de destekleyici çerçevede değişiklikleri ele alıyor (EC, 2023). Örneğin, esneklik destek şemaları getiriyor, vadeli piyasaların likiditesini iyileştiriyor ve kaynakların mümkün olduğunca gerçek zamana yakın bir şekilde ayarlanabileceği kısa vadeli piyasaları güçlendiriyor.

Her ikisinden de daha esnek kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır talep ve arz tarafı.

Yenilenebilir enerji ve esneklik kaynakları için Avrupa'nın entegre elektrik piyasalarının sınırlar ötesine akması ve AB tüketicilerinin ihtiyaçlarını karşılaması için oynadığı rolü kabul ederken, bu makale AB elektrik piyasası tasarımının ayrıntılarına girmiyor. Ayrıca, AB çapında daha fazla karbon fiyatlandırma aracından ısıtma ve ulaşımı karbondan arındırmaya kadar uzanan diğer kolaylaştırıcı çabalar da (3) vatandaşların yerel enerji topluluklarına katılımını ve sürdürülebilir ham madde kaynaklarını güçlendirme çabalarına — ayrıntılı olarak ele alınmıştır (bkz. örneğin Kutu 3). Bu konular özel araştırma gerektirir.

Kutu 3



Esneklik zorluğunun ötesinde

Yenilenebilir enerjinin hızla elektrifikasyonu aynı zamanda şu endişeleri de beraberinde getiriyor:

- sistem çalışması (örneğin ataletin azaltılması);
- Hammadde bulunabilirliği;
- teknolojilerin geri dönüştürülebilirliği;
- ekosistemler üzerindeki etkiler (örneğin arazi kullanımı).

Bu hususlar üzerinde özel bir tartışma yapılması gerekmektedir ve bu makalenin kapsamı dışındadır.

1.4 NECP'ler ve ulusal projeksiyonlar, Üye Devletlerin esneklik konusunda bölgesel koordinasyonla sinerji yaratmalarına yardımcı olmak için güçlü araçlar haline gelebilir.

İki yılda bir yayınlanan ulusal ilerleme raporlarındaki NECP'ler ve sera gazı emisyon projeksiyonları, yönetim mekanizmaları olarak daha da işlevsel hale gelme potansiyeline sahiptir (son zamanlardaki çeşitli yanıtların da vurguladığı gibi) **danışma** (İklim ve enerji yönetim çerçevesinin işleyişi hakkında). NECP'ler, Üye Devletlerin bölgelerindeki gelişmeleri değerlendirmelerine ve sinerjileri değerlendiren ve bölgesel iş birliğini güçlendiren bilinçli politika seçimleri yapmalarına yardımcı olan güçlü bir araca dönüşebilir. NECP'lerin yanı sıra, özellikle enerji parametreleriyle ilgili olarak daha kapsamlı ve eksiksiz ulusal sera gazı emisyon projeksiyonları, tutarlı gelecekteki iklim ve enerji planlamasını ve sınır ötesi iş birliğini destekleyebilir.

Bu makale, AB'nin gelişmiş bağlantı elemanları aracılığıyla iç enerji pazarından yararlanarak ve talep yanıtını artırarak enerji sistemini günümüzün karbonsuzlaştırma zorluğuna hazırlamak için daha fazlasını yapabileceğini savunmaktadır. Bu, yönetim düzenlemesi kapsamındaki mevcut koordinasyon mekanizmalarından, örneğin NECP'lerden ve ilerleme raporlarındaki iki yıllık ulusal sera gazı emisyon projeksiyonlarından yararlanarak ve esneklik ihtiyaçları değerlendirmeleri aracılığıyla geleceği proaktif bir şekilde tarayarak ve böylece Üye Devletlerin seçimlerini ve yaklaşımlarını bilgilendirerek elde edilebilir.

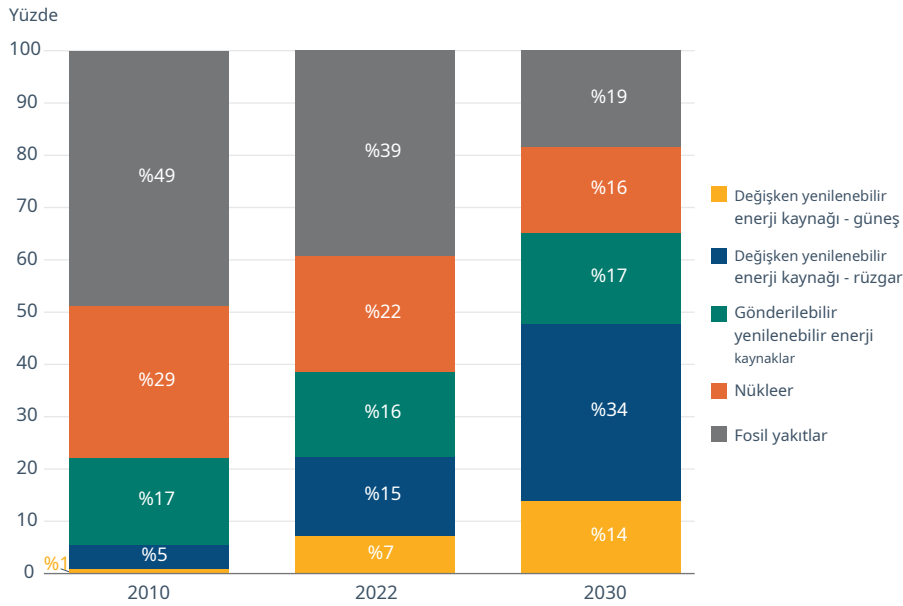
(3) 2027'den itibaren yeni AB emisyon ticareti sistemi kapsamında.

2 Rüzgar ve güneş kaynaklarının sorunsuz bir şekilde entegre edilmesi, iklimle uyumlu bir enerji sistemine geçiş yaptığımız bu on yıl için önemli bir zorluktur

2.1 Değişken yenilenebilir enerji kaynakları en hızlı büyüyen elektrik kaynaklarıdır

Son on yılda, iki VRE kaynağı olan güneş ve rüzgar enerjisi, sübvansiyonlar olmaksızın bile birçok Avrupa pazarında maliyet açısından rekabetçi hale geldi (4) (AEA, 2022b). AB düzeyinde, 2010'dan 2022'ye kadar, **Güneş ve rüzgar enerjisinin payı** tüm yenilenebilir elektrik üretiminde %24'ten %60'a yükselirken, buna karşılık gelen kapasite üç kattan fazla arttı. Nükleer ve dağıtılabilir fosil üretiminin kullanımı bu dönemde yaklaşık dörtte bir oranında azaldı. Aynı zamanda ve üretim karışımındaki dikkate değer değişime rağmen, talep büyük ölçüde esnek kalmadı (bkz. Bölüm 3.2).

Şekil 1 AB-27'de kaynağa göre elektrik üretimi



Notlar: Sevk edilebilir yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroelektrik, biyoenerji ve diğer yenilenebilir kaynaklar yer almaktadır.

Kaynak: Ramboll, ENTSO-E şeffaflık platformundan (ENTSO-E, 2022) alınan üretim ve talep verilerinin geçmiş saatlik profillerle birleştirilmesine ve Avrupa Yeşil Mutabakatının sağlanmasına yönelik politika senaryolarından (EC, 2021b) alınan 2030 yıllık değerlere dayanmaktadır.

(4) 2010'dan 2021'e kadar, küresel düzeyde elektrik üretim maliyetleri güneş fotovoltaiklerinde %85, karasal rüzgar enerjisinde %56 ve açık deniz rüzgar enerjisinde %45 oranında düştü (IRENA, 2022).

2022'de, VRE kaynakları tüm AB elektrik arzının yaklaşık %22'sine katkıda bulundu ve tüm kurulu kapasitenin %35'ini temsil etti. VRE üretiminin genişlemesi kısmen dağıtılmış enerji kaynaklarının yaygın olarak konuşlandırılmasından etkilendi (5). Bunlar, çatı güneş panelleri veya sayaç arkası elektrik depolaması gibi daha düşük voltaj seviyelerine bağlı olan ve geleneksel merkezi kaynaklara göre geliştirilmesi genellikle daha kolay olan ünitelerdir.

En son karbonsuzlaştırma senaryolarından bazıları, VRE üretiminin 2030 yılına kadar brüt elektrik üretiminin neredeyse %50'sini karşılayacağını tahmin ediyor (EC, 2021b; bkz. Şekil 1). Pratikte, bu, VRE üretiminin her yıl ortalama 111 TWh artmasını gerektirecektir; bu, 2010 ile 2022 arasında kaydedilen ortalama yıllık VRE büyümesinin neredeyse üç katıdır (+yılda 38 TWh). Çeşitli zorluklara rağmen, son deneyimler böyle bir artışın başarılabılır olduğunu gösteriyor. AB genelinde güneş ve rüzgar üretimi, büyük ölçüde AB ülkelerinin Rusya'nın Ukrayna'yı işgalinden bu yana uyguladığı önlemler sayesinde, 2021 ile 2023 arasında tahmini olarak 230 TWh arttı (IEA, 2023a).

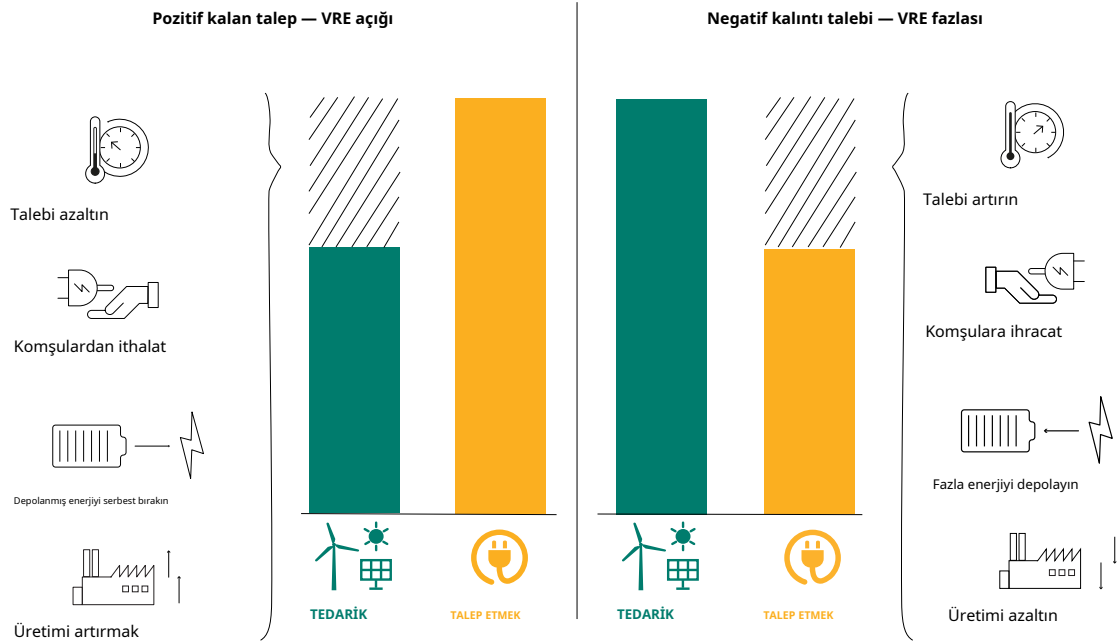
Bu analizi destekleyen arka plan çalışmasına dayanarak (6), bu bölümün geri kalanında, taleple karşılaştırıldığında VRE'nin aşırı arzı ve yetersiz arzının sonuçları açıklanmakta ve bundan kaynaklanan esneklik ihtiyaçları tartışılmaktadır.

2.2 Talep ile değişken yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki dinamikleri anlamak, güç sistemlerinin geleceği açısından önemlidir

VRE üretiminin payı bu on yılda iki katından fazla arttığından (bkz. Şekil 1), arz-talep dinamiği üzerindeki etkisi kritik hale geliyor. Bu nedenle, elektrik talebi ile VRE arzı arasındaki farkın, yani 'artık talep'in analiz edilmesi yararlı içgörüler sağlıyor. Hava koşullarının yönettiği VRE arzı, bugün genellikle talebi kendi başına karşılayamıyor ve bu da 'pozitif artık talep' olarak da bilinen bir VRE açığına yol açıyor. Daha az sıklıkta olsa da, bazen VRE fazlası talebi aşarak 'negatif artık talep' durumuna yol açıyor. Bu iki durum Şekil 2'de gösterilmektedir.

(5) Dağıtılmış enerji kaynakları doğrudan dağıtım şebekesine bağlıdır. Bunlara küçük üretim santralleri (örneğin çatı üstü güneş enerjisi), enerji depolama (küçük ölçekli piller) ve elektrikli araçlar (EV'ler), ısı pompaları veya haneler (talep) tepkisi gibi kontrol edilebilir yükler dahildir. Bir toplayıcı, yüklerini (talep) bir araya toplayabilir, böylece birlikte sisteme esneklik sağlarlar.

(6) Aksi belirtilmediği takdirde, bulgular, EEA tarafından sipariş edilen ve EEA İklim Değişikliğinin Azaltılması ve Enerji Konu Merkezi ile ACER'in girdi ve uzman tavsiyesi sağladığı Ramboll'un "Karbonsuzlaştırılmış ve Güvenli Bir AB Elektrik Sistemini Desteklemek İçin Esneklik Çözümleri" adlı çalışmasına dayanmaktadır.

Şekil 2 Kalan talep senaryoları

Notlar: Karbonsuzlaştırılmış bir elektrik sisteminde, pozitif ve negatif artık talep, talep yanıtı, depolama, dağıtılabilir yenilenebilir enerji kaynakları ve sınır ötesi kaynak paylaşımı gibi karbon dışı kaynaklarla karşılanmalıdır. Bu analiz, talepten dağıtılamayan konvansiyonel zorunlu üretim (örneğin kombine ısı ve güç santralleri) çıkarılarak daha da rafine edilebilir. Zorunlu üretim, VRE açığını doldurabilir, böylece bu saatlerdeki esneklik ihtiyaçlarını azaltabilir, ancak aynı zamanda potansiyel olarak VRE fazlalığı saatlerinde de çalışabilir, dolayısıyla esneklik ihtiyaçlarını artırabilir.

