

SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

Türkiye Enerji Dönüşümü Görünümü 2022

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

Yazarlar
Ahmet Acar, Alkım Bağ Güllü, Hasan Aksoy, Rafet Yağız Çalışkan, Sena Serhadlıoğlu, Yael Taranto (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi)

Teşekkürler
Raporun hazırlanma sürecinde sağlamış oldukları değerli geri bildirimleri için SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Yönlendirme Komitesi Başkanı Selahattin Hakman'a teşekkür ederiz. Raporun son haline gelmesinde sağladığı katkıdan dolayı SHURA stajyeri İlkben Deniz Güneş'e teşekkür ederiz.

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

Tasarım
Tasarımhane Tanıtım Ltd. Şti.

Telif Hakkı © 2023 Sabancı Üniversitesi

ISBN 978-625-6956-12-4

Sorumluluk Reddi
Bu rapor ve içeriği, çalışma kapsamında göz önünde bulundurulan kabuller ve 2022 yılsonu itibarıyla mevcut olan piyasa koşulları doğrultusunda hazırlanmıştır. Bu kabuller ve piyasa koşullarının değişime açık olması nedeniyle, rapor kapsamındaki gelecek dönem öngörülerinin, gerçekleşecek sonuçlarla aynı olacağı garanti edilemez. Bu raporun hazırlanmasına katkı yapan kurum ya da kişiler, raporda sunulan öngörülerin gerçekleşmemesi ya da farklı şekilde gerçekleşmesinden dolayı oluşabilecek ticari kazanç ya da kayıplardan sorumlu tutulamazlar.

Türkiye Enerji Dönüşümü Görünümü 2022





İÇİNDEKİLER

Şekiller listesi 4

Tablolar listesi 4

Kısaltmalar listesi 5

1. Giriş 7
   1.1. Türkiye Ulusal Enerji Planı (UEP) 9

2. Enerji üretimi ve tüketimi ile sera gazı emisyonları 11
   2.1. Enerji talebi 11
   2.2. Enerji arzı 12
   2.3. Türkiye'de sera gazı emisyonları ve enerji sektörü 14

3. Arz güvenliği ve düşük maliyetli enerji arzı 17
   3.1. Enerji arzında ithalatın payı 17
   3.2. Enerji kaynaklı dış ticaret açığı ve cari açık 17
   3.3. Enerji ve elektrik piyasalarında fiyatların gelişimi 18

4. Yenilenebilir enerji 23
   4.1. Önemli küresel gelişmeler ve Türkiye'deki mevcut durum 23
   4.2. Beklentiler ve 2053 net sıfır karbon hedefi doğrultusunda politika değerlendirmesi 31

5. Enerji verimliliği 33
   5.1. Türkiye'de 2022 yılındaki önemli gelişmeler ve mevcut durum 33
   5.2. Beklentiler ve 2053 net sıfır karbon hedefi doğrultusunda politika değerlendirmesi 40

6. Elektrifikasyon 41
   6.1. Türkiye'de 2022 yılındaki önemli gelişmeler ve mevcut durum 41
   6.2. Beklentiler ve 2053 net sıfır karbon hedefi doğrultusunda politika değerlendirmesi 43

7. Yeni teknolojilerdeki gelişmeler 45

8. Sonuç 49

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: UEP hedeflerinin 2020 yılı verileri ile karşılaştırması 10
Şekil 2: 2015-2021 yılları arasında son kullanıcı sektörleri bazında nihai enerji tüketiminin gelişimi 11
Şekil 3: 2017-2022 yılları arasında brüt elektrik talebinin gelişimi 12
Şekil 4: 2015-2021 yılları arasında kaynak bazında birincil enerji arzının gelişimi 13
Şekil 5: Birincil enerji arzının son 20 yıl içerisindeki gelişimi (2000-2021) 13
Şekil 6: Türkiye'nin 1990-2021 yılları arasında toplam sera gazı emisyonlarının (CO_2 eşdeğeri) gelişimi 14
Şekil 7: 2021 yılında gaz türüne göre sera gazı dağılımı ve CO_2 emisyonlarının dağılımı 14
Şekil 8: Enerji kaynaklı CO_2 emisyonlarının 2015-2021 yılları arasındaki gelişimi ve 2021 yılındaki sektörel dağılımı 15
Şekil 9: Gerçekleşen emisyonlar, baz senaryo (BaU), INDC ve NDC çerçevesinde öngörülen emisyon değerleri 16
Şekil 10: 2016-2022 yılları arasında enerji kaynaklı ve toplam dış ticaret açığı, cari açık ve petrol fiyatının gelişimi 18
Şekil 11: Aralık 2021 itibariyle uygulanan doğal gaz tarifeleri 19
Şekil 12: 2016- 2022 yılları arasında piyasa takas fiyatı değişimi 20
Şekil 13: 2021 ve 2023 yılları arasında uygulanan elektrik tarifeleri ve PTF (+YEKDEM) son kullanıcı sektörler bazında aylık gelişimi 21
Şekil 14: 2022 yılında Türkiye elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı 23
Şekil 15: Türkiye elektrik kurulu gücü ve üretiminde yenilenebilir enerji payının gelişimi (2020, 2021, 2022) 24
Şekil 16: 2020-2022 yılları arasında Türkiye elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı 24
Şekil 17: 2022 yılında YEKDEM kapsamında elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı 27
Şekil 18: İhalesi 2022 yılında tamamlanan karasal YEKA RES-3 ve YEKA GES-4 bölgeleri 28
Şekil 19: Gerçekleştirilen YEKA ihalelerinin kapasite durumu ve ağırlıklı ortalama teklif fiyatı karşılaştırmaları 28
Şekil 20: 2022 yılında ilan edilen yeni güneş ve rüzgâr enerjisine dayalı YEKA bölgeleri 29
Şekil 21: 2000-2021 yılları arasında Türkiye enerji yoğunluğu indeksinin birincil ve nihai enerji yoğunluğu açısından gelişimi 34
Şekil 22: 2000-2021 Dünyada ve Türkiye'de Enerji Yoğunluğunun Değişimi (2000=100) 35

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Dönemlere göre kaynak bazında uygulanmakta olan AUF 20
Tablo 2: ETKB 2019-2023 Strateji Planı ve 2022 yıl sonu gerçekleşen yenilenebilir enerji kurulu kapasiteleri 25
Tablo 3: Türkiye 2022 yıl sonu yenilenebilir enerji kapasitesi ile UEP 2035 yılı hedefleri 26

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABD$	Amerika Birleşik Devletleri Doları
AKAKDO	Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık
AR-GE	Araştırma-geliştirme
AUF	Azami Ulaştırma Fiyatı
BTU	İngiliz Termal Birimi (British Thermal Unit)
CO_2	karbondioksit
CO_2e	karbondioksit eşdeğeri
COP27	27. Birleşmiş Milletler İklim Konferansı
ÇŞİDB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DGP	Dengeleme Güç Piyasası
EKB	Enerji Kimlik Belgesi
ENVER	Enerji Verimliliği Derneği
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ	Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.
EPS	Enerji Performans Sözleşmesi
ESCO	Enerji Hizmet Şirketi
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
EVÇED	Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı
GA	gönüllü anlaşmalar
GES	güneş enerjisi santrali
GMKA	Güney Marmara Kalkınma Ajansı
GÖP	gün öncesi piyasası
GSYİH	gayri safi yurt içi hasıla
GTŞ	Görevli Tedarik Şirketleri
GÖP	Gün Öncesi Piyasası
GW	gigavat
GWh	gigavat-saat
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
KABEV	Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Uygulamaları Projesi
kWh	kilovat-saat
m^2	metrekare
TÜBİTAK MAM	TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi
MW	megavat
MWh	megavat-saat
Mt	milyon Ton
NDC	Ulusal Katkı Beyanı
NGS	Nükleer Güç Santrali
NSEB	Neredeyse sıfır enerjili bina
OECD	İktisadi İş birliği ve Gelişme Teşkilatı
ÖTV	Özel Tüketim Vergisi
PTF	piyasa takas fiyatı
PtX	Elektriğin form değiştirmesini sağlayan teknolojiler (Power-to-X)
SGP	satın alma gücü paritesi
STK	Sivil toplum kuruluşları

TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi
TCMB	Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TENMAK	Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu
tep	ton eşdeğer petrol
TL	Türk Lirası
TOGG	Türkiye'nin Otomobil Girişim Grubu
TÜFE	Tüketici Fiyat Endeksi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TWh	teravat-saat
UEP	Ulusal Enerji Planı
UEVEP	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekreteryası
ÜFE	Üretici Fiyat Endeksi
VAP	Verimlilik Artırıcı Proje
YAL	Yük al
YAT	Yük at
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması
YEK-G	Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Sistemi
YETA	Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları

1. Giriş

21. yüzyılın temel değişimlerinden biri iklim değişikliğinin yarattığı ve alarm verici seviyeye gelen olumsuzlukların önüne geçme kararlılığı ile tetiklenen düşük karbonlu enerji dönüşümüdür. 2021 yılı verilerine göre Türkiye'de enerji kaynaklı emisyonlar, toplam sera gazı emisyonlarının %71'ini oluşturmaktadır. Toplam sera gazı emisyonları içerisinde %80'lik paya sahip karbondioksit (CO_2) emisyonları kapsamında ise enerji sektörünün payı %85'e ulaşmaktadır. Bu açıdan dünyanın pek çok ülkesine benzer şekilde Türkiye için de enerji sektörünün karbonsuzlaşması kritik öneme sahiptir.

Dünyada ve Türkiye'de enerji sektörünün karşı karşıya olduğu en önemli sorun artan enerji talebi ile birlikte bir yandan enerji sektörünün karbonsuzlaşmasını sağlamak bir yandan da tüketicilerin gereksinim duyduğu miktarda enerjiye kesintisiz ulaşabilmeleri için arz güvenliğinin ve enerjiye uygun maliyetli erişimin sağlanmasıdır. Bu noktada, hem temiz enerjiye geçişi hızlandıracak, hem de enerji arz güvenliği ve fiyat istikrarını korumaya yönelik etkin politikalara ihtiyaç bulunmaktadır.

2022 yılı gerek küresel gerek yerel gelişmeler neticesinde enerji sektörü açısından önemli sonuçlar doğuran bir sene olmuştur. COVID 19 pandemisi ile tetiklenen küresel enerji krizinin enerji fiyatları üzerindeki etkileri devam ederken Rusya'nın Ukrayna'yı işgal etmesi ile sarsılan dünyada, özellikle Rusya'dan enerji ithal eden ülkeler için hem arz güvenliği kaygıları hem de artan enerji fiyatlarıyla beraber ekonomik sorunlar gündeme gelmiştir. Avrupa ülkeleri Rusya'nın doğal gaz arzını durdurmasından dolayı başta enerji arz problemleri ve ekonomik resesyon olmak üzere ciddi sorunlarla karşı karşıya kalırken, ülkemizde de artan küresel emtia fiyatlarının etkisiyle elektrik, doğal gaz ve kömür fiyatlarında önemli artışlar gözlemlenmiş ve bu durum gıdadan hizmete tüm tedarik zincirlerinde kendini hissettirmiştir. 2022 yılında küresel çapta yaşanan bu gelişmeler, büyük ölçüde fosil yakıtlara bağlı olan enerji sistemlerinin ülke ekonomilerine olan olumsuz etkilerinin altını çizmektedir.

2021 yılı sonu itibarı ile Türkiye'nin birincil enerji arzı 2000 yılına göre 2 kat artarak 159,4 milyon ton eşdeğer petrol (tep)'e ulaşmış, bunun %84'ü fosil kaynaklardan karşılanırken yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzındaki payı %16 olarak gerçekleşmiştir. Türkiye tükettiği petrolün %91'ini, doğal gazın %98'ini ve kömürün %56'sını ithal etmektedir. Artan enerji fiyatları nedeniyle Türkiye'nin enerji ithalat faturası, 2021'de 51 milyar Amerika Birleşik Devletleri Doları (ABD$)'ndan 2022'de 96,5 milyar ABD$'na yükselmiştir.