Kaynak: AEA/ACER.

VRE açıkları sırasında, talep kontrol edilebilir (bugün çoğunlukla gazla çalışan) üretimi artırarak, talebi azaltarak, diğer pazar bölgelerinden daha düşük maliyetli üretimi ithal ederek veya depolanan enerjiyi şebekeye boşaltarak karşılanır. Tersine, VRE fazlalığı durumlarında, fazlalık VRE üretimini diğer pazar bölgelerine ihraç ederek, talebi artırarak (örneğin güçten X'e çözümler), depoları şebekeden şarj ederek, kontrol edilebilir üretimi azaltarak veya son çare olarak VRE üretimini kısıtlayarak yönetilir.

Birleştirilmiş Avrupa kısa vadeli piyasalarındaki fiyat sinyalleri, üreticileri ve tüketicileri, birbirine bağlı sistemdeki VRE miktarı hakkında etkili ve sürekli olarak bilgilendirebilir. Belirli bir dönemde VRE üretimi artarsa, yenilenebilir kaynaklardan düşük maliyetli üretim tarafından daha yüksek maliyetli marjinal kaynaklar sıkıştırıldığı için fiyatlar düşer. VRE fazlası sırasında, talep fazla arzı ememediği ve bazı esnek olmayan termik jeneratörler yeterince hızlı bir şekilde azaltılamadığı için fiyatlar negatif bile olabilir. Uzun vadede, dalgalanan fiyat seviyeleri VRE fazlası ve açığı durumları hakkında bilgi verir ve esneklik kaynaklarına yatırım ve inovasyonu tetikler.

2021-2030 yılları arasında, VRE üretimindeki hızlı büyüme nedeniyle, VRE fazlası 0,2 TWh/yıldan 118 TWh/yıla çıkabilir; bu da 19 temel yük termik santralinin yıllık üretimine eşdeğerdir (7) veya 2022'de Avusturya'nın toplam elektrik tüketiminin neredeyse iki katı. Yüksek rüzgar ve güneş radyasyonu durumlarında, fazla yenilenebilir enerji elektrikli araçları ve pilleri şarj etmek, binalara verimli ve temiz ısı sağlamak, yenilenebilir hidrojen üretmek veya komşu ülkelerle bağlantı hatları aracılığıyla elektrik paylaşmak için kullanılabilir. Bağlantı hatları bunu sınırlar ötesine yaymasaydı VRE fazlası daha da yüksek olurdu (+133 TWh/yıl) ve böylece değişken yenilenebilir üretimin muhtemel kısıtlanmasının önlenmesine yardımcı olurdu (yani 21 temel yük santralinin yıllık üretimine eşit veya 2022'de İsveç'in toplam elektrik tüketimine eşdeğer). VRE açığı durumunda, talep

(7) Yılın %90'ında çalışan 800 MW'lık bir santral bloğu gösterge referans olarak alınmıştır.

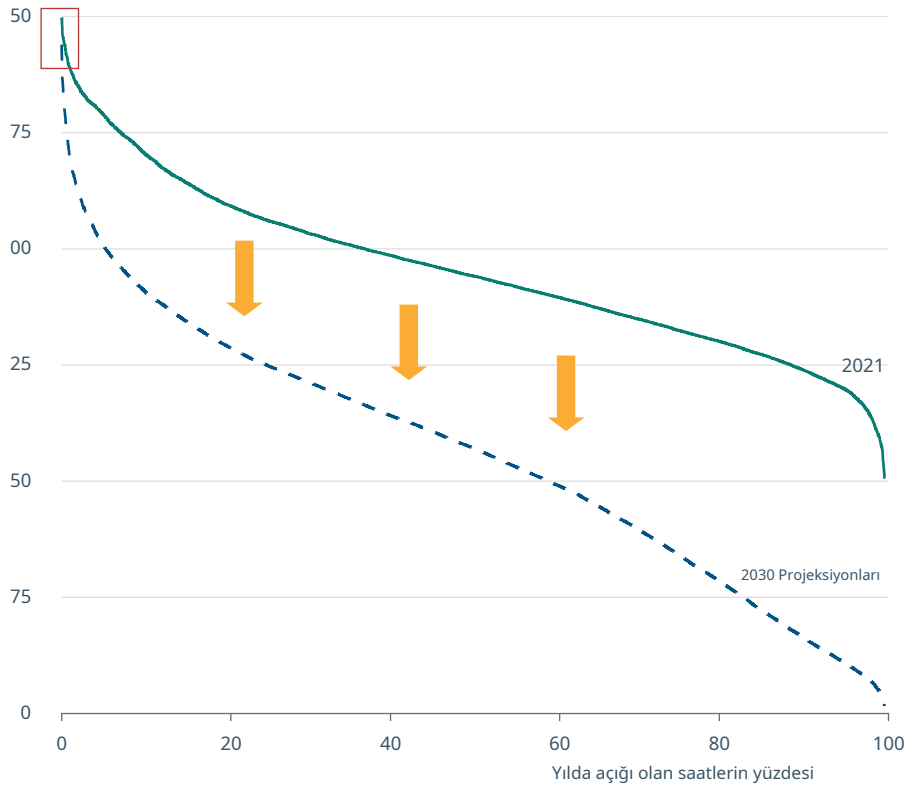
azaltma özellikle etkili hale gelir. Enerji tasarrufu önlemlerine benzer bir azaltma (a) 2022/2023 kışında uygulamaya konulacak yatırım, VRE açığını yılda 231 TWh azaltacak, bu da 37 baz yük termik santralinin yıllık üretimine veya İspanya'nın 2022'deki toplam elektrik tüketimine eşit olacaktır (ENTSO-E, 2022).

Gelecekte, VRE açığı durumları kaynak planlamasının merkezi haline gelecektir, çünkü düzgün yönetilmezlerse arz güvenliği için bir risk oluştururlar. Neyse ki, VRE'nin hızlı büyümesi nedeniyle, Avrupa'daki yıllık VRE açığı önemli ölçüde azalıyor (Şekil 3'teki yeşil oklara bakın). Bu, 2021'den 2030'a kadar, VRE dışı üretime olan ihtiyacın çoğu saatte önemli ölçüde azalmasının beklendiği anlamına gelir, toplamda neredeyse yarı yarıya (%46), bu da 182 temel yük termik santralinin yıllık üretimine eşdeğerdir.

Ancak, ortalama olarak VRE dışı üretime olan ihtiyaçta önemli bir azalma olmasına rağmen, yüksek VRE açığı durumları kalıcıdır (Şekil 3'teki kırmızı kutuya bakın). Bu durumlar, VRE üretiminin talebe göre çok düşük olduğu bir yılda sınırlı sayıda saate karşılık gelir.

Sonuç olarak, bir yılda önemli miktarda esneklik kaynağının eksik VRE üretimini doldurmak için hala ihtiyaç duyulacağı çok az sayıda saat vardır. Esneklik ihtiyaçları bu nedenle 'yüksek kapasite - yüksek hacim' durumundan (gaz jeneratörlerine uygun) 'yüksek kapasite - düşük hacim' durumuna dönüşecektir ve bu da giderek artan bir şekilde yeni karbon içermeyen yaklaşımlarla ele alınabilir.

Şekil 3 2021 ve 2030'da VRE açığı saatlerinin ortalama Avrupa süre eğrisi



Not: Analiz, birbiriyle bağlantılı ENTSO-E üye ülkeleri için gerçekleştirilmiştir.

Kaynak: Ramboll, ENTSO-E şeffaflık platformundan alınan geçmiş saatlik profillerle birleştirilen saatlik üretim ve talep verilerine dayanmaktadır (ENTSO-E, 2022); ve Avrupa Yeşil Mutabakatının gerçekleştirilmesi için politika senaryolarından alınan 2030 yıllık değerler (Avrupa Komisyonu, 2021b).

(a) Analizde, VRE fazlası olmayan yoğun olmayan saatlerdeki %10'luk talep tasarrufu ve takip eden yoğun saat periyodundan önce VRE fazlası olan saatlere kaydırılabilen yoğun saatlerdeki %5'lik talep tasarrufu dikkate alındı. Bu varsayım, Yüksek enerji fiyatlarına yönelik acil müdahaleye ilişkin 6 Ekim 2022 tarihli Konsey Tüzüğü (AB) 2022/1854(OJ L 261, 7.10.2022, s. 1).

Talep yanıtı (zirve tıraşlama, talep kaydırma) ve depolama gibi diğer esneklik kaynaklarının bu zirve olaylarını karşılaması gerekecektir. Ancak, bütünsel bir yaklaşım benimsenmeden ve bu esneklik kaynaklarının kilidini açmak için piyasa koşullarına uyum sağlanmadan, mevcut işletme modeli karlılıkları ve dağıtımları için zorluklar yaratabilir (daha fazla bilgi için Bölüm 3'e bakın). Dahası, mevcut ulusal politikalar ve önlemler talep yanıtının ve tasarrufların faydalarını tam olarak değerlendiremeyebilir veya tanıyamayabilir ve bu da potansiyel olarak bu araçların yetersiz kullanılmasına yol açabilir. Avrupa Yeşil Mutabakatını uygulamaya yönelik politika senaryolarına göre, 2022'den 2030'a kadar AB elektrik tüketimi tüm senaryolarda %13 artmalıdır (EC, 2021b) ⁽⁹⁾. Yine de, yönetim düzenlemesi kapsamındaki ilk ulusal ilerleme raporu sunumlarına dayanan AEA hesaplamalarına göre, ulusal düzeyde benimsenen politika önlemleri 2030 yılına kadar AB üretimini %19 artıracaktır (AEA, 2023d, yakında) ⁽¹⁰⁾.

Bu bölüm genel bir statik görünüm sağlamıştır: VRE fazlalığı ve açığı olan saatler. Bölüm 2.3 resme zaman ögesini ekleyecektir. VRE üretimindeki dalgalanmalar sisteme stres yükler. Bu nedenle, esneklik kaynaklarının sistemi dengede tutmak için bu dalgalanmaları takip etmesi gerekecektir.

2.3 2030 yılına kadar yenilenebilir enerjinin hakim olduğu Avrupa elektrik sisteminde esneklik ihtiyaçları iki katına çıkacak

Kalan talep, VRE fazlalığı ve açığı anları arasında değişerek zamanla değişir. VRE üretiminin talebe göre bu değişkenliği, esneklik kaynaklarıyla dengelenmelidir (bkz. Kutu 4).

Bu bölüm üç esnekliğe odaklanmaktadır ⁽¹¹⁾ Talep ve VRE üretiminin dalgalanmalarını veya döngülerini yakalamak için zaman dilimleri: Şekil 4'te özetlendiği gibi günlük, haftalık ve mevsimsel esneklik.

Şekil 4 Günlük, haftalık ve mevsimsel esneklik ihtiyaçlarını etkileyen talep ve arz modellerinin grafiksel gösterimi



Kaynak: AEA/ACER.

⁽⁹⁾ Güneş ve rüzgar enerjisi, son kullanıcıların doğrudan elektrikleştirilmesiyle önemli ölçüde artarken, genel olarak AB, enerji verimliliği iyileştirmeleri yoluyla birincil ve nihai enerji tüketim seviyelerini mutlak değerler açısından azaltacaktır (EC, 2021b).

⁽¹⁰⁾ Ülkelerin 2023 yılında sundukları mevcut politikalar ve önlemlerle ulusal sera gazı projeksiyonlarına dayanarak, elektrik üretimi 2030 yılına kadar AB düzeyinde yaklaşık 3.330 TWh'ye yükselecek ve bu da 2021'e göre %19'luk bir artışı temsil ediyor. Bu projeksiyonların bir parçası olarak enerji parametrelerinin daha kapsamlı bir şekilde raporlanması, uygulanan ve ek ulusal politikalar ve önlemlerle VRE arzındaki artışın tahmin edilmesini büyük ölçüde kolaylaştıracaktır. Buna karşılık, bu, politika hedeflerini karşılamak için eylemlere ilişkin kararları bilgilendirecektir (Goodwin vd., 2018).

⁽¹¹⁾ Kalan talep değişkenliği, esneklik ihtiyaçlarını ölçmek için kullanılan ölçüttür. Değişkenlik, EC, Enerji Genel Müdürlüğü (2019) metodolojisine göre kalan talep ile zaman içindeki ortalaması arasındaki fark olarak hesaplanır.

Kutu 4

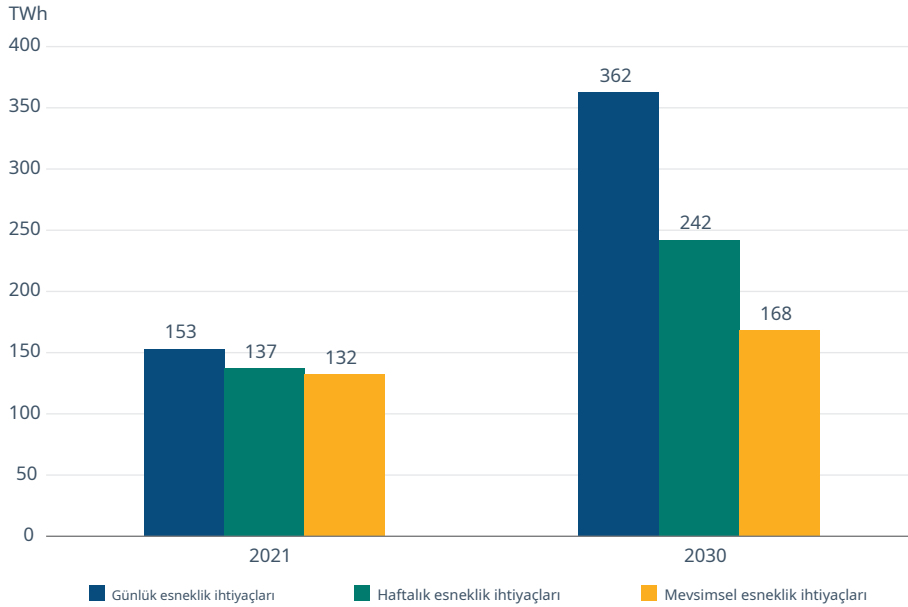


Esneklik

'Esneklik', birbirine bağlı AB güç sisteminin, tüm bağlı kaynaklarıyla birlikte, ilgili zaman dilimlerindeki elektrik üretim ve tüketim modellerinin değişkenliğini ve belirsizliğini yönetme yeteneği anlamına gelir.

2030 yılına kadar Avrupa'daki elektrik sistemi, değişen ihtiyaçlara ayak uydurabilmek için mevcut esneklik kaynaklarının iki katından fazlasına ihtiyaç duyacaktır. Esneklik talebi, 2021'e kıyasla günlük (2,4 kat), haftalık (1,8 kat) ve yıllık (1,3 kat) bazda keskin bir şekilde artacaktır (bkz. Şekil 5) ⁽¹²⁾.

Şekil 5 Avrupa'da 2021 ve 2030'da günlük, haftalık ve mevsimsel esneklik ihtiyaçları



Notlar: 2030 sonuçları, mevcut ve planlanan bağlantı hatları ve talep tasarrufu ve talep kaydırma önlemleri dikkate alındığında senaryolar altında ortalama simülasyon sonuçlarına karşılık gelir. 2030 yılına kadar VRE açık saatlerinin VRE fazla saatlerinden daha fazla olması bekleniyor, bu nedenle çalıştırılması gereken üretimin çıkarılması muhtemelen bu maddede tahmin edilen esneklik ihtiyaçlarını azaltacaktır.

Analiz, birbiriyle bağlantılı ENTSO-E üye ülkeleri için gerçekleştirilmiştir.

Kaynak: Ramboll, ENTSO-E şeffaflık platformundan (ENTSO-E, 2022) alınan saatlik üretim ve talep verileriyle tarihsel saatlik profillerin birleştirilmesine ve Avrupa Yeşil Mutabakatının uygulanmasına yönelik politika senaryolarından (EC, 2021b) alınan 2030 yıllık verilere dayanmaktadır.

(12) Son değerlendirmeler, 2030 ve sonrasında esneklik ihtiyaçlarında önemli bir büyümeye sürekli olarak işaret ediyor. Ancak tahminler, kalan talep hesaplamasına yaklaşım, senaryo varsayımları ve talep yanıtının etkisinin modellenmesi dahil olmak üzere modelleme seçimlerindeki farklılıklar nedeniyle farklılık gösterebilir.

Bu analizin önerdiği daha yüksek kısa vadeli esneklik ihtiyaçları, özellikle bulutların ve hava sistemlerinin sürekli dalgalanan hareketinden etkilenen güneş enerjisi için, VRE kesintiliğinin daha yüksek bir zamansal ayrıntıda daha fazla olduğu gözlemini yansıtmaktadır. Bununla birlikte, daha uzun bir zaman dilimi kullanılarak, örneğin rüzgar ve güneş arzının mevsimsel tamamlayıcılığı veya kışın daha yüksek elektrik talebiyle uyumlu daha yüksek rüzgar üretimi sayesinde kalan talep yumuşatılır (daha fazla bilgi için Bölüm 3.1'e bakın). Dahası, farklı VRE teknolojileri farklı esneklik seviyeleri gerektirir. Güneş enerjisi üretiminin önemli bir şekilde konuşlandırılması (bkz. Kutu 2), rüzgar üretiminde eşdeğer bir büyümeden (JRC, 2023) daha önemli esneklik ihtiyaçlarıyla (özellikle günlük esneklik) sonuçlanacaktır. Yine de, her iki teknolojiyi entegre üretim profillerinin bir parçası olarak anlamlı bir şekilde birleştirmek, Bölüm 3.1'de gösterildiği gibi önemli esneklik avantajlarına sahiptir.

Mutlak anlamda, esneklik ihtiyaçlarının 2030 ile 2050 arasında üç katına çıkması bekleniyor; yine de, taleple karşılaştırıldığında, büyümenin yavaşlaması bekleniyor (JRC, 2023). Bu, bugün birinci itici gücün değişen enerji karışımı olduğunu, ancak önümüzdeki on yılda, elektrikleştirmenin esneklik kaynaklarına yönelik büyüyen ihtiyacın arkasındaki ana güç olacağını gösteriyor.

*Dolayısıyla, bugünün zorluklarıyla başa çıkmak ve
önümüzdeki on yılda uygun şekilde ölçeklendirmek
için AB elektrik sisteminin iyi tasarlanmış ve
uygun şekilde teşvik edilen esneklik çözümlerinin karışımı,
Hemen şimdi.*

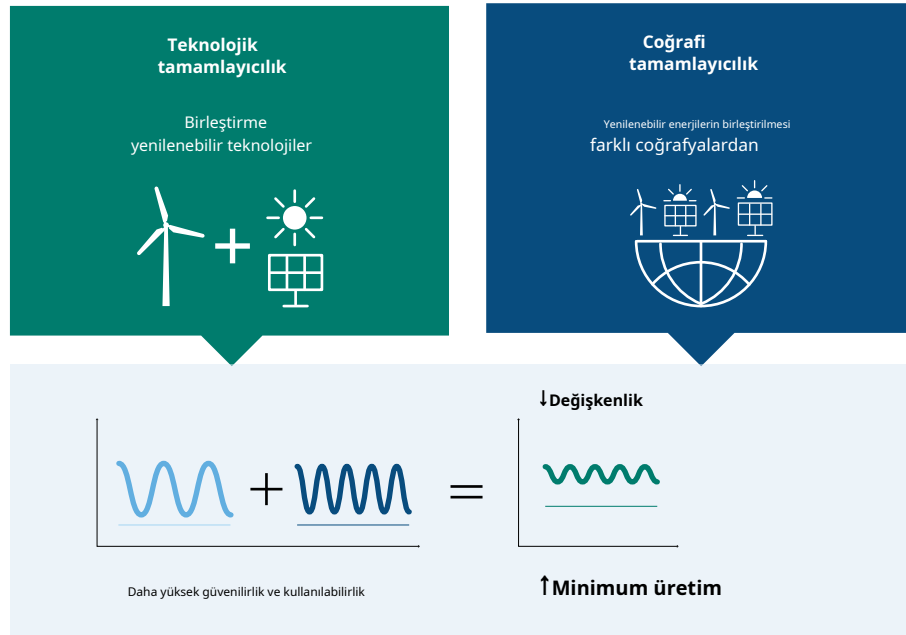
Bölüm 3, farklı zaman dilimlerinde VRE arzındaki dalgalanmalarla başa çıkmak için gereken arz, talep ve altyapı esnekliği çözümlerini ana hatlarıyla açıklamaktadır. Ayrıca sistemin, talep yanıtı veya dağıtılmış üretim gibi merkezi olmayan unsurların ve merkezi unsurların, özellikle de kıtadaki yenilenebilir kaynaklardan en iyi şekilde yararlanmak için Üye Devletleri ve bölgesel yenilenebilir merkezleri birbirine bağlayan daha geniş açık deniz projelerinin ve bağlantılarının bir kombinasyonunu gerektirdiğini vurgulamaktadır.



3 Umut vadeden iklim uyumlu esneklik çözümleri mevcuttur. Bu on yıl için temel olanlar arasında talep yanıtı, enerji depolama ve gelişmiş bağlantı yer almaktadır

Bölüm 2.3'te tartışıldığı gibi, güneş ve rüzgar kaynakları farklı zaman dilimlerinde değişen üretim profillerine sahiptir. Bu profiller günlük ve mevsimsel bazda birbirini tamamlama eğilimindedir. Rüzgar üretiminin gece ve kış aylarında zirveye ulaşması muhtemelken, güneşin gündüz ve yaz aylarında zirveye ulaşması muhtemeldir. Dahası, AB genelindeki iklim (rüzgar ve güneş ışınımı) desenlerindeki farklılıklar bölgeler arasındaki mesafeler arttıkça daha belirgin hale gelir. Bu nedenle, VRE teknolojilerini birleştirmek ve çıktılarını coğrafyalar arasında paylaşmak genel arzı yumuşatacaktır (Şekil 6).

Şekil 6 Teknolojik ve coğrafi tamamlayıcılık etkilerinin açıklayıcı gösterimi



Teknolojik tamamlayıcılık proje ve yerel düzeyde dahil olmak üzere farklı tepe ve vadi zamanlarına sahip güneş ve rüzgar üretim profillerinin birleştirilmesi anlamına gelir. Sonuç, bireysel teknoloji profillerinden daha pürüzsüz, daha az değişken bir üretimdir. Bu, değişken yenilenebilir kaynaklardan üretim ile talep arasındaki boşluğu kapatmak için esneklik kaynaklarına olan ihtiyacı azaltır. Rüzgar ve güneş elektrik tedarikini birleştirmek, kısa vadeli üretim değişkenliğini yaklaşık %30'a kadar azaltabilir ⁽¹³⁾.

(13) Toplu VRE'ler için saatlik zaman serilerinin standart sapmasının, bireysel teknolojilerin standart sapmasıyla karşılaştırılmasıyla ölçülmüştür.

Mevsimler göz önüne alındığında, Avrupa'da güneş ve rüzgar enerjisi üretiminin farklılaşan kalıpları, bunların tamamlayıcı doğasını teyit etmektedir.⁽¹⁴⁾ Örneğin, sıcak yazların yaşandığı karasal iklimde, rüzgar ve fotovoltaik enerjiden elde edilen birleşik aylık üretim, zirvelerinin %85'inin altına asla düşmez (IEA, 2023b). Sonuç olarak, hem rüzgar hem de güneş teknolojilerini birleştiren elektrik sistemleri, bu teknolojilerin ayrı ayrı dağıtımından %20'ye kadar daha yüksek yenilenebilir enerji dağıtımına olanak tanır (Solomon. A. ve diğerleri, 2020; Couto ve Estanqueiro, 2020).

Kutu 5



Dunkel flaute'u

Dunkel flaute' veya 'karanlık durgunluk' (A) rüzgar ve güneş enerjisi kullanılarak bir gün veya daha uzun süre boyunca az veya hiç enerji üretilmediği meteorolojik bir durumu gösterir. Bu tür olayların tahmin edilmesi zordur ancak karbondan arındırılmış bir enerji sistemine büyük bir yük bindirir. Neyse ki, bunlar çoğunlukla belirli bölgelerde yereldir ve daha büyük coğrafi ölçeklerde nadiren görülür. *Dunkel flaute'* Bazı dönemlerde tek tek ülkelerde bu tür dönemler yaşanabilirken, incelenen 2015-2021 döneminde Avrupa düzeyinde böyle bir durum yaşanmamıştır.

Notlar: (A) Rüzgar ve güneş üretiminin en az 24 ardışık saat boyunca %20'nin altında bir kapasite faktörü (elektrik üretimi / nominal güce göre teorik maksimum) sergilediği dönemler olarak tanımlanır.

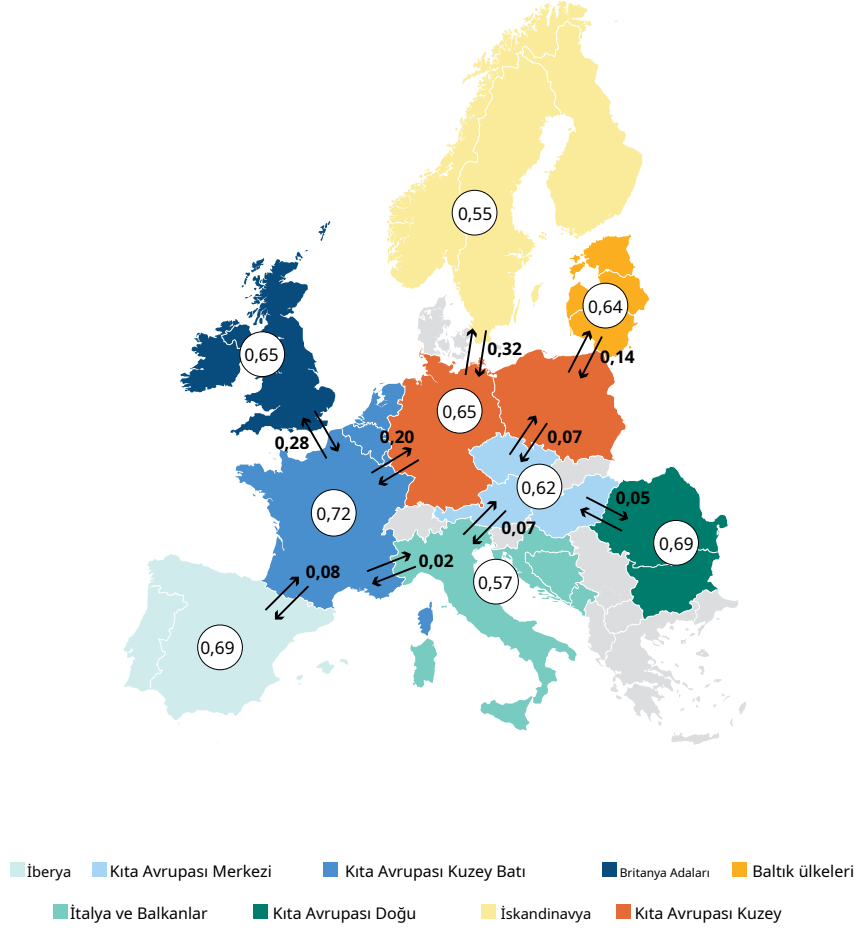
Coğrafi tamamlayıcılık iki kritik unsura dayanır: Avrupa genelindeki değişken rüzgar desenleri ve farklı ülkelerdeki farklı rüzgar ve güneş üretim potansiyeli. Tamamlayıcılıkla ilişkili faydalar, Avrupa elektrik piyasasındaki bağlantıyı teşvik ederek ve hem yeni projeler geliştirerek hem de mevcut hatların kullanımını artırarak iç tıkanıklıkları ele alarak en iyi şekilde kullanılabilir (ACER, 2023b).