Öte yandan 2022 kışında İran'ın teknik gerekçelerle doğal gaz akışını kesmesi ile santral ve sanayi kuruluşlarına uygulanan gaz ve elektrik kesintileri Türkiye için arz güvenliği kaygılarını ön plana çıkaran bir gelişme olmuştur.

Türkiye'nin fosil yakıtlara bağımlılığı, enerji arz güvenliğine dair soru işaretleri yaratmanın yanı sıra enerji ithalatını da artırarak cari açık sorununu ağırlaştırmaktadır. Dolayısıyla Türkiye açısından enerji dönüşümü çevresel hedefler kadar arz güvenliği ve enerjiye ekonomik erişim hedefleri ile de yakından ilişkilidir. Bu bağlamda Türkiye'nin düşük karbonlu enerji dönüşümüne olan ihtiyacı tüm çevreler tarafından üzerinde mutabık kalınan kritik bir konu haline gelmiştir.

Bugün gelinen noktada, özellikle elektrik üretiminde yapılan yeni yatırımların tamamına yakını yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Türkiye'nin yüksek

yenilenebilir enerji potansiyeli, başta güneş ve rüzgâr enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının yatırım maliyetlerindeki hızlı düşüşle birlikte fosil yakıtlı teknolojilere kıyasla daha maliyet etkin hale gelmeleri, toplumların sürdürülebilirlik ve iklim krizine dair farkındalığının artması ve politika yapıcıların iklim değişikliğine dair azaltım ve adaptasyon politikalarını uygulamaya başlaması bu yönelimi tetikleyen başlıca etkenlerdir.

2022 yılı sonu itibarı ile Türkiye'nin toplam elektrik kurulu gücünün %54'ü, brüt elektrik üretiminin ise %42'si yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Öte yandan elektrik sektörü dışındaki sanayi, ulaşım ve konut gibi enerji yoğun son kullanım sektörlerinin karbonsuzlaşması için atılması gereken önemli adımlar olduğu görülmektedir. Özellikle enerjiyi yoğun tüketen sanayi, ulaştırma ve binalar gibi son kullanım sektörlerinde enerji verimliliği artırılarak enerji yoğunluğunun düşürülmesi, enerji sisteminin karbonsuzlaşması için kritik önemdedir. Enerji verimliliğine yönelik uygulamalara ek olarak son kullanım sektörlerinde 'temiz elektrifikasyon' hem enerji kullanımında fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi sağlayan, hem de verimliliği artıran başlıca strateji olarak öne çıkmaktadır. Doğrudan elektrifikasyonun mümkün olmadığı sektörlerin ise yeşil hidrojen ve diğer temiz yakıtların kullanılması ile karbonsuzlaşması gündemdedir. Bu anlamda enerji dönüşümünün başarısında hala geliştirilmekte olan yeni teknolojilerin durumu da önemli olacaktır.

2021 yılında Paris Anlaşması'nı onaylanması ve 2053 için net sıfır emisyon hedefinin açıklanması Türkiye'nin enerji politikaları açısından dönüm noktası sayılabilecek bir karardır. Bu hedeflere ulaşmak ancak enerji sektörünün karbonsuzlaşması için şimdiye kadar yapılan çalışmaların hızlandırılması, aynı zamanda ekonominin diğer bileşenlerini de içine alacak kapsamlı ve bütünsel bir planlama ile mümkün olacaktır. 2022 yılı, bu doğrultuda kamu kurumları tarafından çeşitli çalışmaların başlatıldığı bir yıl olmuştur. Bunlar arasında Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) koordinasyonunda gerçekleşen ve ulaşım, tarım, sanayi, enerji, bilim ve teknoloji, yerel yönetimler, yeşil finans gibi farklı başlıklar altında 217 karar alınan İklim Şurası, yine ÇŞİDB tarafından 27. Birleşmiş Milletler İklim Konferansı'nda (COP27) açıklanan güncellenmiş Ulusal Katkı Beyanı (NDC), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından yayımlanan ve 2035 yılına kadar enerji sektörü için bir yol haritası sunan Ulusal Enerji Planı (UEP) ve Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejiisi ve Yol Haritası öne çıkan çalışmalardır.

Devam eden net sıfır karbon çalışmaları ve açıklanan politika dokümanları ile 2022 yılı Türkiye için orta vadede çok daha iddialı yenilenebilir enerji hedefleri ile birlikte elektrolizörler ve batarya enerji depolama sistemleri gibi yeni teknolojilere yönelik hedeflerin ortaya çıktığı bir sene olmuştur. Ancak, net sıfır karbon hedefine ulaşmak 2053'e yönelik uzun vadeli hedeflerin detaylandırılmasının yanısıra bu hedeflere ulaşılması için gerekli politikaların ve eylem planlarının da bütüncül bir şekilde ortaya konmasını gerektirmektedir. Planlama süreciyle birlikte küresel enerji sektörünün zamanla nasıl geliştiğini kavramak ve devam eden enerji dönüşümü sürecini takip etmek önemli olacaktır.

Bu gelişmelerin yanısıra, raporun hazırlandığı sırada Türkiye'de 6 Şubat 2023'te gerçekleşen ve 11 ilde büyük can ve mal kaybına yol açan Kahramanmaraş merkezli depremler ve bunun ardından yaşanan sel felaketi, doğal afetler sonrasında enerji temininin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha ortaya çıkarmıştır. Hem Kahramanmaraş depremi hem de daha önce yaşadığımız diğer depremler ve doğal

afetlerdeki acı sonuçlar Türkiye'nin birçok şehrinde depreme ve doğal afetlere dayanıklı yeni bir yapılanma ve şehirleşme olması gerektiğini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Afet sonrası dönemde arama kurtarma çalışmaları başta olmak üzere, diğer tüm ihtiyaçlar için elektrik temininin sürdürülebilir olması hayati önem taşımaktadır. Dolayısıyla doğal afetlere karşı elektrik sistemimizin daha dayanıklı ve kararlı olması elzemdir. Bu bağlamda, afet sonrasında elektrik arzında sürekliliğin sağlanması, elektrik sisteminin herhangi bir noktasında oluşan olumsuzluğun diğer noktalara etki etmemesini ya da asgari düzeyde etki etmesini sağlayabilmemiz kritik olacaktır.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi tarafından hazırlanan bu raporda, Türkiye'nin enerji dönüşümü 'yenilenebilir enerji', 'enerji verimliliği', 'elektrifikasyon' ve 'yeni teknolojiler' başlıkları altında değerlendirilmekte ve 2022 yılını odağına alarak geçmiş yıllardan günümüze kadar olan eğilimler analiz edilmektedir. Rapor aynı zamanda, Türkiye enerji dönüşümünü tüm yönleriyle değerlendirmeyi ve ileriye yönelik bir vizyon ortaya koymayı hedeflemektedir. İlki 2021 yılında yayınlanan 'Türkiye Enerji Dönüşümü Görünümü' raporu; bu alandaki gelişmelerin izlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla her sene yayınlanacaktır.

1.1 Türkiye Ulusal Enerji Planı (UEP)

Türkiye Ulusal Enerji Planı (UEP) 19 Ocak 2023 tarihinde ETKB tarafından yayınlanmıştır.[1] 2035 yılına kadar Türkiye'nin enerji sektöründeki stratejik hedeflerini içeren döküman, 2053 yılı net sıfır emisyon hedefi dikkate alınarak T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı'nın (SBB) ekonomik büyüme öngörüleri doğrultusunda toplam enerji talebi ve bu talebin karşılanması için hedeflenen arz tarafı gelişimi ortaya konulmuştur.

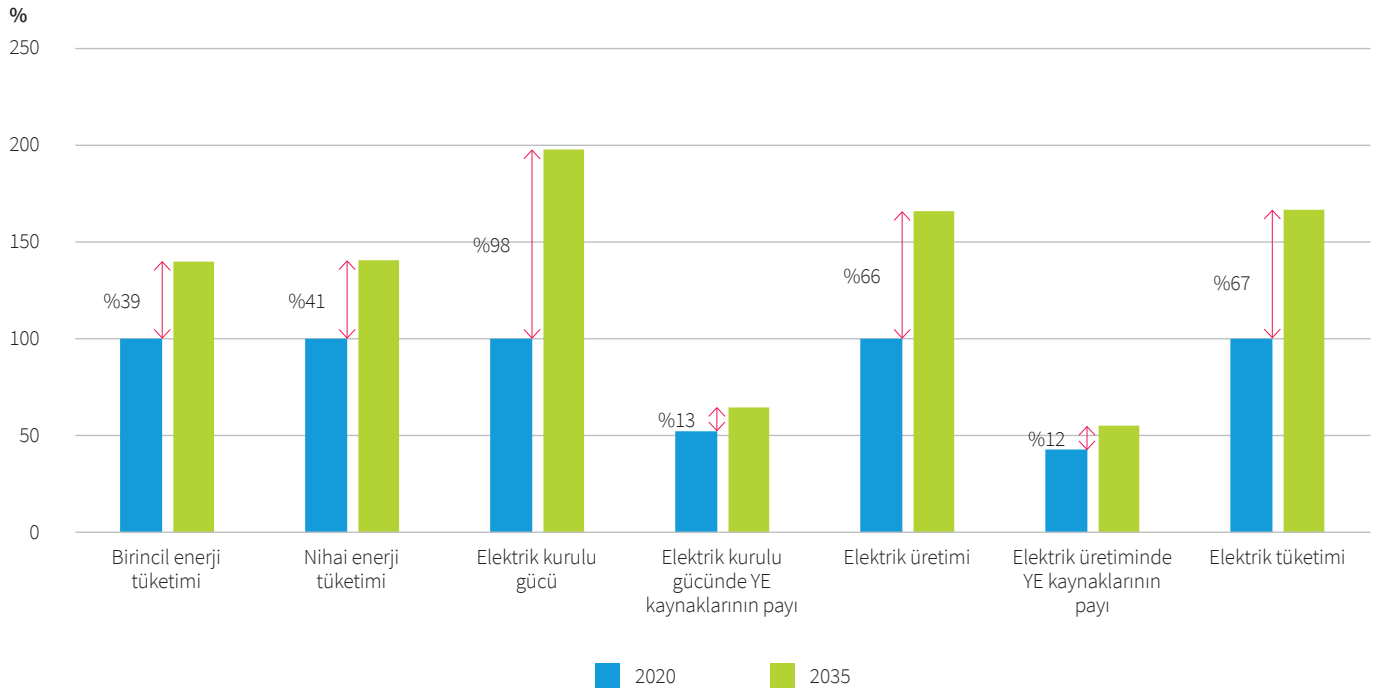
Hazırlanan UEP çerçevesinde; birincil enerji tüketimi 2020 yılına kıyasla %39,5 oranında artış ile 2035 yılında 205,3 milyon tep'e, nihai enerji tüketimi ise %40,8 oranında artış ile 148,5 milyon tep'e ulaşmaktadır. 2020 yılında 306,1 teravat-saat (TWh) olan elektrik tüketimi ise 2020-2035 döneminde yıllık %3,5 artış ile 2035 yılında 510,5 TWh seviyelerinde gerçekleşmektedir. Bu doğrultuda plana göre 2020 yılında 95,9 gigavat (GW) olan elektrik santralleri kurulu gücü 2035 yılında neredeyse iki katına çıkarak 189,7 GW'a ulaşmaktadır. Bu artışa paralel olarak, 2020 yılında kurulu güç içerisinde %52'lik bir paya sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarının payının 2035 yılı itibariyle %64,7 oranına yükselmesi hedeflenmektedir. Planda, 2021-2035 döneminde devreye alınacak 96,9 GW kapasitenin %74,3'ünü yenilenebilir enerji kaynaklarının oluşturacağı öngörülmektedir. 2035 yılında rüzgâr enerjisi için 29,6 GW, güneş enerjisi içinse 52,9 GW kurulu güç hedefi belirlenmiştir. Hidroelektrik kurulu gücünde önemli bir artış beklenmezken jeotermal ve biyokütle kurulu gücünün 5,1 GW'a ulaşacağı öngörülmüştür. Öte yandan planda, mevcut durumda inşaatı devam eden 4,8 GW'lık Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS)'ne ilave olarak yeni nükleer enerji kapasitelerinin devreye gireceği, 2035 yılı için nükleer enerji kurulu gücünün 7,2 GW'a çıkacağı öngörülmüştür. UEP'de ayrıca kömür kurulu güç kapasitesi 2035 yılında yaklaşık %20 büyüyerek 24,3 GW'a; doğal gaz kapasitesi ise %38 büyüyerek 35,5 GW seviyesine ulaşmaktadır. Elektrik üretiminde ise 2020 yılında %42,4 paya sahip yenilenebilir enerji kaynaklarının payının 2035 yılında %54,7'ye ulaşması planlanmaktadır. 2035 yılında elektrik üretiminin %34,2'sinin fosil enerji kaynaklarından, %11,1'inin ise nükleer enerji kaynaklarından oluşması planlanmaktadır.