Basitleştirilmiş bir örnek olarak, ülkeler, kümeler arasında paylaşımın en fazla faydayı sağlayacağı şekilde rüzgar enerjisi potansiyeline göre gruplandırılabilir. Bölgeler arasındaki coğrafi tamamlayıcılığı en üst düzeye çıkarma fırsatlarını tanımak, örneğin, optimum trans-Avrupa enerji koridorlarının geliştirilmesine öncelik vermeye yardımcı olabilir (bkz. Şekil 7).

(14) Güneş ve rüzgar enerjisi üretimi arasındaki ortalama korelasyonsuzluk -0,85 kadar güçlüdür.

Şekil 7

Avrupa'da belirlenen örnek rüzgar enerjisi kümeleri — kümeler içinde yüksek korelasyon ve kümeler arasında düşük korelasyon



Notlar: Üye Devlet düzeyindeki tarihsel rüzgar üretim profillerine dayalı (doğrudan rüzgar desenlerine değil). Gri renkli ülkeler, bir kümenin tanımlanmadığı veya mevcut kümelere eklenmesinin kümenin ortalama korelasyonunu önemli ölçüde azalttığı ülkelerdir. Harita yalnızca örnek niteliğindedir; yenilenebilir gelişmeler (örneğin açık deniz rüzgar dağıtımı) dahil olmak üzere birden fazla faktör tabloyu değiştirebilir.

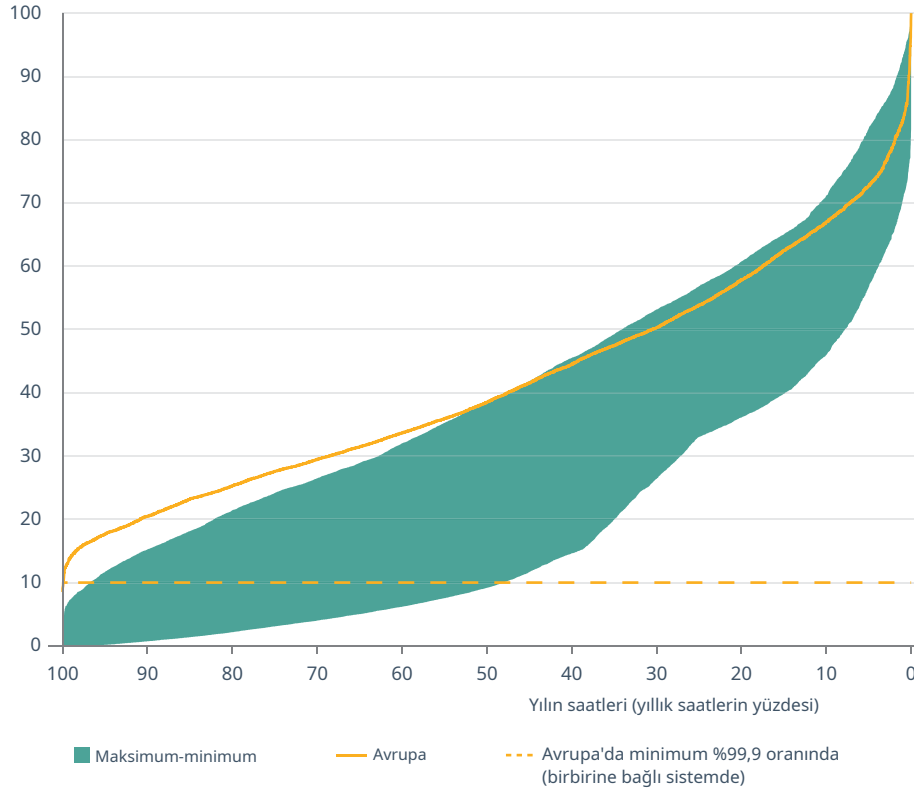
Analiz, birbiriyle bağlantılı ENTSO-E üye ülkeleri için gerçekleştirilmiştir.

Kaynak: Ramboll, ENTSO-E şeffaflık platformundan alınan saatlik üretim verilerine dayanmaktadır (ENTSO-E, 2022).

Bölgesel forumlar için yapılan yakın tarihli bir analiz, benzer içgörüler sunarak, yenilenebilir kaynakların iyi bir şekilde birbirine bağlı Üye Devletler arasında paylaşılmasının kullanılabilirliğin kesinliğini artırdığını savunuyor (bkz. Kutu 6) (Penta, 2023). Ulusal sınırların ötesine bakarak, Avrupa her zaman asgari bir VRE çıktısına güvenebilir, çünkü toplam VRE kapasitesinin yaklaşık %10'u her zaman üretim yapıyor olacaktır (Şekil 8'deki kesik sarı çizgiye bakın). Avrupa'nın toplam çıktısı da daha istikrarlıdır, yaklaşık yarım zamanın yaklaşık %30 ila %60'ını maksimum üretimin %60'ını üretir (Şekil 8'deki kesik sarı çizgiye bakın), bireysel ülkelerdeki değişken çıktıdan (Şekil 8'deki yeşil alanla gösterilmiştir). Dahası, AB düzeyinde, yenilenebilir üretimin kısıtlanmasına yol açabilecek daha az VRE üretim artışı olacaktır.

Şekil 8 2021'de Avrupa'da VRE oluşumunun süre eğrileri

Değişken yenilenebilir elektrik (yıllık maksimum saatlik üretimin yüzdesi)



Notlar: Kesintisiz sarı çizgi, toplam Avrupa VRE üretim süresi eğrisini (en düşükten en yükseğe doğru sıralanmış saatlik üretim) göstermektedir. Gölgeli alan, tüm bireysel ülkelerin minimum-maksimum aralığını temsil etmektedir.

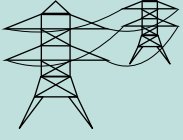
Analiz, birbirine bağlantılı ENTSO-E üye ülkeleri için gerçekleştirilmiştir.

Kaynak: Ramboll, ENTSO-E şeffaflık platformundan alınan saatlik üretim verilerine dayanmaktadır (ENTSO-E, 2022).

Bu tamamlayıcılık sonuçları, gözlemlenen gerçek tarihsel rakamlara dayanmaktadır. Varsayımsal senaryolar kullanan diğer çalışmalar, tamamlayıcılığı en üst düzeye çıkaran ve ek esneklik kaynaklarına olan ihtiyacı en aza indiren optimum bir güneş ve rüzgar üretimi kombinasyonu olduğunu öne sürmektedir (Weitemeyer vd., 2014). Bu optimum kaynak karışımı, sınırlar arası kaynak paylaşımı hesaba katıldığında ulusal düzeyde bölgesel veya AB düzeyinden farklı olabilir. Örneğin, bir iletim sistemi operatörü tarafından yapılan bir çalışma, elektrik arzı ve talebi arasında yapısal, sezonluk bir uyumsuzluğun önlenmesi için Kuzey Avrupa'da üçte iki rüzgar ve üçte bir güneş üretiminin optimum olacağını bulmuştur (Elia Group, 2021). Güneş-rüzgar oranları, belirli teknolojilerin rüzgarı dengelemekten çok güneş dalgalanmalarını dengelemeye daha uygun olması ve bunun tersi de geçerli olması göz önüne alındığında, yeterli esneklik kaynakları karışımını belirlemede de önemlidir (Gils vd., 2017).

Öngörülen güneş ve rüzgar kapasitesi geliştirmelerinin sonuçları, Üye Devletlerin üstlenmeye teşvik edildiği tutarlı ve istikrarlı, entegre iklim ve enerji planlamasının kritik rolüne de işaret etmektedir. **AB yönetim düzenlemesi** çerçevesi. Bu, NECP mekanizması kapsamında hem ulusal hem de bölgesel perspektiflerle stratejiler formüle etmeyi ve üst düzey enerji altyapı grupları bağlamında da dahil olmak üzere ilgili sinerjileri ve iş birliği olanaklarını keşfetmeyi içermelidir. Dahası, ülkelerin yönetim düzenlemesi kapsamındaki ilerleme raporları aracılığıyla bildirdiği iki yılda bir güncellenen sera gazı emisyon projeksiyonları ve enerji parametreleri de, özellikle bu tür araçların daha sağlam ve eksiksiz enerji verilerine dayandığı durumlarda, bilinçli stratejik kararlar almaya yardımcı olabilir.

Kutu 6



SonanalizPentalateral Enerji Forumu'ndan alınan veriler, bağlantı hatlarının esnekliğe olan katkısını ve esneklik ihtiyaçlarının yalnızca ulusal düzeyde değil, bölgesel düzeyde de değerlendirilmesinin faydalarını göstermektedir

Üye Devletler grubu adına yürütülen çalışma, bölgesel iş birliğinin, Alpler bölgesindeki hidroelektrik gibi yerel esneklik kaynaklarının potansiyelini en üst düzeye çıkararak yenilenebilir enerjinin maliyet açısından verimli entegrasyonunun temel bir kolaylaştırıcısı olduğunu ileri sürmektedir. Bu nedenle, sistem operatörleri, tüm piyasa zaman dilimlerinde ara bağlantıların kullanılabilirliğini en üst düzeye çıkarmalı, sınır ötesi altyapıya önemli ek yatırımlar yapılması gerekecektir.

Bugüne kadar, AB politikaları ülkeleri sınırlar ötesinde yenilenebilir enerji konusunda işbirliği yapmaya teşvik etti. 2009'dan bu yana, ülkeler ortak yenilenebilir enerji projesi geliştirme ⁽¹⁵⁾ ve operasyon, karşılıklı ortak finansman için açık ulusal destek planları ⁽¹⁶⁾ (kendi bölgelerinde yenilenebilir enerji üretimini hızlandırmak için) ve istatistiksel transferler sistemi kullanarak birbirlerinden yenilenebilir enerji alıp satmak. Yenilenebilir enerji iş birliğinin başlamasına yardımcı olmak için, EC ayrıca maliyet ve faydaların paylaşılması konusunda rehberlik yayınladı (EC, 2022b). Ancak, bu tür girişimlere ve yenilenebilir enerji konusunda sınır ötesi iş birliğinin tanınan faydalarına rağmen, bugün gerçek uygulamaya ilişkin birkaç pratik örnek mevcuttur (EEA, 2020). Aynı zamanda, bazı üst düzey stratejik girişimler halihazırda şekillenmektedir. Bölgesel yenilenebilir enerji merkezleri fikri, Kuzey Denizi ve Baltık Denizi havzalarında ivme kazanmaktadır (Esbjerg, Oostende VeMarienborgBeyannameler) ve Akdeniz'de (MED9 formatı).

Yenilenebilir enerji paylaşımının ötesinde, bağlantı hatları esneklik kaynaklarının verimli bir şekilde paylaşılmasına da olanak tanır. AB'nin Ortak Araştırma Merkezi (JRC), bağlantı hatlarının AB düzeyindeki göreceli katkısının 2030 yılına kadar günlük esneklik ihtiyaçlarının %15'ini ve aylık esneklik ihtiyaçlarının %33'ünü karşılayabileceğini tahmin ediyor. Kaynak karışımını değerlendirirken bağlantı hatları düşünülmelidir. Örneğin, aynı çalışma, 1 GW bağlantı hattını değiştirmek için yaklaşık 2 GW yerel depolamaya ihtiyaç olduğunu tahmin ediyor (JRC, 2023). Hem fiziksel hem de operasyonel olarak iletim kapasitelerini en üst düzeye çıkarmak, ulusal sistemlerin karbondan arındırılmasını daha az maliyetli hale getirebilir (Zachman ve diğerleri, 2023).

*İşbirliğinin derinleştirilmesi önemli çabalar gerektirir
tüm Üye Devletlerden, özellikle artan yapısal bağımlılığın hem
kabul edilebilir hem de sürdürülebilir olmasını sağlamada
ve ulaşılabilir.*

Ulusal kaynak karışımlarına ilişkin politika kararlarının koordinasyonu, sınır ötesi altyapıya yatırımın ortak planlanması ve koordineli operasyon, tamamlayıcılık etkilerini en üst düzeye çıkarmak için önemlidir. Bu amaçla, yeni yaklaşımlar araştırılabilir ve mevcut olanlar güçlendirilebilir, bunlara şunlar dahildir:

- Yönetişim yönetmeliği (Avrupa Parlamentosu ve Konsey, 2018a) kapsamındaki entegre NECP'ler bağlamında AB düzeyinde koordineli eylemlerin kolaylaştırılması ve yenilenebilir enerji direktifi (Avrupa Parlamentosu ve Konsey, 2018b) çerçevesinde iş birliği yapılması;

(15) Örneğin, planlanan ortak geliştirmeaçık deniz rüzgarı ve yeşil amonyaksınır ötesi altyapı.(16) Örneğin, 400 MW güneş fotovoltaik ihalesiLüksemburg'un sağladığı fonla Finlandiya'da.

- Sınır ötesi esneklik potansiyeli de dahil olmak üzere tüm esneklik kaynaklarını dikkate alarak, tedarik güvenliğini maliyet etkin bir şekilde korurken AB güç tedarikinin karbonsuzlaştırılmasına ilişkin esneklik ihtiyaçlarını düzenli olarak değerlendirmek;
- Mevcut varlıkların verimliliğinin artırılması ve yeni hatların geliştirilmesini göz önünde bulunduran maliyet-fayda analizine dayalı olarak sınır ötesi altyapının ortak planlanması ⁽¹⁷⁾ (ACER, 2021a);
- Entegre sistem ve piyasa operasyonlarını desteklemek için bölgesel koordinasyon merkezleri aracılığıyla iletim sistemi operatörleri arasındaki iş birliğinin artırılması, koordineli kapasite hesaplamaları ve güvenlik analizleri dahil olmak üzere, Üye Devletler arasındaki ticaret için kapasitenin en az %70'inin serbest bırakılması amacıyla sınır ötesi kapasitelerin en üst düzeye çıkarılmasına odaklanılması (ACER, 2023c).

Esneklik ihtiyaçlarının azaltılması

Tıkanıklık olmayan ara bağlantı kapasiteleri, bazen daha az etkili olan ek bağlantılara olan ihtiyacı azaltır. yerel esneklik kaynakları.

Entegre bir Avrupa şebekesinde rüzgar ve güneş kaynaklarının tamamlayıcılığından yararlanmak sistemin esneklik ihtiyaçlarını azaltır. Bağlantı elemanları ayrıca depolama ve talep yanıtı dahil olmak üzere diğer kaynaklardan gelen elektrik enerjisinin verimli bir şekilde yayılmasında önemli bir rol oynar. Sonraki bölümler bu önemli esneklik kaynaklarını tanıtmaktadır.

3.2 Talep yanıtı, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının hakim olduğu gelecekteki bir enerji sisteminde kilit bir aktör haline gelmelidir

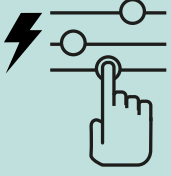
AB elektrik (ve enerji) talebi çoğunlukla esnek olmasa da, 2022 talep esnekliğinin ve tasarrufların önemini gösterdi. İşletmeler ve bir dereceye kadar konut tüketicileri, yaklaşık %400'lük fiyat artışlarına, ulusal bilgilendirme kampanyalarına ve diğer önlemlere yanıt olarak genel gaz tüketimlerini önceki yıllara göre yaklaşık %20 oranında azalttı (EG3, 2022) ⁽¹⁸⁾. Bu, marjinal gaz arzından kaynaklanan yüksek elektrik fiyatlarının ve potansiyel olarak akut bir enerji arz sıkıntısının önlenmesine yardımcı oldu.

2023'ün ilk yarısında, bazı Avrupa toptan satış piyasaları 2022'deki aynı döneme göre iki kat daha fazla negatif elektrik fiyatı olayı kaydetti (IEA, 2023c). Bu fiyatlar, örneğin yaz rüzgarlarındaki bir artışın zirve güneş enerjisi üretimi ve düşük taleple çakıştığı VRE aşırı durumları sırasında gerçekleşir (bkz. Bölüm 2.2) ⁽¹⁹⁾. Sıfırın altındaki enerji fiyatları, elektrik tüketicilerinin genellikle bu tür fiyat dalgalanmalarına yanıt vermek için sınırlı mali teşviklere ve bilgilere sahip olduğunu ve bunun da elektrik sistemine hizmet sağlama yeteneklerini etkilediğini göstermektedir.

⁽¹⁷⁾ Bir dizi bölgesel grup, stratejik yönlendirme ve politika rehberliği sağlar ve öncelikli bölgelerdeki ortak ilgi alanlarına ilişkin projelerin ilerlemesini izler.

⁽¹⁸⁾ Ayrıca bkz. ACER (2023), *Toptan Elektrik Piyasası İzleme 2022 — Enerji acil durum önlemlerinin üst düzey analizi*, Ljubljana. ⁽¹⁹⁾ Negatif fiyatlar aynı zamanda kötü tasarlanmış yenilenebilir enerji destek planlarının da bir belirtisi olabilir (ACER, 2022b).

Kutu 7



Talep yanıtı

'Talep yanıtı', konut, ticari veya endüstriyel müşterilerin, piyasa sinyallerine, zamana bağlı elektrik fiyatlarına veya teşvik ödemelerine yanıt olarak veya son müşterinin organize bir piyasada tek başına veya toplulaştırma yoluyla bir fiyattan talep azaltma veya artırma teklifini kabul etmesine yanıt olarak elektrik yüklerini normal veya planlı tüketim kalıplarından değiştirmesini ifade eder (EU, 2019). Genel olarak, fiyat duyarlı talep, düşük fiyatlar zamanlarında artmalı (VRE fazlası) ve yüksek fiyatlar zamanlarında azalmalı (VRE açığı), böylece sistem dengelenmelidir.

Enerji verimliliği ve talep tepkisi (bkz. Kutu 7) bu nedenle piyasaları yeniden dengelemeye, yüksek fiyatları düşürmeye ve düşük veya negatif fiyatları emmeye yardımcı olmak için temel araçlardır. Genel olarak, enerji kullanımını azaltmak veya geciktirmek, ek tedarik veya diğer esneklik kaynaklarını etkinleştirmekten daha ekonomik ve daha az kirliticidir.

Şu anda, haneler yılda yaklaşık 700 TWh tüketiyor ve kış elektrik zirvesinin yaklaşık yarısına katkıda bulunuyor, özel ve kamu sektörleri ise yılda 747 TWh daha tüketiyor (EG3, 2022; Eurostat, 2023). Her iki rakam da gazdan elektriğe daha genel bir geçiş, elektrikli araçların ve ısı pompalarının yaygınlaşması ve dijital teknolojilerin ve veri merkezlerinin büyümesi sonrasında gelecekte artacaktır. Bu talep, bu on yılda öngörülen yüksek yenilenebilir enerji arzıyla bağlantılı iki ana fiyat gelişimi görecektir. Birincisi, tüketiciler muhtemelen düşük işletme maliyetli yenilenebilir üretimin artmasıyla sunulan daha düşük ortalama elektrik fiyatlarından faydalanacaktır. İkincisi, önemli VRE dağıtımı, belirli bir maliyetle sistem dengeleme hizmetlerine olan ihtiyacı artırabilir ⁽²⁰⁾. Tüketicilerin, sistemin ihtiyaçlarına yanıt olarak teşvikler ve sinyallere dayalı olarak tüketim davranışlarını ayarlayabilmeleri gerekecektir. Bu yanıt verme yeteneği, yanıt vermeyen veya veremeyen tüketiciler tarafından karşılanacak olan bu dengeleme hizmetlerinin maliyetlerini sınırlayabilir. Savunmasız hanelerin bu tür uyarılara yanıt vermesini sağlamak, bu tüketicilerin bile VRE'nin tüm faydalarından yararlanabilmesini sağlayacaktır.

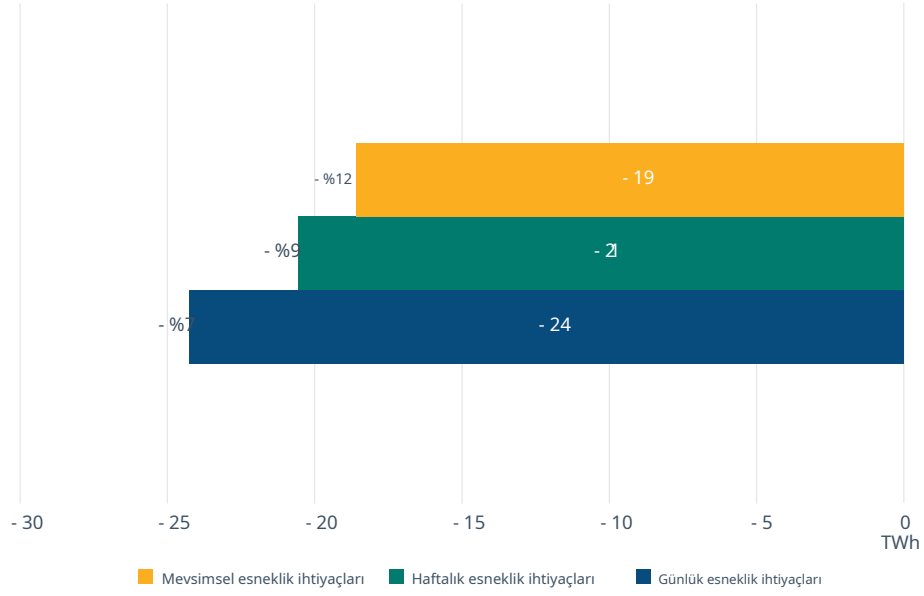
Bu analizin dayandığı nicel değerlendirme, AB'nin 2022/2023 kışındaki acil müdahalesinden esinlenerek elektrik talebinde tasarruf sağlayan ve elektrik talebinde kaymaya neden olan bir senaryoyu test etti ⁽²¹⁾. Talep tasarrufları, %5'lik zirve elektrik talebi kaydırması olarak uygulandı ⁽²²⁾ ve talep yoğunluğunun düşük olduğu saatlerde %10'luk elektrik talebi azalmaları. Toplamda, 2030'da Avrupa genelinde yıllık %7'lik (231 TWh) bir talep tasarrufu sağlandı ve bu da 2030'a kadar tüm günlük, haftalık ve yıllık esneklik ihtiyaçlarında sırasıyla %7, %9 ve %12'lik genel azalmalara tekabül ediyor (bkz. Şekil 9).

⁽²⁰⁾ Portföylerinde VRE'ler bulunanlar da dahil olmak üzere piyasa katılımcıları, yarattıkları dengesizliklerden sorumludur. İyi tasarlanmış bir teşvik yapısını içeren dengeleme kuralları, sistemin genel maliyetini en aza indirme eğilimindedir.

⁽²¹⁾ Yüksek enerji fiyatlarına yönelik acil müdahaleye ilişkin 6 Ekim 2022 tarihli 2022/1854 sayılı Tüzük (RG L 261, 7.10.2022, s.1). ⁽²²⁾ Bir sonraki yoğun saatten önceki VRE fazlalık saatlerine kaydırılabilir.

Şekil 9

Talep tasarrufu ve talep kaydırma senaryosu önlemlerinin 2030 yılında Avrupa'daki toplam esneklik ihtiyaçlarına katkısı



Notlar: Çubuklar, talep tasarrufları ve kayması için günlük, haftalık ve mevsimsel esneklik ihtiyaçlarındaki değişiklikleri, referans taleple ortalama sonuçlarla karşılaştırarak temsil eder. Değerler, talep senaryosu başına gerçekleştirilen tüm simülasyonların ortalamalarına karşılık gelir.

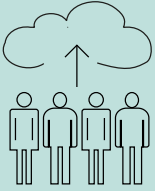
Analiz: birbiriyle bağlantılı ENTSO-E üye ülkeleri için gerçekleştirilmiştir.

Kaynak: Ramboll, ENTSO-E şeffaflık platformundan (ENTSO-E, 2022) saatlik üretim ve talep verilerine; Avrupa Yeşil Mutabakatının sağlanmasına yönelik politika senaryolarından (EC, 2021b) 2030 yıllık verilerine; ve ENTSO-E'den (2022) alınan geçmiş saatlik profillere dayanmaktadır.

Bu faydalar, talep tepkisi önlemlerinin orantısız derecede etkili etkisini vurgular. Giderek artan sayıda ülke bu tür projeleri pilot uygulamaya başlamış olsa da (bkz. vaka çalışması 1), talep tepkisini daha büyük ölçekte etkinleştirmenin önünde hala çok sayıda yasal, teknik, ekonomik ve bilgi engeli bulunmaktadır. Aşağıdakiler en belirgin olanlardır.

- Mevcut destekleyici düzenleyici çerçevenin sağlam bir şekilde uygulanması ⁽²³⁾ örneğin aktif tüketicilerin ihtiyaçlarının tanınması sağlanmalıdır. Ayrıca, talep yanıtını enerji piyasalarına entegre eden özel düzenlemeye ilişkin devam eden çalışmanın zamanında benimsenmesi önemli bir kilometre taşı olacaktır.
- Tüketicilerin (küçük ve merkezi olmayanlar dahil) pazara girmelerine ve birleştirme yoluyla talep yanıt hizmetleri sunmalarına yardımcı olmak için, engelleyici ön yeterlilik kriterleri gibi engellerin kaldırılması gerekir (ACER, 2021b, ACER ve CEER, 2021)
- Aktif katılım için teknolojik ön koşulu sağlayacak doğru yeteneklere (örneğin yüksek zaman çözünürlüğünde çift yönlü iletişim) sahip akıllı sayaçların ve alt sayaçların hızla devreye alınmasına ihtiyaç vardır.
- Tüketicilere doğru bilgiyle birlikte doğru tedarik seçenekleri yelpazesini sunmak gereklidir. Bu, örneğin, tüketicilerin teklifleri karşılaştırmasına ve finansal faydalarını ve potansiyel risklerini anlamalarına olanak tanıyan kamu danışma araçları ve tek elden alışveriş platformları ile birlikte sabit ve kullanım süresi sözleşme türlerini içermelidir.

Vaka çalışması 1



İtalya'daki Sanal Enerji Santralleri

Küçük sistem kullanıcıları, dengeleme ürünleri sunmak için sıkı gereklilikler de dahil olmak üzere enerji piyasalarına girmekte sıklıkla engellerle karşılaşmaktadır. Genellikle, yardımcı hizmetler öncelikli olarak büyük konvansiyonel jeneratörlere atanır ve bu da daha küçük olanların katılımını kısıtlar.

İtalya'da, karma etkinleştirilmiş sanal birimler pilot projesi, talep yanıt sağlayıcıları da dahil olmak üzere küçük birimlerin sanal bir enerji santrali oluşturmak ve sistem operatörüne yardımcı hizmetler sunmak üzere bir araya gelmesini sağladı. Çeşitli birleştirme biçimlerini benimsemek, yalnızca son kullanıcılar için maliyetleri düşüren rekabetçi bir ortamı teşvik etmekle kalmaz. Aynı zamanda aktif tüketiciler için uygulanabilir bir iş fırsatı da yaratır.

Daha geniş politika seçimleri, sistem tepkiselliği üzerindeki etkilerini de açıkça dikkate almalıdır. Kazan-kazan durumları vardır, ancak daha sıklıkla, örneğin sistem ihtiyaçlarına göre operasyonu yeterince teşvik etmeyen üretim için destek mekanizmaları tasarlarlarken veya farklı tüketici gruplarının ihtiyaçlarını dikkate almadan tüketicileri sabit fiyatlı sözleşmelere kilitlerken, uzlaşmalar olabilir (ACER ve CEER, 2023).

Elektrik talebini ve diğer dağıtılmış esneklik kaynaklarını entegre etmek madalyonun bir yüzüdür. Yenilenebilir elektrikleştirme daha geniş bir sektör yelpazesine ulaştığında, talep VRE fazlalığı ve açığını dengelemede daha da büyük bir etkiye sahip olabilir. Bölüm 3.3'te gösterildiği gibi, çeşitli enerji tüketen sektörleri entegre etmek ek faydalar sağlayacaktır.