[1] ETKB. (2023). "Türkiye Ulusal Enerji Planı" Yayımlanmıştır. https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20317

Strateji dökümanında, Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda kritik öneme sahip yeşil hidrojen, bataryalar ve talep tarafı katılımı konusunda da hedefler yer almaktadır. UEP'e göre 2035 yılında batarya kapasitesi 7,5 GW'a, elektrolizör kapasitesi ise 5 GW'a ulaşacaktır. UEP ile paralel olarak yayımlanan Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası'nda elektrolizör kapasitesinin 2053 yılında 70 GW'a ulaşması hedeflenmektedir.[2] Elektrik sisteminin karbonsuzlaşmasında ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sistem entegrasyonunda önemli bir potansiyeli bulunan talep tarafı katılımının 2035 yılı itibariyle 1,7 GW'a ulaşacağı öngörülmektedir. Yeni teknolojilerin sisteme entegre edilmesi ve kapasite artışları, enerji dönüşümünün başarısını belirlemede ve şebekede esneklik ihtiyacının karşılanmasında oldukça önemli olacaktır.

2053 net sıfır emisyon hedefine yönelik ilk hedef durağı olarak belirlenen 2035 yılına yönelik hedeflerin enerji dönüşümünü bir üst seviyeye taşıması ve ekonomik büyümeyi desteklemesi beklenmektedir. Planda belirtilen hedefler doğrultusunda ilerlendiğinde, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı da azalacaktır. Plan kapsamında özellikle yenilenebilir enerji kurulu güç hedefleri umut verici olsa da, önümüzdeki dönemde Türkiye'nin tüm potansiyalleri dikkate alındığında daha güçlü bir kapasite artışı beklenebilir. Diğer taraftan, kömürden çıkış planının olmaması ve fosil yakıtlı santrallerdeki kapasite artış öngörülerinin, 2053 yılında net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçişi zorlaştıracağı değerlendirilmektedir.

Şekil 1: *UEP hedeflerinin 2020 yılı verileri ile karşılaştırması*



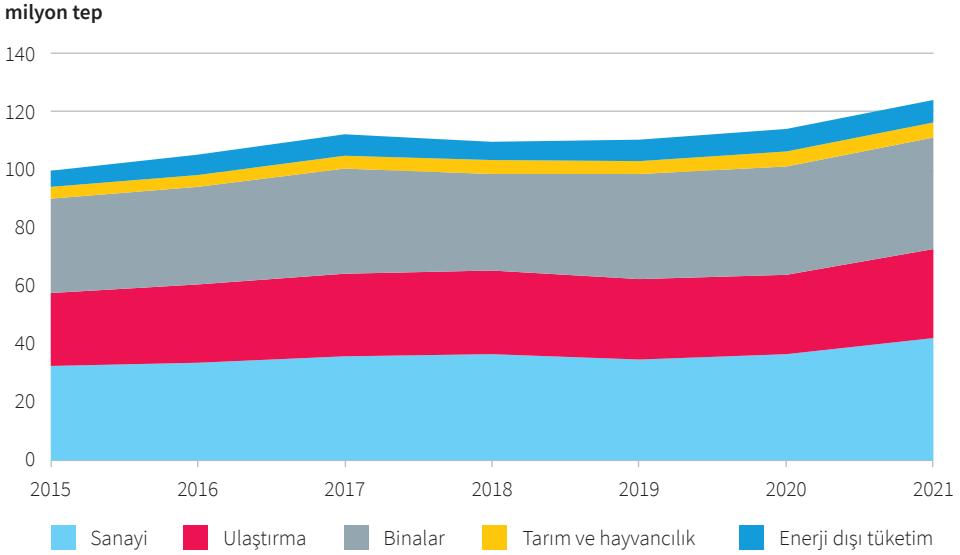
[2] ETKB. (2023). Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası Yayımlanmıştır. https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20316

2. Enerji üretimi ve tüketimi ile sera gazı emisyonları

2.1. Enerji talebi

2021 yılında gerçekleşen nihai enerji tüketimi bir önceki yıla oranla %8,9 oranında artarak, 123,9 milyon ton eşdeğer petrol'e (tep) ulaşmıştır (Şekil 2).

Şekil 2: *2015-2021 yılları arasında son kullanıcı sektörleri bazında nihai enerji tüketiminin gelişimi*



Kaynak: ETKB

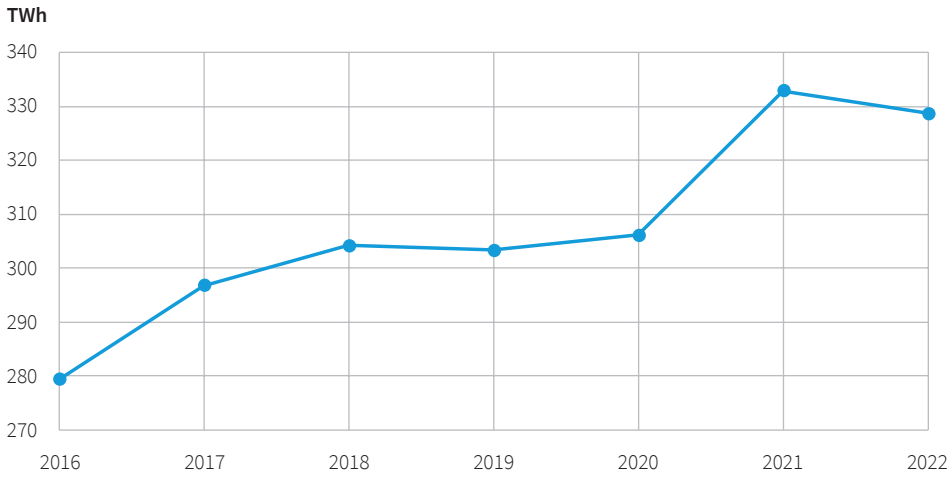
Türkiye'de enerji tüketiminin en yüksek olduğu sektör sanayi sektörüdür. 2021 yılı toplam enerji talebinin sektörel dağılımı incelendiğinde, sanayi sektörü %34'lük bir pay ile enerji tüketiminde yine ilk sırada bulunmaktadır. 2021 yılında sanayi sektörünün enerji tüketiminin %28'i elektrik, %26'sı doğal gaz ve %12'si taşkömürü kaynaklı olmuştur. Diğer kaynaklar petrol ürünleri, kok, linyit vb. olarak kaydedilmiştir.

Ulaşım sektörü 2021 yılı toplam enerji talebinin %25'ini oluşturmaktadır. Ulaşım sektörünün enerji tüketiminin 2015-2021 yılları arasında genel bir artış trendinde olduğu, yalnız 2020 yılında COVID-19 salgını nedeniyle bir önceki yıla kıyasla %2,6'lık gerileme yaşandığı görülmektedir. Salgın sonrasında normalleşme ile birlikte 2021 yılında ulaştırma sektörünün toplam enerji tüketimi 2020 yılına kıyasla %13 oranında artmış ve 2015-2021 dönemindeki kümülatif artış %22,6'ya ulaşmıştır. Ulaşım sektöründe kullanılan yakıt türlerinde %98 ile petrol ürünleri öne çıkmaktadır.

Binalardaki enerji kullanımı son yıllarda özellikle COVID-19 salgınının da etkisiyle artış eğilimindedir. Binaların enerji talebindeki payı 2020 yılında %33, 2021 yılında ise %31 seviyesinde gerçekleşmiştir. 2021 yılında binalarda tüketilen enerjinin %46'lık kısmı doğal gazdan, %30'luk kısmı ise elektrikten ve %12'lik kısmı ise kömürden sağlanmıştır.

Türkiye brüt elektrik talebi 2018 ile 2020 yılları arasında sabit kalmış, 2021'de ise COVID-19 salgını sonrası hızlı ekonomik toparlanma ile birlikte bir önceki yıla kıyasla %8,7 seviyesinde bir artışla 333 teravat-saate (TWh) ulaşmıştır. 2022 yılında brüt elektrik tüketimi %1,2 oranında azalarak 328,7 TWh'e gerilemiştir. Elektrik tüketimindeki azalma, özellikle yılın ikinci yarısında demir-çelik, çimento, tekstil gibi sektörlerdeki üretim yavaşlamasından kaynaklanmıştır. Şekil 3'te yıllık toplam elektrik talebinin son 5 yıl içindeki gelişimi gösterilmektedir. 2022 yılı toplam elektrik talebi 2017 yılına kıyasla %10,8 oranında artmıştır.

Şekil 3: *2017-2022 yılları arasında brüt elektrik talebinin gelişimi*

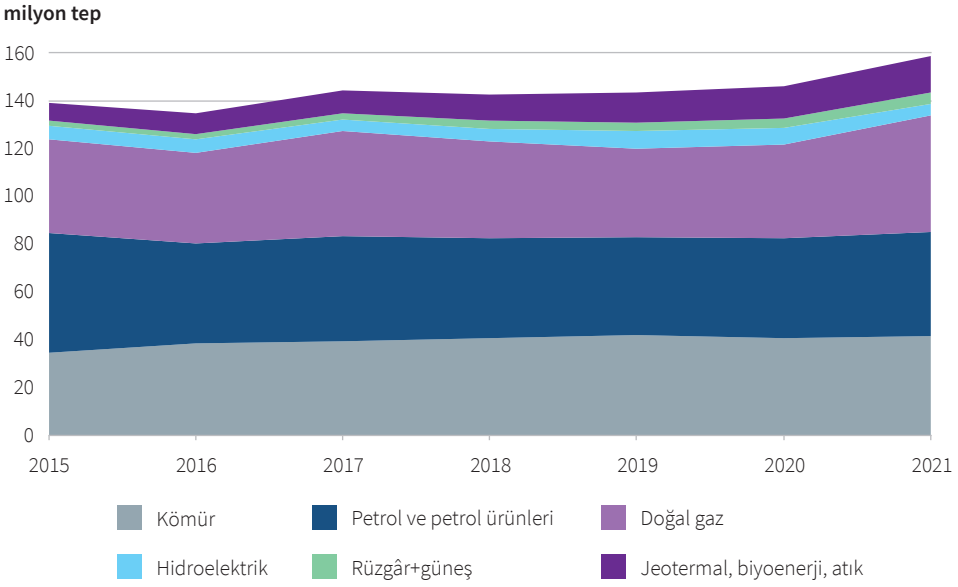


Kaynak: TEİAŞ

2.2. Enerji arzı

2021 yılı Enerji Denge Tabloları'na göre toplam birincil enerji arzı bir önceki yıla kıyasla %8,3 oranında artarak 159,4 milyon tep'e ulaşmıştır. Kaynak bazında birincil enerji arzının %84'ünü fosil yakıtlar, %16'sını ise yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır (Şekil 4). 2020 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji arzındaki payı %16,7 iken (24,6 milyon tep) bu pay 2021 yılında %15,6 (24,9 milyon tep) seviyesine gerilemiştir. 2021 yılında rüzgar, biyoenerji ve atıklar kaynaklı üretimlerde artış olmasına rağmen, hidroelektrik santrallerindeki üretimin yaşanılan kuraklık sebebiyle düşmesi nedeniyle toplam yenilenebilir enerji payı da düşüş göstermiştir. Yenilenebilir enerjinin toplam enerji arzındaki payı, son dönemlerdeki gelişmelere rağmen oldukça yavaş bir şekilde artış göstermektedir.