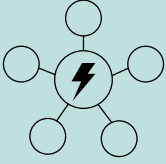
⁽²³⁾ Talep yanıtının tedarikini artırmak ve dağıtılmış enerji kaynaklarından elde edilen potansiyeli değerlendirmek için EC, tüm Avrupalılar için temiz enerji politika paketi kapsamında talep yanıtı, aktif müşteriler ve toplayıcılar için yeni tanımlar getirmiştir (EC, 2019a). Avrupa Yeşil Mutabakatı politika çerçevesi (EC, 2019b), bir dizi hedefli ve dolaylı (etkinleştirici) önlem sunmaktadır. Son elektrik piyasası tasarım önerisi (EC, 2023) ve talep yanıtına ilişkin çerçeve yönergeleri (ACER, 2022a), talep yanıtının gelişimini güçlendirmek için önlemler ortaya koymuştur.

3.3 Enerji sistemi entegrasyonu esnekliği artırır ve son kullanımın karbondan arındırılmasını destekler

Talep yanıtının tam potansiyelini gerçekleştirmek ve elektrik arzının daha hızlı karbonsuzlaştırılmasından faydalanmak için, politika yapıcılarının ve planlamacıların enerji sisteminin bütünsel bir gelişimine ve entegre bir şekilde işletilmesine geçmeleri gerekir. Bu, AB'nin binalar, ulaşım ve endüstri gibi diğer sektörlerde de devam eden hızlı değişimlerden yararlanmasını sağlayacaktır.

Uygun teşvikler ve standartların sağlanmasıyla enerji sistemi entegrasyonu (bkz. Kutu 8), zaman kaydırma ve ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını azaltma ve evsel veya endüstriyel ısı pompaları ve bölgesel ısıtma kullanarak talep zirvelerini azaltma gibi çeşitli kaynaklardan esneklik elde etmeyi kolaylaştıracaktır (bkz. vaka çalışması 2).

Kutu 8

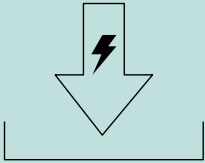


Enerji sistemi entegrasyonu

'Enerji sistemi entegrasyonu', elektrik, ısıtma ve ulaşım yakıtları gibi temel enerji taşıyıcılarına yönelik arz ve talep zincirlerinin tamamında bağlantı ve koordinasyon sağlanması ve rekabet gücünü ve arz güvenliğini artırmak için ilgili pazarların ve altyapıların entegre edilmesi anlamına gelir (EC, 2020).

Entegre sistemler ayrıca enerji depolama potansiyelini de artıracaktır (bkz. Kutu 9). Talep yanıtına benzer şekilde, depolama çözümleri enerji kaynaklarını zamanla yeniden tahsis ederek gelecekte önemli esneklik sağlayıcıları haline gelir (IEA, 2023b). Elektrik depolama, düşük fiyatlı elektriği (VRE fazlası) alarak ve yüksek fiyatlı (VRE açığı) saatlerde sisteme geri vererek esneklik sağlar. İlişkili akıllı teknolojilere sahip depolama çözümleri daha da yüksek kazançlar sağlayabilir. Bu, özellikle şebekeyle doğrudan iletişim halinde akü şarj ve deşarj modellerini ayarlayarak kontrol edilebilir kapasite sunabilen elektrikli araçlar durumunda belirgindir. Bunun yanı sıra, elektrik binalarda ısı olarak depolanabilir ve elektrolizörler VRE fazlası zamanlarında yenilenebilir (yeşil) hidrojen üretimini artırabilir.

Kutu 9



Enerji depolama

'Enerji depolama', elektriği diğer enerji biçimlerine dönüştüren ve depolayan çeşitli teknolojiler için kullanılan genel bir terimdir, örneğin:

- mekanik olarak, çoğunlukla pompalanan hidroelektrik enerji (yukarı doğru pompalanan ve daha sonra serbest bırakılan su) olarak, ayrıca bir rezervardaki basınçlı hava veya bir volanda dönen hız olarak;
- elektrokimyasal olarak, pillerdeki kimyasal enerji olarak;
- termal olarak, sıcak su tanklarından yapısal yapı malzemelerine kadar çeşitli ortamlarda depolanan ısıya dönüştürülür;
- hidrojen veya diğer yakıtlar (güç-x) olarak, örneğin suyu elektrik kullanarak hidrojen ve oksijene ayırarak.

Ancak, Bölüm 2.2'de tartışıldığı gibi, asimetri 2030'a kadar azalsa bile, VRE açıkları sırasında aşırı durumlarda yıllık olarak üretilecek enerjiden 11 kat daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle, depolamanın bir tampon görevi görme yeteneği sınırlı olacaktır. Sadece VRE fazlalığı ve açığı zamanlarında fiyat farkları tarafından teşvik edilirse, depolama birimleri VRE açığını telafi etmek için yeterli fazla enerji biriktiremez. Bu ayrıca, yeşil hidrojen üretiminin 2030'a kadar AB'de nispeten kıt olacağı ve politika yapıcılarının en değerli uygulamalarına dikkatlice öncelik vermesi gerektiği anlamına gelir.

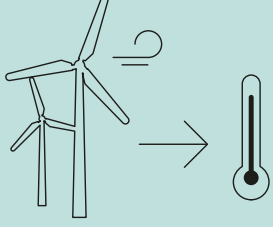
Endüstriyel talep, elektrik depolama, elektrikli araçlar ve endüstriyel ve konut ısıtması dahil olmak üzere esneklik kaynakları, tüm piyasalardan gelen verimli fiyat sinyalleriyle iletilen fazlalıklara ve kıtlıklara tepki vermelidir ⁽²⁴⁾. Örneğin, depolama teknolojilerinin gelir akışı, yardımcı hizmetler (JRC, 2023) dahil olmak üzere birden fazla pazar segmentine güvenme eğilimindedir. Bu nedenle, çözüm sağlayıcıları kısıtlayabilecek aşırı pazar giriş engellerini ortadan kaldırmak ve bu esneklik kaynaklarının tüm elektrik pazarlarına sorunsuz bir şekilde entegre edilmesini sağlamak hayati önem taşımaktadır. Buna karşılık, yeni ve küçük katılımcıların kısıtlı katılımıyla, kamu sübvansiyonlarına ve diğer pazar dışı planlara güvenmek giderek daha gerekli hale gelecektir.

AB'nin karbondan arındırılmış, dayanıklı bir güç sistemi arayışında, iç enerji pazarının kıta ölçeğinden yararlanan bütünsel bir yaklaşım, enerji kaynaklarının daha fazla merkezleştirilmesi eğilimiyle bir arada bulunmalıdır. Elektrikli son tüketicilere daha yakın bir şekilde tedarik etme yeteneğiyle, iyi entegre edilmiş dağıtılmış enerji kaynakları, dağıtım ve iletim ağları üzerindeki artan baskıyı sınırlayabilir ve bunun sonucunda şebeke tıkanıklığı ve kayıpları en aza indirilebilir. Arzı talebe yakınlaştırmak, yalnızca kapsamlı şebeke takviyesine olan ihtiyacı yavaşlatma ve kayıpları azaltma vaadini taşımakla kalmaz, aynı zamanda sistem kullanıcılarının kapasitelerini piyasaya sürmeleri veya kendi kendine tüketim ve enerji paylaşımı seçeneklerini keşfetmeleri için yeni iş fırsatları da açar. Dağıtılmış enerji kaynaklarını konut veya topluluk düzeyinde konuşlandırmak, böylece Avrupa hanelerinin ve işletmelerinin yüksek enerji fiyatlarına maruz kalmalarını azaltmalarına yardımcı olurken aynı zamanda elektrik arzının güvenliğine de katkıda bulunabilir (EEA, 2022c, 2022d). Yeni fotovoltaik teknolojilerinin dayanıklılığı, kararlılığı, ölçeklenebilirliği ve geri dönüştürülebilirliği ile ilgili zorlukların üstesinden gelmeye yönelik araştırmalar, dağıtılmış enerji kaynaklarının önemini daha da artırabilir ve güneş fotovoltaik modüllerinin standart yapı malzemesi bileşenleri haline gelmesini veya çeşitli yüzeylere entegre edilmesini sağlayabilir.

Son tüketicilere yakın enerji tedarik etmek de hibrit enerji projelerinin bir özelliğidir. Genellikle tek bir sahada bulunan bu projeler, yenilenebilir enerjiyi verimli bir şekilde kullanmak için çeşitli teknolojileri bir araya getirir. Bu tür sistemler, uygun şarj ve deşarj kalıpları, ısı veya yeşil hidrojen gibi farklı enerji taşıyıcıları arasında dönüşüm veya piyasada elektrik ticaretiyle meşgul olma yoluyla VRE fazlalıklarına ve eksikliklerine etkili bir şekilde yanıt verebilir (örnek vaka çalışmaları 2 ve 3'e bakın).

⁽²⁴⁾ Son zamanlarda yapılan bir araştırma, elektrikli ısıtma sistemlerinin enerji açısından verimsiz binalarda bile büyük sanal depolama kapasitelerinin kilidini açabileceğini gösteriyor (Thomaßen vd., 2021).

Vaka çalışması 2

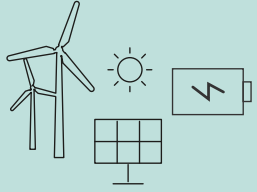


Isı Akıllı Orkney

Geçtiğimiz yıllarda, İskoçya'daki Orkney, fosil bazlı enerji üretmekten bol miktarda rüzgar kaynağından yararlanmaya doğru bir geçiş gördü. Rüzgar enerjisinin hızlı büyümesi, aşırı üretim anlarına yol açtı ve başlangıçta işletmeciyi rüzgar çiftliği üretimini kısıtlamaya zorladı. Buna yanıt olarak, topluluk liderliğindeki bir yenilenebilir enerji projesi, ısıtma sektörünün akıllı elektrikleştirme olasılığını araştırdı. Elektrik, üretimi kısıtlamak yerine aşırı zamanlarda ısı enerjisi olarak depolandı.

Proje, toplulukların elektrik şebekesindeki yerel sıkışıklık sorunlarını ele almak ve VRE kaynaklarını daha iyi kullanmak için nasıl harekete geçebileceklerine dair bir örnek teşkil ediyor. Bunun da ötesinde, Orkney, yerel kaynakları daha iyi kullanarak fosil yakıt teslimatlarına olan bağımlılığını azalttığı için enerji bağımsızlığına yönelik küçük ölçekli bir çabanın bir örneğidir.

Vaka çalışması 3



Haringvliet Hibrit Enerji Parkı

Hibrit enerji parkları genellikle ekonomik bir birim oluşturmak için birden fazla yenilenebilir enerji teknolojisini birleştirir. Örneğin, Hollanda Haringvliet projesi pil depolamanın yanı sıra güneş ve rüzgar üretimini de içerir.

Teknolojiler arasındaki sinerjilerden yararlanılarak hibrit parklar, sahadaki potansiyel fazlalıkları ve açıkları etkili bir şekilde dengeleyen güvenilir bir enerji çıktısı sağlar.

Sektörler arası esneklik kaynaklarının entegrasyonu, yerel kaynakları birbirine bağlı enerji piyasasına verimli bir şekilde entegre edebilen etkili bir Avrupa çerçevesi gerektirir. Özellikle, politika yapıcılar yeni ve küçük piyasa katılımcılarının piyasaya girişini engelleyen engelleri kaldırmaya (ACER ve CEER, 2021), hibrit enerji projelerinin geliştirilmesini teşvik etmeye ve pro-tüketim ve dağıtılmış enerji üretiminin sunduğu fırsatlardan yararlanmanın yollarını bulmaya yönelik çalışmalıdır (EEA, 2022c, 2022d).

Son olarak, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, yapay zeka ve dijitalleşme, devam eden sistem dönüşümü için temel itici güçler haline gelecektir. Bu ilerlemenin sonuçları, enerji sistemi bileşenlerinin entegre gelişiminin optimize edilmesinde halihazırda uygulanabilir durumdadır. Dijital araçların benimsenmesi, ek fiziksel altyapılara olan ihtiyacı azaltmak, rahatsızlıkları hafifletmek ve daha fazla VRE entegrasyonunu kolaylaştırmak için kritik hale gelecektir.

4 Tüm gçler seferber edilmeli ve sınırlar ötesinde tamamlayıcılık sağlanmalıdır; esneklik zorluğunun üstesinden gelmek için geniş bir kaynak ve destekleyici politika karışımına ihtiyaç vardır

Bu makale, 2030 yılına kadar esneklik gereksinimlerinde büyük bir artış olacağını ortaya koymaktadır. Bu gereksinimleri karşılamak için bir dizi iklime uyumlu teknoloji mevcuttur ve bu teknolojiler on yılın sonuna kadar çoğunlukla fosil bazlı esneklik kaynaklarının yerini alacaktır.

4.1 Tüm zaman dilimlerinde esnekliğe ihtiyaç vardır

Bir gün içinde zirveleri ve vadileri kaplamak, girdilerinin mevcut seviyelerin iki katından fazlasına ulaşması gerektiğinden esneklik kaynaklarında önemli bir büyüme gerektirir. Buna yönelik czmler arasında talep yanıtı, akıllı sektör entegrasyonu ve depolama teknolojilerinin daha bol miktarda kullanılması yer alır. Haftalık esneklik ihtiyaçları neredeyse iki katına çıkacaktır. Pompalı hidroelektrik gibi depolama czmleri, gündüz-gece depolaması olarak gereken kapasiteyi sağlamak için oldukça uygundur, ancak haftalık döngüyü de kapsayabilirler. Yıllık esneklik ihtiyaçlarının 2030 yılına kadar mevcut ihtiyaçların yaklaşık üçte biri oranında artması bekleniyor. Bu dalgalanmalar, örneğin rezervuar hidroelektrik, elektrolizörler, hidrojen bazlı enerji santralleri ve termal depolama czmleriyle ve yakın zamanda güncellenen AB enerji verimliliği politika çerçevesinin talep ettiği genelleştirilmiş enerji verimliliği ve tasarruf çabalarıyla karşılanabilir.

Artan elektrikleendirme, hepimizin rolümüzü oynaması için (talep tarafında) fırsatlar sağlıyor ancak zorluklar da yaratıyor. AB'nin belirli bölgelerinde büyük ölçüde negatif elektrik fiyatlarının olduğu daha fazla gnle kanıtlandığı üzere, talep tarafında yeterli esnekliğe sahip olmadığımıza dair işaretler zaten var. Negatif elektrik fiyatları, düşük taleple aynı anda çok yüksek arzın (rneğin çok fazla rüzgar ve güneş) bir işaretidir. Jeneratörlerin kapanması veya (endüstriyel) tüketicilerin talebi artırması her zaman kolay değildir. Bu nedenle, daha fazla esneklik (farklı türlerde) ve bu esnekliğin sınırları aşmasına olanak tanıyan bağlantılar çok önemlidir.

4.2 Esneklik ihtiyaçları, sınır ötesi esnekliğin sağlayıcıları olarak bağlantı yollarının rolüne işaret ediyor

Bir ye Devlet içinde ve ayrıca AB genelinde doğru değişken güneş ve rüzgar kaynakları karışımının dağıtılması ve paylaşılması, belirlenen teknolojik ve coğrafi tamamlayıcılık yoluyla sistem esnekliği ihtiyaçlarının azaltılmasına da yardımcı olur. Bağlantılar ayrıca, esneklik kaynaklarının tüm zaman dilimlerinde, ancak özellikle günlük zaman diliminin ötesinde, 2030 yılına kadar yıllık esneklik ihtiyaının üçte birinin sınırlar üstesinden sağlanabileceği sınırlar arasında paylaşılmasını sağlayarak önemli bir rol oynayacaktır (JRC, 2023).

Bu çeşitli iklim uyumlu esneklik seçeneklerinin mevcudiyetine rağmen, 2030 zaman diliminde esneklik ihtiyaçlarını hızla karşılamak için tek bir kolay cevap yoktur: ağ geliştirmeleri, talep yanıtı, depolama teknolojileri ve sistem entegrasyonunun tümünün, gelecekteki enerji sisteminin her zaman tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılamasını garantilemek için birlikte kullanılması gerekir. Temiz enerji geçişini sağlamak, yenilikçi czmleri kapsayan tüm ekonomik sektörlerdeki tüm paydaşlardan benzersiz çabalar gerektirecektir.

koordineli planlama, ağ işletiminde uyarlamalar, tüketici davranışlarında değişiklikler ve bir dizi tamamlayıcı önlem. Son olarak, elektriğin sınır ötesi akışını sağlamayı da içerir. Enerji krizinin AB'ye öğrettiği gibi, sınır ötesi ticaretin oynaklığı azaltma ve çok ihtiyaç duyulan dayanıklılığı artırma konusunda muazzam bir potansiyeli vardır (ACER, 2023a).

4.3 Güçlü siyasi taahhüt ve koordinasyon anahtardır

Şüphesiz, bu temiz enerji geçişi AB'nin fosil yakıtlara ve enerji ithalatına olan bağımlılığını azaltmasına olanak tanıyacaktır. Güvenli bir enerji sistemine ulaşmak ve aynı zamanda karbonsuzlaştırma, güçlü siyasi taahhüt, koordinasyon ve karşılıklı tavizlerin derinlemesine anlaşılmasını gerektirir. Her şeyden önce, Avrupa elektrik şebekesinin bu on yıl boyunca, sistemin arz ve talepteki kısa, orta ve uzun vadeli dalgalanmalarla başa çıkabilmesini sağlamak için iyi kalibre edilmiş bir dizi esneklik kaynağıyla donatılması gerekir. Bunu sağlamak için, bu makale iki temel odak alanını ve eylem noktasını vurgulamaktadır.

Enerji sisteminin koordineli planlamasını ve işletimini kullanarak karbonsuzlaştırmayı ve arz güvenliğini aynı anda yönetin.



Esneklik ihtiyaçlarını kapsamlı bir şekilde değerlendirin

Dağıtık kaynakların ve bağlantıların güçlü rolü göz önüne alındığında, esneklik ihtiyaçları ve bu ihtiyaçların karşılanmasına yönelik potansiyel yollar, Avrupa ve ulusal düzeylerde ileriye dönük bir şekilde dikkatlice değerlendirilmelidir.



Sonuçları kontrol edin
esnek kaynaklar

Enerji politikası seçeneklerini (örneğin tüketici koruması) değerlendirirken, her zaman esneklik kaynaklarının kullanılabilirliği ve geliştirilmesi üzerindeki olası beklenmeyen sonuçları (örneğin talep duyarlılığı) kontrol edin. Karşılıklı ödünleşimlerin farkında olmak, önlemleri kalibre etmeye yardımcı olacaktır.



Sınır ötesi sinerjilerden
yararlanın

Üye Devletlerin NECP'leri ve iki yılda bir sera gazı projeksiyonları ilerleme raporları bölgesel iş birliğini kolaylaştırabilir. Yenilenebilir enerji ve esneklik politikası seçimleri ve projeksiyonları hakkında bilgi paylaşımı sınırlar arasında entegre bir sistem görüşü teşvik eder ve bu da sırayla yerel elektrik ihtiyaçlarının karşılanmasına yardımcı olur. İş birliği ve koordinasyon için en iyi uygulamalar, NECP ve iki yılda bir ulusal sera gazı projeksiyonları ve enerji parametreleri içinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının ortak geliştirilmesi ve tedariki ve istatistiksel transferler gibi mevcut mekanizmaların yanı sıra belirlenmeli ve teşvik edilmelidir.



Bağlantı kullanılabilirliğini en üst
düzeye çıkarın

İyi yönetilen ulusal ve sınır ötesi bir altyapıya sahip olmak ve bölgesel koordinasyon merkezleri aracılığıyla iletim sistemi operatörlerinin yakın işbirliği, bölgesel yenilenebilir enerji merkezlerinin temiz enerji ve esneklik kaynaklarını paylaşmanın tüm faydalarını elde etmesi için ön koşullardır. Sınır ötesi ticaret için kullanılabilir hale getirmek üzere şebeke kapasitesinin en az %70'ini serbest bırakmak, bölgesel faydaları en üst düzeye çıkarma ve ulusal ve bölgesel esneklik ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir adımdır.

Tüketicilerin ihtiyaç duyduklarında tüketimlerini aktif olarak uyarlamaları ve depolamanın dinamik bir şekilde işletilmesi için teşvikler yaratın.



Fiyat sinyalleri sağlayın

Enerji faturaları ve akıllı sayaçlar (karbon fiyatlandırması ve kullanım saati tarifeleri dahil) tüketicileri gerçek elektrik maliyeti hakkında bilgilendirir ve bu da kıtlık ve fazlalık dönemlerine yanıt olarak davranış değişikliğini ve yeni iş modellerinin benimsenmesini tetikleyebilir. Hanelerin fiyatlara maruz kalması risk tercihlerine göre uyarlanmalıdır. Akıllı sayaçların dağıtımı hızlandırılmalıdır.



Güvenilir, hedeflenen
bilgiler sağlayın

Tüketiciler, ölçülü tüketimlerinden başlayarak ihtiyaçlarına ve koşullarına göre bilinçli seçimler yapabilmelidir. Yetkili makamlar (örneğin düzenleyiciler, tüketici kuruluşları ve dağıtım sistemi operatörleri) hanelere esnek tedarik sözleşmelerinin uygunluğunu ve elde edebilecekleri potansiyel finansal faydaları değerlendirmek için gelişmiş rehberlik sağlamalıdır. Kamusal danışma araçları ve kılavuzları (örneğin savunmasız haneler için fonlara erişim hakkında) gibi ek önlemler, özellikle hanelerin aktif ve esnek elektrik tüketicileri olmalarının faydalarını değerlendirmelerine yardımcı olmak için ekonomik teşvikleri tamamlamalıdır.



Tüm kaynakları
kullanın

Küçük ölçekli aktif tüketiciler, prosumer'lar, depolama birimleri ve diğer küçük sistem kullanıcıları, büyük tüketiciler ve jeneratörler kadar önemlidir. Büyük ve küçük tüm kaynaklar, tüm elektrik piyasalarına eşit bir şekilde katılabilir. Engelleyici ön yeterlilik kriterleri gibi giriş engellerini ortadan kaldırın ve toplayıcılar gibi yeni aktörlerin dağıtılmış enerji kaynaklarının ortak potansiyeline erişmesini kolaylaştırın.



Enerji depolamayı geniş
anlamda düşünün

Çeşitli enerji depolama teknolojileri, amaca uygun çözümlerin seçilmesini mümkün kılar. Konuma, ihtiyaçlara ve mevcut seçeneklere bağlı olarak, VRE üretim fazlası elektrik, ısı (örneğin enerji verimli binalarda), elektro yakıtlar (örneğin yeşil hidrojen) ve pompalı hidroelektrik su rezervuarlarında depolanabilir.

Referanslar

ACER, 2021a, *Elektrik iletim varlıklarının verimli kullanımını iyileştirmek için akıllı yatırımları teşvik etme pozisyonu*, Ljubljana, (<https://www.acer.europa.eu/Pozisyon%20Makaleleri/Altyapi%20verimliliği%20konum%20Makalesi.pdf>), son erişim tarihi 1 Haziran 2023.

ACER, 2021b, *Toptan Elektrik Piyasası İzleme 2021 — Dengeleme hizmetlerinin sağlanması için ön yeterlilik süreçleri (31 Aralık 2021 itibarıyla)*, Ljubljana (https://www.acer.europa.eu/Publications/ACER_Prequalification_BAL_Services.pdf), son erişim 25 Temmuz 2023.

ACER, 2022a, *Talep Yanıtına İlişkin Çerçeve Kılavuzu*, Ljubljana (https://acer.europa.eu/Official_documents/Acts_of_the_Agency/Framework_Guidelines/Framework%20Guidelines/FG_DemandResponse.pdf), son erişim tarihi 1 Haziran 2023.

ACER, 2022b, *ACER'in AB toptan elektrik piyasası tasarımına ilişkin nihai değerlendirmesi*, Ljubljana (https://www.acer.europa.eu/Publications/Final_Assessment_EU_Toptan_Elektrik_Pazarı_Tasarımı.pdf), son erişim tarihi 1 Haziran 2023.

ACER, 2023a, *Elektrik Piyasalarında Acil Durum Tedbirlerinin Değerlendirilmesi - 2023 Piyasa İzleme Raporu*, Ljubljana (https://acer.europa.eu/Publications/2023_MMR_Acil_Tedbirleri.pdf), son erişim 20 Temmuz 2023.

ACER, 2023b, *Enerji şebekesi projelerine ilişkin yatırım değerlendirme, risk değerlendirme ve düzenleyici teşvikler hakkında rapor*, Ljubljana (https://acer.europa.eu/Publications/ACER_Report_Risks_Incentives.pdf), son erişim 20 Temmuz 2023.

ACER, 2023c, *Bölgeler arası kapasiteler ve bölgeler arası elektrik ticareti için mevcut %70 marj (MACZT) - 2023 Piyasa İzleme Raporu*, Ljubljana (https://www.acer.europa.eu/Publications/2023_MMR_MACZT.pdf), son erişim 26 Temmuz 2023.

ACER (2023g), *2023 Gaz için sentez ve öneriler — 2023 Piyasa İzleme Raporu*, Ljubljana (yakında çıkacak).

ACER ve CEER (Avrupa Enerji Düzenleme Konseyi) (2021), *2020 yılı iç elektrik ve doğal gaz piyasalarının izlenmesi sonuçlarına ilişkin yıllık rapor*, Ljubljana ve Brüksel (https://acer.europa.eu/Official_documents/Acts_of_the_Agency/Publication/ACER%20Market%20Monitoring%20Report%202020%20E2%80%93%20Electricity%20Wholesale%20Market%20Volume.pdf), son erişim tarihi 1 Haziran 2023.

ACER ve CEER, 2023, *Avrupa Komisyonu'nun elektrik piyasası tasarımına ilişkin kamuoyu istişaresine tepki*, Ljubljana ve Brüksel (https://acer.europa.eu/Medya/Haberler/Belgeler/ACER-CEER_Yanıt_EC_PC_EMD.pdf), son erişim 26 Temmuz 2023

Ayele, GT, vd., 2021, 'Kesintili yenilenebilir kaynak, ısı depolama ve değişken şebeke elektrik tarifiesi varlığında optimum ısı ve elektrik gücü akışları', *Enerji Dönüşümü ve Yönetimi*, Cilt 243, 114430 (doi:10.1016/j.enconman.2021.114430).

2022, *Elveda Gaz: Bir sonraki kazanınız neden bir ısı pompası olmalı — Tüketiciler için yeşil ısıtma seçeneklerinin karşılaştırmalı çalışması, 2025-2040: Yönetici özeti ve temel bulgular*, Brüksel (https://www.beuc.eu/sites/default/files/publications/beuc-x-2021-112_goodbye_gas_why_your_next_boiler_should_be_a_heat_pump.pdf), son erişim 24 Mayıs 2023.

Breear, MJ, ve diğerleri, 2020, 'Sektör birleştirme: küresel enerji sisteminin karbonsuzlaştırılmasını desteklemek', *Elektrik Dergisi*, Cilt. 33, No 9, 106832 (doi:10.1016/j.tej.2020.106832).

Calise, F., vd., 2021, 'Elektrikli araçların ve kombine ısı ve güç üretiminin entegrasyonuna dayalı akıllı şebeke enerji bölgesi', *Enerji Dönüşümü ve Yönetimi*, Cilt 234, No 1, 113932 (doi:10.1016/j.enconman.2021.113932).

Clarke, L., ve diğerleri, 2023, 2022: *Enerji Sistemleri*, IPCC, 2022: İklim Değişikliği 2022: İklim Değişikliğinin Azaltılması. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Altıncı Değerlendirme Raporuna Çalışma Grubu III'ün Katkısı. Cambridge University Press, Cambridge, İngiltere ve New York, NY, ABD, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (https://www.cambridge.org/core/product/identifler/9781009157926%23c6/type/book_part) 24 Temmuz 2023'te erişildi.