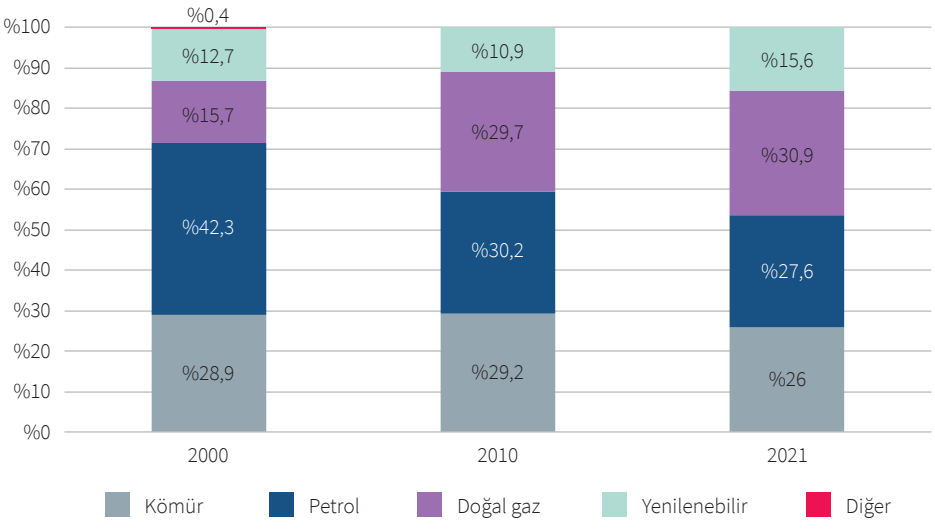
Şekil 4: *2015-2021 yılları arasında kaynak bazında birincil enerji arzının gelişimi*



Kaynak: ETKB

Birincil enerji arzının uzun vadeli gelişimi incelendiğinde, 2000-2021 döneminde enerji arzı iki katına çıkarken, fosil yakıtların payının %87'den %84'e gerilediği, yenilenebilir enerji kaynaklarının payının ise %13'ten %16'ya ulaştığı görülmektedir. Bu artışta özellikle hidroelektrik ve jeotermal kaynaklarının enerji üretimindeki payının artmasının yanı sıra, 2010 yılından itibaren verilen teşviklerle kurulu kapasitedeki oranları artan rüzgar ve güneşin de katkısı bulunmaktadır. Fosil yakıtlar incelendiğinde ise petrolün payında önemli bir düşüş olduğu ve yenilenebilir kaynaklar ile doğal gazın paylarının arttığı görülmektedir. Bu dönemde 2010 sonrasında kömürün payı da üç puan gerilemiştir. Yaşanan bu değişimlerde, bir yandan doğal gaz ve yenilenebilir kaynakların elektrik üretiminde petrol ürünlerini ikame etmesi, diğer yandan ısıtmada doğal gazın yaygınlaşarak kömürün yerini alması etkili olmuştur.

Şekil 5: *Birincil enerji arzının son 20 yıl içerisindeki gelişimi (2000-2021)*

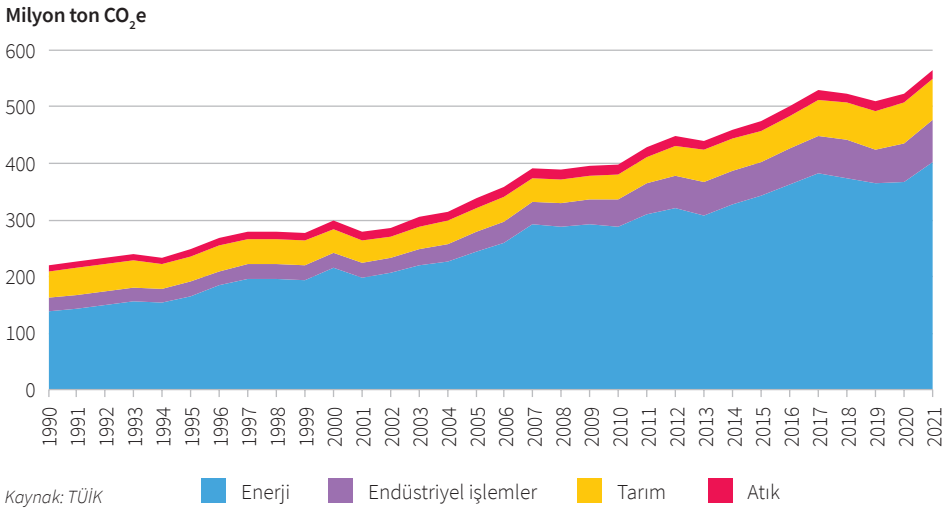


Kaynak: ETKB

2.3. Türkiye'de sera gazı emisyonları ve enerji sektörü

Türkiye'de açıklanmış en güncel emisyon verisi 2021 yılına aittir.[3] TÜİK tarafından yayımlanmış verilere göre 1990 yılında 219 milyon ton (Mt) karbondioksit eşdeğeri (CO_2e) olan Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonları (AKAKDO hariç) yaklaşık 2,5 kat artarak 2021 yılında[4] 564,4 Mt CO_2e seviyesine ulaşmıştır (Şekil 6).

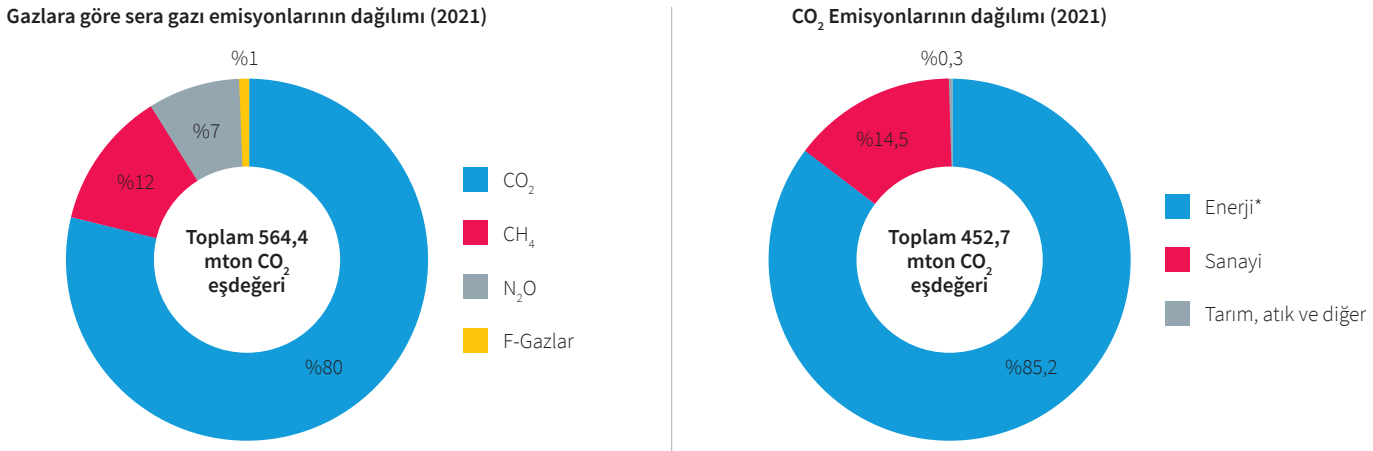
Şekil 6: *Türkiye'nin 1990-2021 yılları arasında toplam sera gazı emisyonlarının (CO_2 eşdeğeri) gelişimi*



Kaynak: TÜİK

Sera gazı emisyonlarındaki en büyük pay enerji kaynaklı emisyonlardır. 2021 yılı verilerine göre Türkiye'de enerji kaynaklı sera gazı emisyonları, toplam emisyonların %71,3'ünü (402,5 mton CO_2e) oluşturmaktadır (Şekil 6). 2021 yılında oluşan sera gazlarının büyük çoğunluğunu (452,7 Mt CO_2e ile yaklaşık %80) CO_2 oluşturmaktadır. Salınan CO_2 miktarının %85'i ise enerji[5] kaynaklıdır (Şekil 7).

Şekil 7: *2021 yılında gaz türüne göre sera gazı dağılımı ve CO_2 emisyonlarının dağılımı*

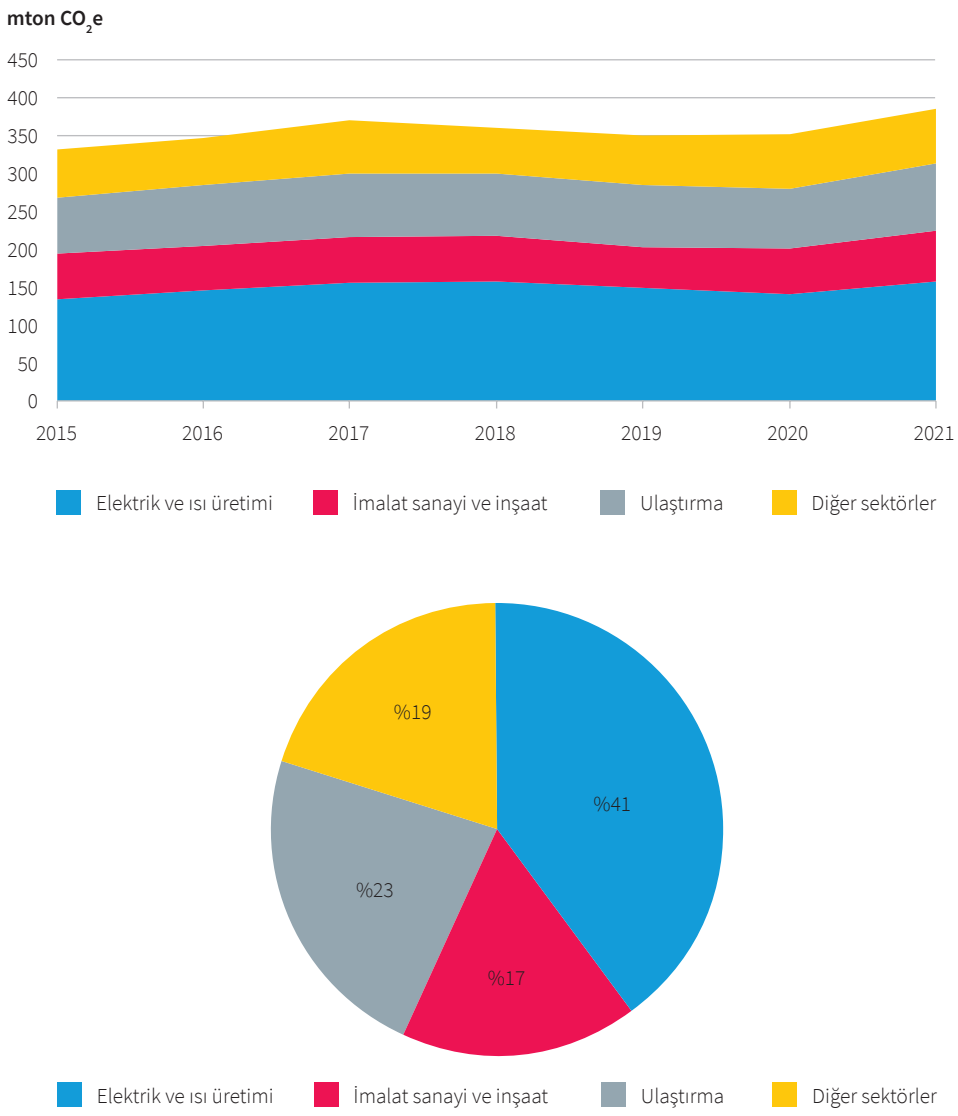


Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)
** Tüm sektörlerdeki yakıt yanması %99,9 ve kaçak emisyonlar %0,01.*

[3] TÜİK. (Mart, 2023). Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2021. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2021-49672
[4] Karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O) ve florlu gazlar (F-gazlar)
[5] Enerji içinde, yakıt yakılması, kaçak emisyonlar ve CO_2 taşıma ve depolama faaliyetleri vardır.

Enerji kaynaklı emisyonların yaklaşık %41'i elektrik ve ısı üretimi için kullanılan birincil kaynakların yakılması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla elektrik sektörünün enerji dönüşümünde öncü bir rol üstlenmesi gerekmektedir. Çevrim ve enerji sektörünü, %23 ile ulaşım sektörü izlemektedir. İmalat ve sanayi sektörlerinin CO_2 emisyonlarına katkısı %17 (endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı hariç), diğer sektörlerinki ise (binalar, ticaret ve hizmetler vb) %19 (Şekil 8).

Şekil 8: *Enerji kaynaklı CO_2 emisyonlarının 2015-2021 yılları arasındaki gelişimi ve 2021 yılındaki sektörel dağılımı*

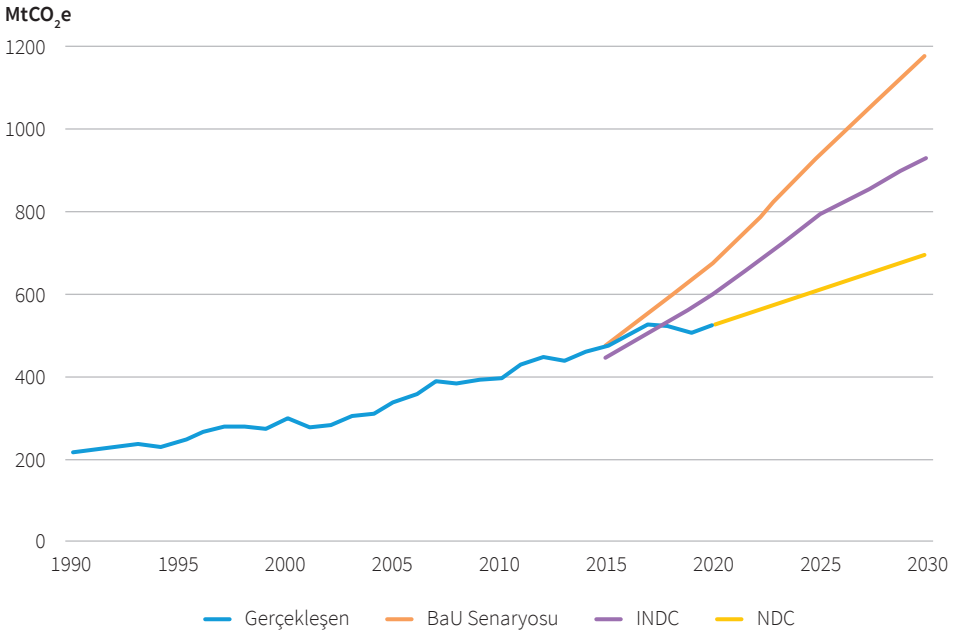


Kaynak: TÜİK

Türkiye 2015 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekreteryası'na (UNFCCC) Niyet Edilen Ulusal Katkı Beyanı'nı (INDC) açıklamıştır. Türkiye, Kasım 2022 tarihinde Mısır'da gerçekleştirilen 27. Birleşmiş Milletler İklim Konferansı'nda (COP27) ise güncellenmiş Ulusal Katkı Beyanı'nı (NDC) açıklamıştır. 2015 yılında açıklanan INDC ile NDC'nin her ikisi de 2030 yılında Türkiye'nin toplam sera gazı emisyon değerinin hiçbir önlem alınmadığı takdirde 1.175 $MtCO_2e$ seviyesinde olacağını öngörmektedir. 2015 yılında yayımlanmış INDC kapsamında, alınacak önlemlerle 2030 yılı emisyonlarının 929 $MtCO_2e$ seviyesine (%21 azaltım ile)

düşürüleceği; güncellenmiş NDC'de ise alınacak bu önlemlerle emisyonlarda 500 $MtCO_2e$ (%41 seviyesinde) azaltım sağlanarak yaklaşık 700 $MtCO_2e$ seviyesinde emisyon salımı hedeflendiği belirtilmiştir.[6] Güncellenmiş NDC'de baz senaryo çerçevesinde kabul edilen 2030 yılı emisyon öngörüsü olan 1.175 $MtCO_2e$ değeri, 2021 yılında gerçekleşen 564,4 $MtCO_2e$ seviyesinin iki katından fazladır. Güncel NDC kapsamında değerlendirilen azaltım senaryosunda dahi yaklaşık 700 $MtCO_2e$ seviyesinde oluşması öngörülen 2030 yılı emisyon değeri, 2021 yılına kıyasla %24 daha yüksektir (Şekil 9).

Şekil 9: *Gerçekleşen emisyonlar, baz senaryo (BaU), INDC ve NDC çerçevesinde öngörülen emisyon değerleri*



Kaynak: Climatewatch[7]

Güncellenmiş NDC'de 2038 yılında emisyonların en yüksek seviyeye çıkacağının öngörüldüğü belirtilmiştir. Bu senaryo, Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonlarının 2038 yılına kadar önemli ölçüde artacağını ve 2053 yılı net-sıfır sera gazı emisyon hedefine ulaşmak için geriye kalan 15 yıllık sürede Türkiye'nin enerji dönüşümünü tamamlaması gerektiğini göstermektedir. Bu kadar kapsamlı bir dönüşümün 15 yıl içerisinde tamamlanması finansman, iş gücü ve ekipman tedariki açısından çok yüksek uygulama riskleri içermektedir. Enerjide dışa bağımlılığın sürmesi, fosil yakıt fiyat dalgalanmalarından daha fazla etkilenme riskini de barındırmaktadır. Fosil yakıtlı santrallerin uzun yıllar boyunca üretimlerini sürdürmesi, yakıt gideri olmayan yenilenebilir enerji santrallerinin üretimdeki payını azaltacağından, toplam elektrik sistem maliyetlerinde de artış gözlemlenebileceği değerlendirilmektedir.[8]

[6] T.C. Çevre, Ş. ve İ. D. bakanlığı. (2022). Türkiye Ulusal Katkı Beyanı'nı COP27'de Açıkladı. https://iklim.gov.tr/turkiye-ulusal-katki-beyani-ni-cop27-de-acikladi-haber-84
[7] Climate Watch. (2021). Turkey- Full Continent https://www.climatewatchdata.org/ndcs/country/TUR/full
[8] SHURA. (2023). Net sıfır 2053: Türkiye elektrik sektörü için yol haritası. https://shura.org.tr/net-sifir-2053-turkiye-elektrik-sektoru-icin-yol-haritasi/

3. Arz güvenliği ve düşük maliyetli enerji arzı

3.1. Enerji arzında ithalatın payı

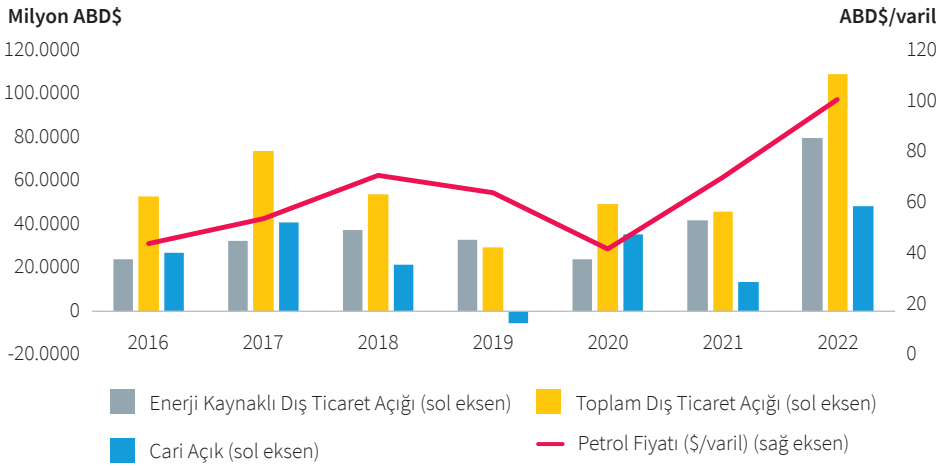
Türkiye'nin ekonomisi ve nüfusu, diğer İktisadi İş birliği ve Gelişme Teşkilatı (OECD) ülkelerine kıyasla daha hızlı büyümektedir. Aynı eğilimi enerji tüketimi de takip etmektedir. Türkiye, enerji tüketiminin dörtte üçünden fazlasını ithal fosil yakıtlarla karşılamaktadır. Bu durum ulaştırma ve ısıtmada kullanılan enerjinin büyük bölümü ve elektrik üretiminin ortalama %40-50'si için geçerlidir. Elektrik üretiminde ithal fosil yakıtların payı kuraklık nedeniyle hidroelektrik üretimin düşük olduğu yıllarda artmakta, hidroelektrik üretim yükseldiğinde azalmaktadır. Son yayımlanan ulusal enerji denge tablosuna göre 2021'de birincil enerji arzı içinde toplam fosil yakıt payı %83, ithal fosil yakıt payı %78 olarak gerçekleşmiştir. Kaynak bazında değerlendirildiğinde ham petrolün %91'inin, doğal gazın %98'inin ve kömürün %56'sının ithal edildiği görülmektedir. Dolayısıyla ithal enerji payının azaltılmasında yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin payı önemli rol oynamaktadır.

2022 yılında toplam elektrik üretimi 326 teravat-saat (TWh)'e ulaşırken yenilenebilir enerji kaynakları 137,5 TWh ile toplam üretimin %42'sini karşılamıştır. Elektrik üretiminde ithal fosil yakıtların payı ise %44 olmuştur. Elektrik üretiminde yerlilik oranı, hidroelektrik santrallerin üretiminin en üst seviyelere ulaştığı 2019 yılındaki %60'lık seviyesinden, kuraklık nedeniyle azalan hidroelektrik üretimi nedeniyle 2021'de %46'ya gerilemiş, 2022'de hidroelektrik üretimin yeniden artmasıyla %56'ya ulaşmıştır. Rüzgâr ve güneş başta olmak üzere hidroelektrik dışındaki yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artması önümüzdeki dönemde hem elektrik üretiminde karbondioksit (CO_2) yoğunluğunun azalmasına, hem de yerlilik oranınının istikrarlı artışına katkıda bulunacaktır.