Couto, A. ve Estanqueiro, A., 2020, 'Elektrik Talebini Karşılama İçin Rüzgar ve Güneş PV Üretiminin Tamamlayıcılığını Araştırmak', *Energiler* 13(16), s. 4132 (DOI: 10.3390/tr13164132).

Avrupa Birliği Konseyi, 2023, 'Konsey ve Parlamento yenilenebilir enerji direktifi konusunda geçici anlaşmaya vardı', basın bülteni, 30 Mart 2023 (<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/03/30/council-and-parliament-reachprovisional-deal-on-newable-energy-directive/>), son erişim 28 Haziran 2023.

AÇA, 2020, 'Yenilenebilir enerjide sınır ötesi işbirliği', Brifing No 23/2020 (<https://www.eea.europa.eu/themes/energy/renewable-energy/cross-bordercooperation-on-renewable-energy>), son erişim 27 Haziran 2023.

AÇA, 2022a, 'Hava kirlenici emisyon veri görüntüleyicisi (Gothenburg Protokolü, LRTAP Sözleşmesi) 1990-2020', gösterge paneli (<https://www.eea.europa.eu/data-andmaps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-4>), son erişim 18 Kasım 2022.

AÇA, 2022b, 'Avrupa'da yenilenebilir enerji 2022', gösterge paneli (<https://www.eea.europa.eu/themes/energy/renewable-energy/renewable-energy-in-europe-2020>), son erişim 16 Eylül 2023.

AÇA, 2022c, 'Enerji tüketicileri ve şehirler', Brifing No 19/2022 (<https://www.eea.europa.eu/publications/enerji-üreticileri-ve-sehirler/enerji-üreticileri-ve-sehirler>), son erişim 24 Mayıs 2023.

AEA, 2022d, *Avrupa'daki Enerji Üreticileri - Enerji dönüşümünde vatandaş katılımı*, AEA Raporu No 01/2022, Avrupa Birliği Yayın Ofisi, Lüksemburg (<https://www.eea.europa.eu/publications/the-role-of-prosumers-of>), son erişim 24 Mayıs 2023

AÇA, 2023a, 'Isıtma ve soğutmanın karbondan arındırılması - bir iklim zorunluluğu', Brifing No 27/2022 (<https://www.eea.europa.eu/publications/dekarbonizasyon-ısıtma-andcooling>), son erişim 25 Mayıs 2023.

AÇA, 2023b, 'AÇA sera gazı — veri görüntüleyicisi', gösterge paneli (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/sera-gazlari-goruntuleyici>), son erişim 29 Haziran 2023.

AEA, 2023c, *Yıllık Avrupa Birliği sera gazı envanteri 1990-2021 ve envanter raporu 2023 - UNFCCC Sekreteryasına sunulması*, Kopenhag (<https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-2>), son erişim 20 Mayıs 2023.

AEA, 2023d, *Avrupa'da birincil ve nihai enerji tüketimi — 8. EAP*, yakında çıkacak, Gösterge, (<https://www.eea.europa.eu/ims/primary-and-final-energy-consumption>).

EG3, 2022, *Elektrik Talebinin Azaltılması Hakkında Makale: Tüketicilerin bu kış ve sonrasında esnekliğini harekete geçirecek önlemler*, Avrupa Akıllı Şebekeler Görev Gücü (<https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/publications/epbd-recognise-sector-couplingsolutions-foster-demand-side>), son erişim tarihi 2 Ekim 2023.

Elia Group, 2021, 'Elia Group, 2050 yılına kadar iklim açısından nötr bir Avrupa enerji sistemi kurma vizyonumuz olan "Net Sıfıra Giden Yol Haritası"nı yayınladı', basın bülteni, 19 Kasım 2021 (https://www.elia.be/en/news/press-releases/2021/11/20211119_elia-group-publishes-roadmap-to-net-zero), son erişim 27 Ocak 2023.

ENTSO-E, 2022, 'ENTSO-E şeffaflık platformu' (<https://transparency.entsoe.eu/>), son erişim 31 Aralık 2022.

AB, 2019a, 'Tüm Avrupalılar için temiz enerji paketi' (https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_tr), son erişim 27 Ocak 2023.

EC, 2019b, Komisyon bildirimi — Avrupa Yeşil Mutabakatı, COM(2019) 640 final.

EC, 2020, Komisyon bildirimi — İklim açısından nötr Avrupa için bir hidrojen stratejisi, COM(2020) 301 final, (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/TR/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>), son erişim: 8 Ağustos 2023.

EC, 2021a, Komisyon bildirimi - '55'e Uygun': İklim nötrlüğüne giden yolda AB'nin 2030 iklim hedefine ulaşması, COM(2021) 550 final.

AB, 2021b, 'Avrupa Yeşil Mutabakatının sağlanmasına yönelik politika senaryoları' (https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_tr), son erişim 23 Kasım 2022.

EC, 2022a, Komisyon bildirimi - RepowerEU planı, COM(2022) 230 nihai.

AB, 2022b, Komisyon bildirimi — Sınır ötesi yenilenebilir enerji işbirliği projelerinde maliyet-fayda paylaşımına ilişkin rehberlik (2022/C 495/01) (OJ C 495, 29.12.2022, s. 1).

EC, 2023, Birliğin elektrik piyasası tasarımını iyileştirmek için (AB) 2019/943 ve (AB) 2019/942 sayılı Tüzükler ile (AB) 2018/2001 ve (AB) 2019/944 sayılı Direktifleri değiştiren Avrupa Parlamentosu ve Konsey tüzüğüne ilişkin teklif, COM(2023) 148 final (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/TR/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0148&qid=1679410882233>), son erişim 19 Eylül 2023.

EC-DG ENERJİ, 2019, *RES'in ana akıma dahil edilmesi - Esneklik portföyleri: Yenilenebilir enerjinin yüksek paylarının maliyet açısından verimli bir şekilde entegre edilmesini kolaylaştırmak için Üye Devlet düzeyinde esneklik portföylerinin tasarlanması*, Avrupa Birliği Yayın Ofisi, Lüksemburg (<https://op.europa.eu/tr/yayin-detay/-/yayin/e6589254-a386-11e9-9d01-01aa75ed71a1/dil-tr>), son erişim 27 Ocak 2023.

Avrupa Parlamentosu ve Konsey, 2018a, Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 11 Aralık 2018 tarihli, enerji birliğinin ve iklim eyleminin yönetimine ilişkin 2018/1999 sayılı Tüzüğü, Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 663/2009 ve 715/2009 sayılı Tüzüklerini, 94/22/EC, 98/70/EC, 2009/31/EC, 2009/73/EC, 2010/31/EU, 2012/27/EU ve 2013/30/EU sayılı Direktiflerini, 2009/119/EC ve (AB) 2015/652 sayılı Konsey Direktiflerini değiştiren ve 525/2013 sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin Tüzüğünü yürürlükten kaldıran (OJ L 328, 21.12.2018, s. 1).

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2018b, Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 11 Aralık 2018 tarihli, yenilenebilir kaynaklardan enerji kullanımının teşviki hakkındaki 2018/2001 sayılı Direktifi (AB Resmi Gazetesi L 328, 21.12.2018, s. 82).

Avrupa Parlamentosu ve Konsey, 2019, Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 5 Haziran 2019 tarihli, Elektrik İç Pazarı için Ortak Kurallar ve 2012/27/AB Direktifini Değiştiren Direktifi (AB Resmi Gazetesi L 158, 14.6.2019, s. 125).

Eurostat, 2023, 'Elektriğin arzı, dönüşümü ve tüketimi', veri seti (https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_CB_E/default/?tablo?lang=tr&category=nrg.nrg_quant.nrg_quanta.nrg_cb), son erişim: 25 Haziran 2023.

Gils, HC, ve diğerleri, 2017, 'Avrupa'da değişken yenilenebilir enerjiye dayalı güç arzının entegre modellemesi', *Enerji*, Cilt 123, ss. 173-188 (doi:10.1016/j.energy.2017.01.115).

IEA, 2023a, *Yenilenebilir Enerjinin Mevsimsel ve Yıllık Değişkenliğinin Yönetimi*, Paris (<https://iea.blob.core.windows.net/assets/bfe623d2-f44e-49cb-ae25-90add42d750c/YenilenebilirEnerjininMevsimselveYıllıkDeğişkenliğininYönetimi.pdf>), son erişim 20 Temmuz 2023.

IEA, 2023b, *Elektrik Piyasası Raporu Güncellemesi — 2023 ve 2024 Görünümü*, Paris (https://iea.blob.core.windows.net/assets/2d1b41b0-2cf7-4b24-aa22-e8d0492e619c/ElektrikPazarıRaporu_Güncelleme2023.pdf), son erişim 20 Temmuz 2023.

IRENA, 2022, *Dünya Enerji Geçişleri Görünümü 2022: 1,5°C yolu*, Abu Dabi.

JRC, 2023, *Esneklik gereksinimleri ve gelecekteki Avrupa güç sistemlerinde depolama alanının rolü*, Avrupa Birliği Yayın Ofisi, Lüksemburg (<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC130519>), son erişim 20 Temmuz 2023.

Goodwin, J. ve diğerleri, 2018, *İklim ve Enerji Projeksiyonlarının Uygulamada Entegre Edilmesi*, Eionet Raporu 2018/5, AÇA, Hava Kirliliği ve İklim Değişikliğinin Azaltılması Konulu Avrupa Merkezi, Bilthoven (https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cme/products/etc-cmereports/eionet_rep_etcacm_2018_5_integrating_cc_e_projections-1), son erişim 17 Eylül 2023.

Palm, J. ve diğ erleri, 2023, 'İsveç'in yerel esneklik elektrik piyasalarına katılımın ön ndeki itici güçler ve engeller', *Kamu Hizmetleri Politikası*, Cilt. 82, 101580 (doi:10.1016/j.jup.2023.101580).

Beş, 2023, *Penta Bölgesinde Güç Sistemi Esnekliğı — Gelecekte karbondan arındırılmış bir enerji sisteminin mevcut durumu ve zorlukları: Son rapor*(<https://www.artelys.com/wp-content/uploads/2023/03/Güç-Sistemi-Esnekliğı-Penta-bölgesi-%E2%80%93-Mevcut-Durum-ve-Geleceğın-Karbonsuzlaştırılmış-Enerji-Sistemi-İçin-Zorluklar.pdf>), son erişim 20 Temmuz 2023.

Ramboll, 2023, *Karbonsuzlaştırılmış ve güvenli bir AB elektrik sistemini desteklemek için esneklik ç   mleri: Son rapor*(<https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cm/products/flexibilitysolutions-to-support-a-dekarbonised-and-secure-eu-electricity-system>) son erişim 5 Ekim 2023.

Solomon, AA, vd., 2020, 'Enerji depolama ihtiyacını azaltmak için r zgar-g neş kaynak tamamlayıcılığın ndan yararlanma', *AMAÇLAR Enerji*8(5), s. 749-770 (DOI:10.3934/enerji.2020.5.749).

Thomaßen G. ve diğ erleri, 2021 'Elektrifikasyon yoluyla AB ısıtma sektör n n karbondan arındırılması: parametrel  bir analiz', *Enerji Politikası*, Cilt 148(A), 111929 (doi:10.1016/j.enpol.2020.111929).

Weitemeyer, S., ve diğ erleri, 2014, 'Geleceğın güç sistemlerine yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu: depolamanın rol ', Elsevier'e sunulan  n baskı, s. 1-15 (<https://arxiv.org/pdf/1405.2857.pdf>), son erişim 20 Temmuz 2023.

Zachmann G. ve diğ erleri, 2023, 'Avrupa elektrik piyasasının tasarımı', ITRE komitesi tarafından talep edildi, ([https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/740094/IPOL_STU\(2023\)740094_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2023/740094/IPOL_STU(2023)740094_EN.pdf)), son erişim 01 Ekim 2023.

Avrupa Çevre Ajansı

Karbonsuzlaştırılmış ve güvenli bir AB elektrik sistemini desteklemek için esneklik çözümleri

2023 — 38 sayfa — 21 x 29,7 cm

ISBN'si 978-92-9480-603-1

DOI: 10.2800/104041

AB ile temasa geçmek

Şahsen

Avrupa Birliği'nin her yerinde yüzlerce Europe Direct bilgi merkezi bulunmaktadır. Size en yakın merkezin adresini şu adresten bulabilirsiniz: https://european-union.europa.eu/contact-eu_en

Telefonla veya e-posta yoluyla

Europe Direct, Avrupa Birliği ile ilgili sorularınızı yanıtlayan bir hizmettir. Bu hizmete şu numaradan ulaşabilirsiniz:

ücretsiz telefon: 00 800 6 7 8 9 10 11 (bazı operatörler bu aramalar için ücret alabilir),

veya aşağıdaki standart numaradan: +32 22 99 96 96 veya e-posta yoluyla: https://european-union.europa.eu/contact-eu_en

AB hakkında bilgi bulma

Çevrimiçi

Avrupa Birliği hakkında AB'nin tüm resmi dillerinde bilgi Europa web sitesinde mevcuttur: https://european-union.europa.eu/index_en

AB yayınları

AB yayınlarını şu adresten indirebilirsiniz: <https://op.europa.eu/en/web/general-publications/publications>.

Daha fazla bilgi için Europe Direct veya yerel bilgi merkezinizle iletişime geçin (bkz. https://european-union.europa.eu/contact-eu_en).



European Environment Agency



Avrupa Çevre Ajansı Kongens
Nytorv 6
1050 Kopenhag K
Danimarka
Tel.: +45 33 36 71 00
Web: eea.europa.eu
Sorular: eea.europa.eu/enquiries

ACER

European Union Agency for the Cooperation
of Energy Regulators

Acer

Trg cumhuriyeti 3,
SI-1000 Ljubljana, Slovenya
Telefon: +386 (0) 8 205 34 00
Web: acer.europa.eu
Sorularınız için: press@acer.europa.eu



Publications Office
of the European Union

TH-04-23-970-TR-N
DOI: 10.2800/104041