3.2. Enerji kaynaklı dış ticaret açığı ve cari açık

Türkiye'nin ithal fosil yakıt bağımlılığını azaltması hem enerji arz güvenliği hem de dış ticaret açığının azaltılması açısından önem taşımaktadır. Türkiye'nin enerji ürünleri ithalatı 2022 yılında 2021'e kıyasla %90 artarak 96,5 milyar Amerika Birleşik Devletleri Doları (ABD$)'na ulaşmıştır. İthalat tutarındaki artışın başlıca nedeni bir yandan yurtiçinde fosil yakıt talebinin 2021'deki yüksek seviyesini sürdürmesi diğer yandan uluslararası enerji fiyatlarının zirveye ulaşması olmuştur. Uluslararası enerji fiyatlarının temel göstergesi olarak kabul edilebilecek petrol fiyatındaki artış 2022'de 2021'e kıyasla %42'yi bulmuştur. Fiyat artışlarında uluslararası telep artışının yanı sıra, Ukrayna'daki savaş nedeniyle Rusya'dan petrol ve doğal gaz akışının azalması etkili olmuştur. Özellikle Avrupa piyasasında doğal gaz fiyatları petrol fiyatlarına kıyasla çok daha yüksek seviyede artmıştır. Türkiye'de ise uzun vadeli petrol fiyatına endeksli alım anlaşmalarının kısmen sürmesi doğal gaz maliyetlerindeki artışın daha sınırlı olmasını sağlamış, tahmini doğal gaz ithalat maliyeti 2021'e kıyasla üç kattan fazla yükselmiştir.

Şekil 10: *2016-2022 yılları arasında enerji kaynaklı ve toplam dış ticaret açığı, cari açık ve petrol fiyatının gelişimi*



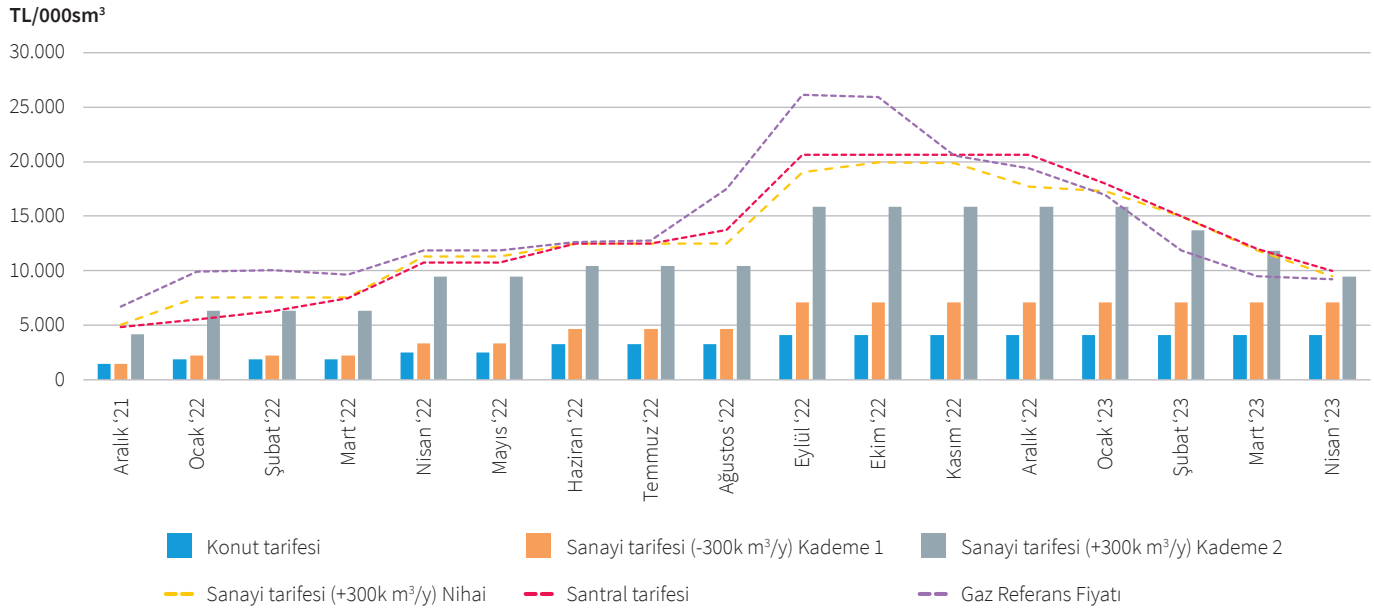
Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB)

Enerji ürünleri ithalatı Türkiye ekonomisinin önemli sorunları arasında yer alan dış ticaret açığı ve cari açığın başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. 2016-2022 döneminde enerji kaynaklı dış ticaret açığı toplam dış ticaret açığının ortalama %66'sını oluşturmuştur. 2022 yılında 2021'e kıyasla enerji kaynaklı dış ticaret açığı %90, toplam dış ticaret açığı %137 artmış, enerji kaynaklı açık toplam dış ticaret açığının %60'ına denk gelmiştir. Cari açık ise 2022'de 2021'deki düzeyinin 3,5 katına çıkarak 48,5 milyar ABD$'ına ulaşmıştır. Ulusal cari hesaplarda dış ticaretten kaynaklanan açık kısmen turizm gelirleri, kısmen de uluslararası para girişleriyle (portföy yatırımları, doğrudan sermaye yatırımları ve net/hata noksan) telafi edilmeye çalışılmaktadır. Buna rağmen, 2016-2022 döneminde yıllık ortalama 26 milyar ABD$ cari açık oluşmuştur. Aynı dönemde enerji kaynaklı dış ticaret açığı ise yıllık ortalama 39 milyar ABD$ seviyesinde gerçekleşmiştir. Etkisi yıldan yıla farklılık göstermekle birlikte özellikle turizm gelirleri gibi telafi edici diğer para akışlarının düşük ve petrol fiyatlarının yüksek olduğu yıllarda, enerji kaynaklı dış ticaret açığı cari denge üzerinde baskı yaratmakta, Türkiye'nin süregelen cari açık sorununun temelindeki faktörler arasında yer almaktadır.

3.3. Enerji ve elektrik piyasalarında fiyatların gelişimi

Halihazırda COVID-19 salgının etkilerinin azalmasına paralel olarak ekonomik toparlanmayla birlikte hızla artan enerji talebini karşılamada yaşanan arz problemleri, 2022 yılı başlarında Rusya ve Ukrayna arasında başlayan savaşla birlikte küresel ölçekte yaşanan bir enerji krizine dönüşmüştür. Yaşanan kriz sadece emtia fiyatlarının artmasına neden olmamış, aynı zamanda enerji arzında önemli problemleri tetiklemiştir. Diğer birçok ülke gibi Türkiye de bu krizden olumsuz etkilenmiştir. 2022 yılının başında İran gazında yaşanan tedarik sorunları sanayide doğal gaz ve elektrik kesintilerine neden olsa da 2022 yılı boyunca savaş kaynaklı arz sıkıntıları yaşanmamıştır. Bu süreçte artan enerji emtia fiyatları Türkiye ekonomisini olumsuz etkilemiştir.

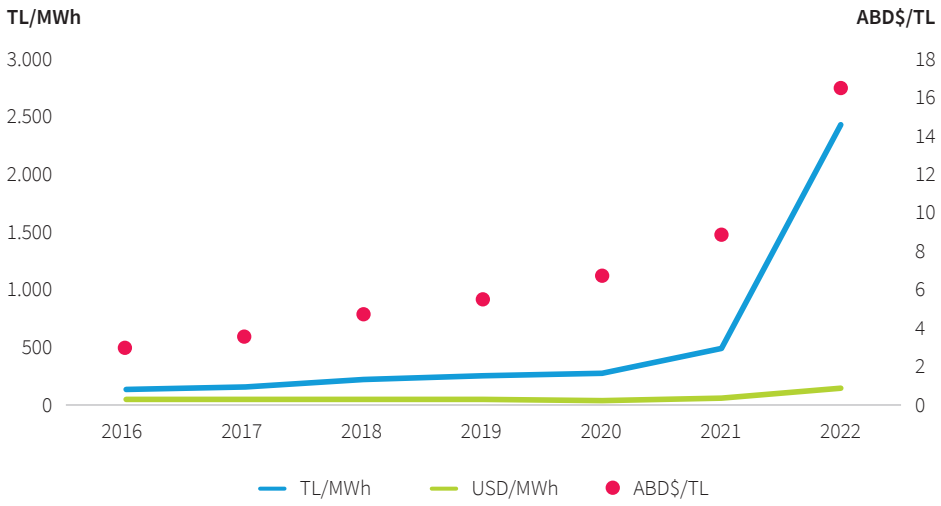
Şekil 11: *Aralık 2021 itibariyle uygulanan doğal gaz tarifeleri*



Kaynak: Enerji IQ

Küresel ölçekte artan birincil enerji fiyatları, başta elektrik olmak üzere emtia fiyatlarının da artmasına neden olmuştur. Özellikle doğal gaz fiyatlarındaki artış ekonominin tüm kalemlerine yansımıştır. Enerjide dışa bağımlılığı yüksek olan Türkiye için bu durum enflasyonun artması ile sonuçlanmıştır. Artan enerji fiyatları gıdadan hizmete tüm alanlara yansımıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'nin toplam elektrik üretiminin yarısına yakınını oluşturması, krizin etkilerinin kısmen daha hafif hissedilmesine sebep olsa da elektrik tarifelerinde önemli artışlar olmuştur. Son tüketicilerin artan fiyatlardan olumsuz etkinlenmemesini sağlamak ve enflasyonu kontrol altında tutabilmek için üreticilerin toptan satış elektrik piyasasında satış fiyatlarını sınırlayan tedbir alınmıştır. Başka bir deyişle kaynak bazında Azami Uzlaştırma Fiyatı (AUF) uygulaması hayata geçirilmiştir (Tablo 1). 1 Nisan 2022 tarihinde başlayarak geçici bir süreyle 6 ay boyunca uygulanması planlanan kaynak bazında elektrik tavan fiyat uygulaması, altı ayın bittiği Eylül 2022'de tekrar uzatılmıştır. Uygulama kapsamında yenilenebilir enerji kaynakları için uygulanan AUF diğer kaynaklara kıyasla daha düşük seviyelerdedir (Tablo 1). Elektrik toptan satış piyasası fiyatlarının ve dolaylı olarak elektrik tüketici fiyatlarının artışı bu yolla kısmen sınırlandırılmıştır (Şekil 12).

Şekil 12: *2016- 2022 yılları arasında piyasa takas fiyatı değişimi*



Kaynak: Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPİAŞ) Şeffaflık Platformu

Kısa vadede AUF mekanizmasının elektrik fiyatlarını sınırlama konusunda başarısından söz etmek mümkün olsa da, serbest piyasa koşullarından uzaklaşılmasının getireceği olumsuzluklar ve risklerin detaylı değerlendirilmesi gerekecektir. Piyasada belirsizliklerin ve öngörülemezliğin artmasına bağlı olarak yatırımların da yavaşlaması en önemli tehlikelerin başında gelmektedir. Oysa ki içinden geçtiğimiz enerji krizinden çıkardığımız en önemli ders, yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme azami entegrasyonun enerji krizine karşı direnç sağladığıdır. Teşviksiz ve desteksiz doğrudan piyasa koşullarında yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımın yapılması, elektrik piyasasının etkin ve öngörülebilir çalışmasıyla mümkün olacaktır.

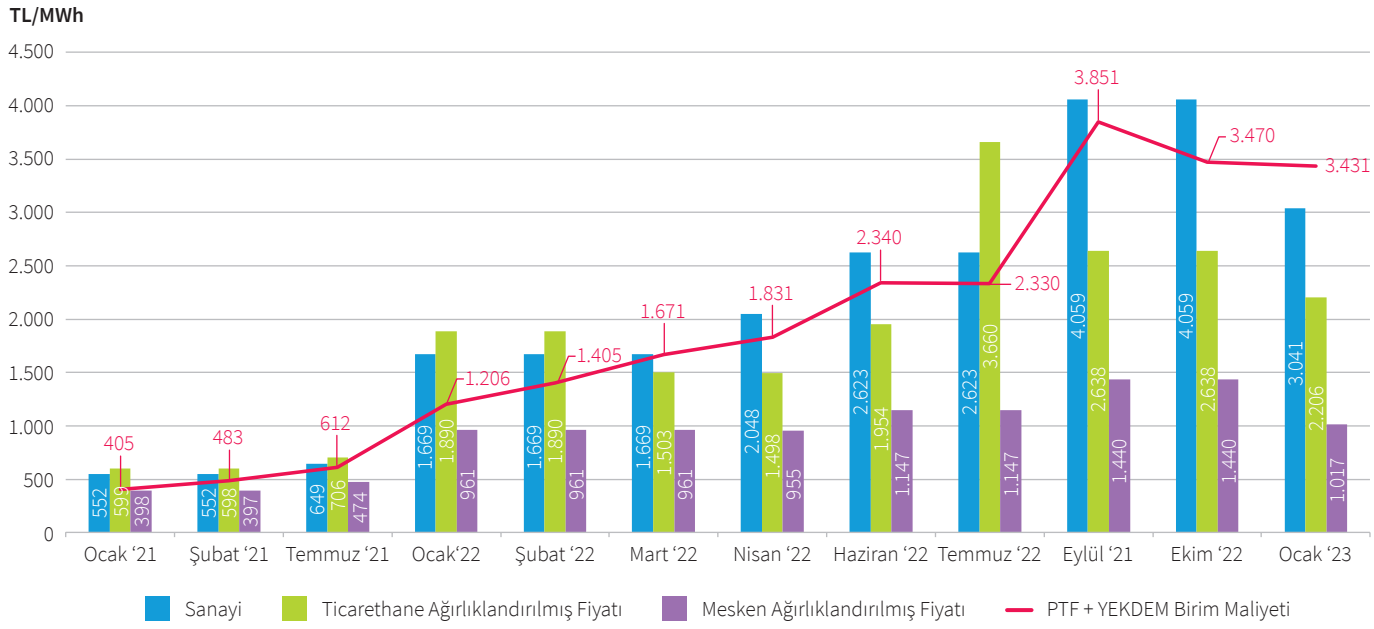
Tablo 1: *Dönemlere göre kaynak bazında uygulanmakta olan AUF*[9]

Dönem	Gün Öncesi Piyasası (GÖP) Azami Fiyat (TL/MWh)	Doğal gaz/Fuel oil/ Nafta/LPG/Motorin (TL/MWh)	İthal Kömür (TL/MWh)	Yerli Kömür[10] (TL/MWh)	Diğer kaynaklar[11] (TL/MWh)
Nisan 2022	2.500	2.500	2.500	1.200	1.200
Mayıs 2022	2.500	2.512	2.731	1.277	1.277
Mayıs 2022	2.750	2.512	2.731	1.277	1.277
Haziran 2022	3.200	2.896	3.062	1.369	1.369
Temmuz 2022	3.750	2.902	3.556	1.412	1.412
Ağustos 2022	4.000	3.172	3.426	1.452	1.452
Eylül 2022	4.800	4.619	3.372	1.488	1.488
Eylül 2022	4.000	4.619	3.372	1.488	1.488
Ekim 2022	4.800	4.500	2.750	2.050	1.540
Kasım 2022	4.800	4.500	2.178	2.057	1.545
Aralık 2022	4.800	4.501	2.493	2.058	1.546
Ocak 2023	4.200	4.136	1.980	2.162	1.624

Kaynak: EPİAŞ

[9] EPİAŞ. (2023). Azami Uzlaştırma Fiyatı (AUF). https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/piyasalar/azami-uzlastirma-fiyati.xhtml
[10] Linyit, taşkömürü ve asfaltit kaynak türlerini içermektedir.
[11] Güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik, biyogaz, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (LFG-çöp gazı), prolitik oil ve gaz, siyah likör, proses atık ısı kaynak türlerini içermektedir.

Şekil 13: *2021 ve 2023 yılları arasında uygulanan elektrik tarifeleri ve PTF (+YEKDEM) son kullanıcı sektörler bazında aylık gelişimi*[12]



Kaynak: EPİAŞ Şeffaflık Platformu

Küresel ölçekte artan enerji fiyatları Türkiye'yi de etkileyerek, spot enerji fiyatlarını artırmıştır. Özellikle doğal gaz fiyatlarındaki artış elektrik fiyatlarının yükselmesini tetiklemiştir. AUF ile toptan satış elektrik piyasası fiyatları kontrol altında tutulmaya çalışılsa da, artan elektrik talebi ile 2022 yılı yaz dönemine kadar sanayi, ticarethane ve mesken ağırlıklandırılmış elektrik fiyatları kademeli olarak artışını sürdürmüştür. Yaz döneminde artan elektrik talebinin de etkisiyle son tüketici elektrik fiyatları zirve yapmıştır. Yaz sonrası dönemde AUF'un ve kısmen düşen talebin etkisiyle tüm tüketici gruplarında elektrik fiyatları yaz dönemine kıyasla düşmüştür (Şekil 13).

[12] Ağırlıklı ortalamalar hesaplanırken 1. Kademenin oranı %70, 2. Kademenin oranı ise %30 olarak hesaplanmıştır.



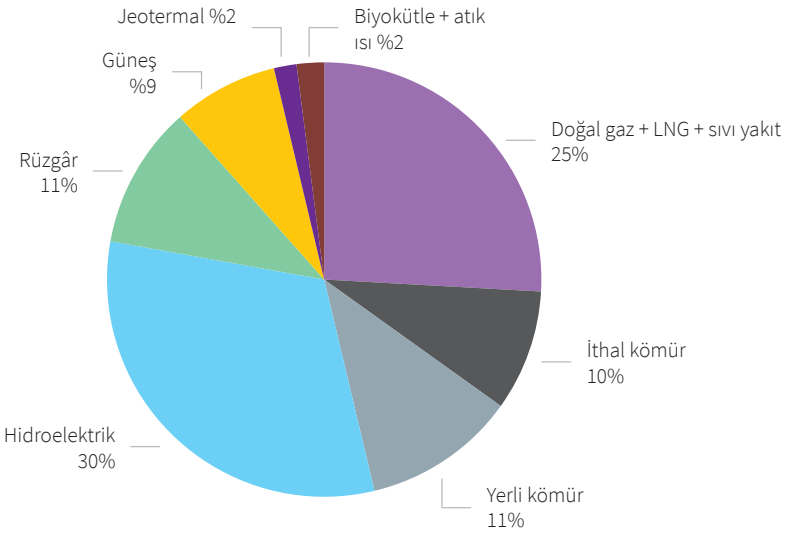
4. Yenilenebilir enerji

4.1. Önemli küresel gelişmeler ve Türkiye'deki mevcut durum

Türkiye'nin son yıllardaki genel ekonomik ve demografik büyüme eğilimine paralel olarak özellikle sanayide büyüme hızı artmış ve bu da enerji talebine yansımıştır. Bununla birlikte, 2020 yılında ortaya çıkan COVID-19 salgınının etkisiyle enerji talebindeki artış ivmesi düşmüş, fakat 2021 yılı itibarıyla alınan salgın önlemlerinin hafiflemesiyle toplam enerji talebi tekrar artmaya başlamıştır. Yine 2021 yılı içinde yaşanan ekonomik ve politik gelişmelerle emtia fiyatları artmaya başlamış ve yükselen döviz kuruyla birlikte bu durum elektrik üretim maliyetlerine yansımıştır. 2022 yılı başlarında Rusya ile Ukrayna arasında çıkan savaşla birlikte ise yakıt fiyatları rekor seviyelere ulaşmıştır. 2022 yılı başındaki sert iklim koşullarıyla artış gösteren talep ve İran doğal gaz boru hattında yaşanan kesintinin ardından ise sanayide doğal gaz ve elektrik tüketiminin sınırlandırılmasına yönelik önlemler alınmıştır. Enerji arzına yönelik sorunlar hızlıca çözülmüş olmasına rağmen, yüksek fiyatlar 2022 yılı boyunca devam etmiştir. Küresel ölçekte gerçekleşen bu gelişmelerin etkileri, enerji arz güvenliği ve enerjiye ekonomik erişimle birlikte enerji dönüşümüne olan ihtiyacı tekrar gün yüzüne çıkarmıştır.

Türkiye'nin toplam kurulu kapasitesi 2021 yılında 99,8 gigavat (GW) seviyesine ulaşmış; 2022 yılı sonu itibarıyla kapasite 103,8 GW'a çıkmıştır. 2022 sonunda toplam kurulu kapasitenin %54'ünü yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır.[13] Toplam kurulu kapasitenin %30'unu hidroelektrik santralleri, %11'ini rüzgâr ve %9'unu güneş enerjisi santralleri oluşmaktadır (Şekil 14). Şekil 15, Türkiye'deki yenilenebilir enerji kapasitesinin 2020 – 2022 yılları arasındaki gelişimini göstermektedir. 2022 yılında 789 MW yeni rüzgâr ve 1.610 MW yeni güneş enerjisi kapasitesi kurulmuştur. Diğer yenilenebilir enerji (hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle) kapasitelerindeki artış incelendiğinde ise toplamda 370 MW yeni kapasite kurulduğu ve bu kapasitenin %74'lük kısmını biyokütle ve atık ısı tesislerinin oluşturduğu görülmektedir.

Şekil 14: *2022 yılında Türkiye elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı*

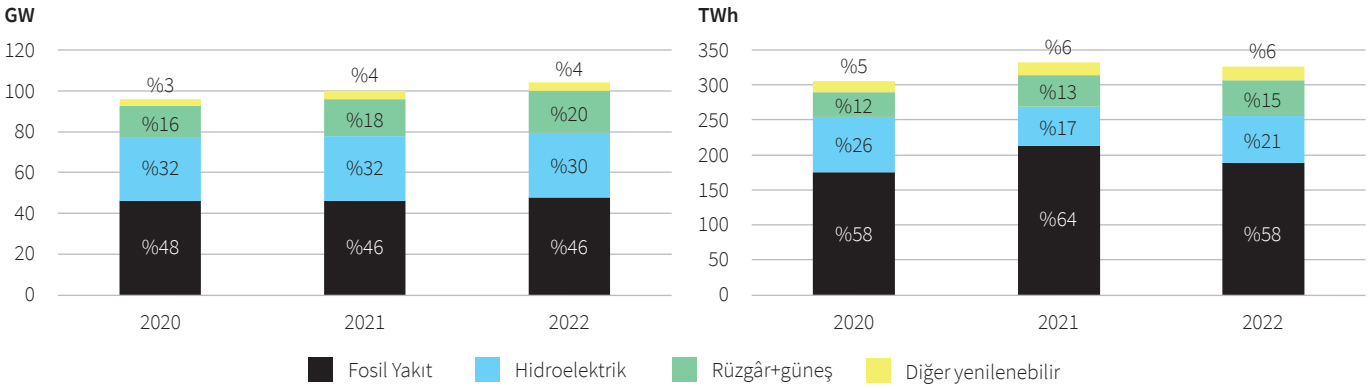


Kaynak: TEİAŞ (2023)

[13] TEİAŞ. (2023). 2022 Yılı Aylık Elektrik Üretim-Tüketim Raporları. https://www.teias.gov.tr/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari

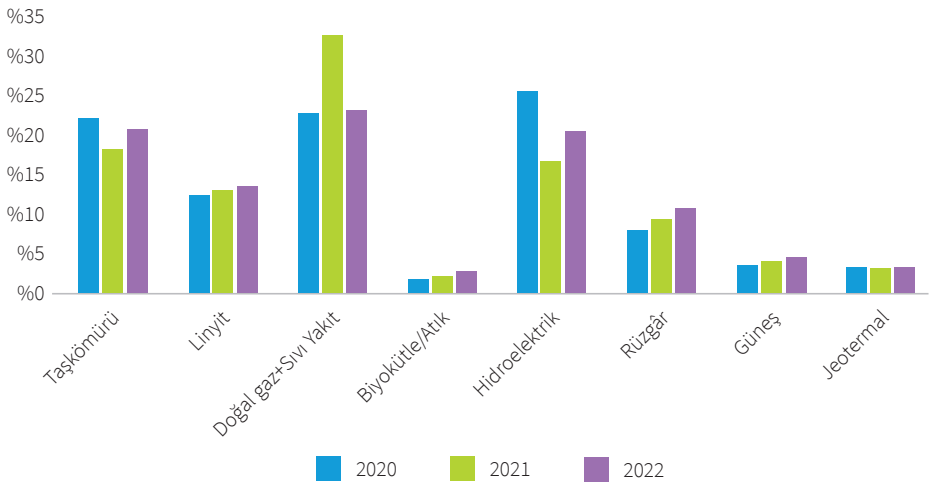
2022 yılı sonunda, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim içindeki payı 137,7 TWh ile %42,5 seviyesine gelmiştir (Şekil 15). Bu üretimin %21'i hidroelektrik, %11'i rüzgâr enerjisi santralleri ve %5'i güneş enerjisi santralleri tarafından yapılmıştır. Türkiye'de toplam güneş enerjisi kurulu kapasitesi 2022 yıl sonu itibarıyla 9.425,4 MW seviyesine ulaşmıştır. Bu kapasitenin %84'üne denk gelen 7.956,6 MW'lık kısmı ise lisanssız santrallerden oluşmaktadır.[14]

Şekil 15: *Türkiye elektrik kurulu gücü ve üretiminde yenilenebilir enerji payının gelişimi (2020, 2021, 2022)*



Şekil 16'da 2020 ile 2022 arasında Türkiye elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı gösterilmektedir. Mevcut durumda kurulu kapasitenin %30'unu oluşturan hidroelektrik santralleri 2020 yılı elektrik üretiminde yaklaşık %26'lık bir paya sahipken, 2021 yılında yaşanan kuraklık nedeniyle üretimdeki payı %17 seviyesine düşmüş, 2022'de barajlara gelen suların artmasıyla %21'e yükselmiştir. Hidroelektrik haricindeki diğer yenilenebilir enerji kaynaklı üretim 2022 yılında bir önceki yıla kıyasla %3'lük artış göstererek %22 seviyesine ulaşmıştır.

Şekil 16: *2020-2022 yılları arasında Türkiye elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı*



Kaynak: TEİAŞ

[14] TEİAŞ. (2023). Santral Kurulu Güç Raporları. https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari

4.1.1 Politikalar, hedefler ve yenilenebilir enerji üretiminin gelişimi

Türkiye elektrik kurulu gücü, artan elektrik talebini karşılayabilmek amacıyla özellikle 2010 yılından itibaren, hızla artmaya başlamıştır. Bu dönemde artan talebin yerli kaynaklarla karşılanabilmesi için politikalar geliştirilmeye başlanmış, yenilenebilir enerji kaynakları da bu kapsamda ele alınmıştır. ETKB 2014 ve ilerleyen yıllarda farklı yenilenebilir enerji kapasitesi artış hedefleri belirlemiştir.[15] Belirlenen hedeflerden ilki 2014 yılında yayınlanan "Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı"'dır. Yayınlanan bu planda, 2023 yılı için hidroelektrik (34 GW), güneş (5 GW), rüzgâr (20 GW) ve jeotermal (1 GW) kurulu kapasitesi hedefleri belirlenmiştir. 2018 yılına gelindiğinde, bu hedeflerden bağımsız bir şekilde rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu kapasitesinde her yıl birer GW artış hedefi konulmuştur.

2020 yılında ise ETKB tarafından yayımlanan 2019-2023 Stratejik Planı'nda 2023 yılı yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi için belirlenmiş hedeflerde gerçekleşmeler göz önüne alınarak güncellemeler yapılmış; rüzgâr enerjisi için hedef 11,8 GW'a düşürülürken güneş ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları için hedefler artırılmıştır. Tablo 2'de de görüldüğü üzere yenilenebilir enerji kapasitesi için ETKB 2019-2023 Stratejik Planı'nda hedeflenen mertebeler ile 2022 yılı gerçekleşmeleri uyumludur. 2022 yıl sonu itibarıyla biyokütle ile jeotermal kurulu kapasitede hedeflenin %42 daha üstünde bir kapasite kurulumu gerçekleşmiştir, bunun haricinde kalan kaynaklarda da hedeflerin azami %6 seviyesinde altında kalınmıştır. Bu farkların da 2023 yılı içerisinde tamamlanabileceği öngörülmektedir.

Tablo 2: *ETKB 2019-2023 Strateji Planı ve 2022 yıl sonu gerçekleşen yenilenebilir enerji kurulu kapasiteleri*

	ETKB 2019-2023 Strateji Planı hedefleri (GW)	2022 yıl sonu gerçekleşen kapasiteler (GW)	Fark (%)
Hidroelektrik	32	31,6	-1,3
Rüzgâr	11,8	11,4	-3,4
Güneş	10	9,4	-5,8
Jeotermal ve Biyokütle	2,9	3,6	+24,1

Kaynak: ETKB

Hedefler doğrultusunda bir diğer gelişme de ETKB'nin 31 Aralık 2022 tarihinde UEP'yi yayımlamış olmasıdır. Plan dahilinde Türkiye'nin 2035 yılına kadarki hedefleri detaylı olarak açıklanmış ve 2053 yılı için genel bir görünüm sunulmuştur. UEP kapsamında, Türkiye'nin 2035 yılı kurulu gücünün 189,7 GW'a ulaşacağı öngörülmektedir. Plana göre, 2035 yılında Türkiye'de 52,9 GW güneş enerjisi, 24,6 GW karasal ve 5 GW deniz üstü rüzgâr enerjisi kurulu gücü hedeflenmektedir. Rüzgâr ve güneş haricindeki yenilenebilir enerji kapasiteleri ise, 35,1 GW hidroelektrik ve toplam kapasitesi 5,1 GW olan jeotermal ve biyokütle enerji santralleri tarafından oluşmaktadır. Böylelikle, 2035 yılı Türkiye elektrik kurulu gücünde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %64,7'ye, rüzgâr ve güneş enerjisi kapasitesinin payı ise %43,5 seviyesine çıkmaktadır. Elektrik üretiminde ise 2020 yılında %42,4 paya sahip yenilenebilir enerji kaynaklarının payının 2035 yılında %54,7'ye ulaşması planlanmaktadır. 2020-2035 döneminde kesintili yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı ise %11,7'den %34,3'e yükselmektedir. Türkiye 2022 yılı yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi ile UEP 2035 yılı projeksiyonları arasındaki karşılaştırma Tablo 3'de gösterilmektedir.

[15] SHURA. (2022). Türkiye Enerji Dönüşümü Görünümü 2021. https://shura.org.tr/turkiye_enerji_donusumu_gorunumu_2021/

Tablo 3: *Türkiye 2022 yıl sonu yenilenebilir enerji kapasitesi ile UEP 2035 yılı hedefleri*

Teknoloji	2022 Yıl Sonu Kapasitesi (GW)	UEP 2035 yılı projeksiyonu (GW)	UEP hedeflerine ulaşmak için yıllık olarak kurulması gereken kurulu kapasite (GW)
Güneş	9,4	52,9	3,3
Karasal Rüzgâr	11,4	24,6	1
Deniz üstü Rüzgâr	-	5	0,4
Hidroelektrik	31,6	35,1	0,3
Jeotermal ve Biyokütle	3,6	5,1	0,1

Kaynak: ETKB

Tablo 3'den de görüldüğü üzere, UEP çerçevesinde orta vade hedeflerini tutturabilmek için her yıl en az 3,3 GW güneş ve 1,4 GW rüzgâr enerjisi santrali kurulması gerekmektedir.

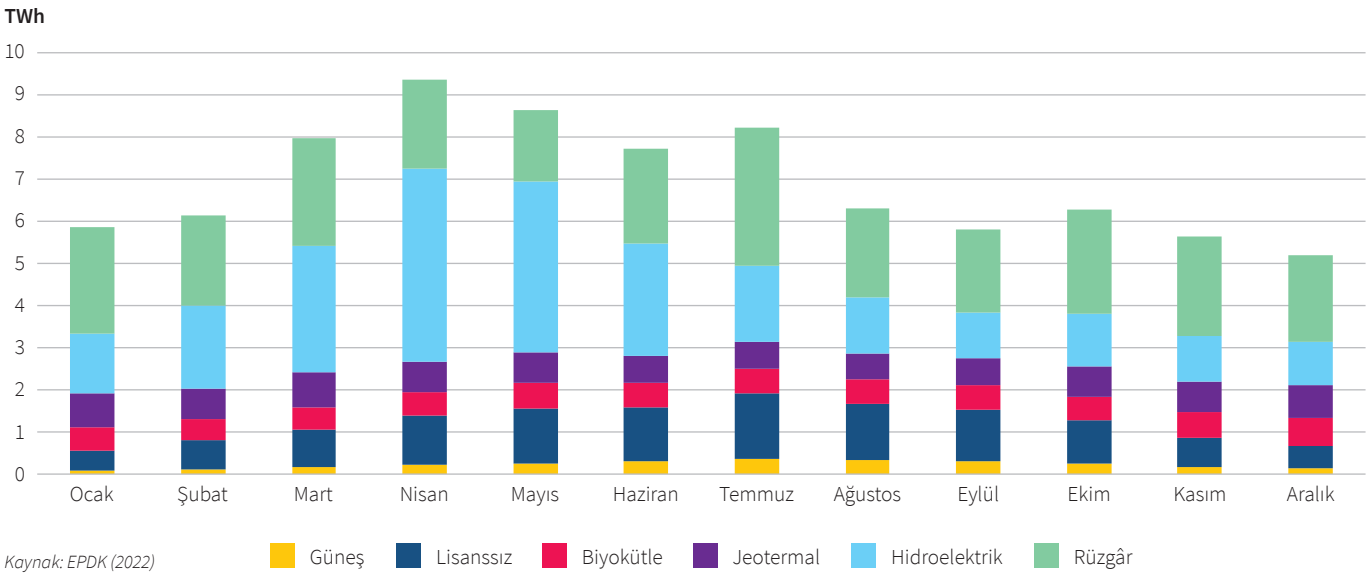
Bunlarla birlikte, UEP'de artan yenilenebilir enerji kapasitesi ve buna bağlı olarak artan yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimi nedeniyle sistemin dengeli ve sağlıklı çalışması için gerekecek esneklik seçenekleri de değerlendirilmiş ve bu kapsamda batarya depolama sistemleri ve Power-to-X teknolojileri kapsamında elektrolizör kapasitesi gelişimleri modellenmiştir. UEP kapsamında değerlendirilen batarya kapasitesi 2035 yılında 7,5 GW ve elektrolizör kapasitesi ise 5 GW seviyesindedir.

2022 yılında belirlenmiş bu önemli hedeflere ulaşılması için özellikle yenilenebilir enerji yatırımlarını ve sistem esnekliğini destekleyecek politikaların oluşturulması gerekmektedir. Halihazırda, Türkiye'de yenilenebilir enerji kurulu kapasitesini artırmaya yönelik uygulanan çeşitli politika ve uygulamalar mevcuttur. Bu politikalar esas olarak şebeke ölçeğindeki yatırımlar için bir yandan gelir öngörülebilirliğini sağlamak üzere kaynak bazında değişen uzun vadeli (10-15 yıllık) garantili alım fiyatlarıyla projelerin teşvik edilmesini, diğer taraftan iletim kapasitesinin tahsisi için rekabetçi ihaleler yapılmasını kapsamaktadır. Tüketim birimlerinde dağıtık yenilenebilir enerji projelerinin teşvik edilmesi için ise tüketicilerin kendi kurdukları tesislerde ürettikleri kullanım fazlası enerjiyi şebekeye verirken, üretimin olmadığı dönemlerde ihtiyaç duydukları enerjiyi sistemden alabilecekleri mahsuplaşma sistemi uygulanmaktadır.

2021 yılında emtia fiyatlarında ve döviz kurlarındaki artışla birlikte yaşanmaya başlanan küresel enerji krizi, 2022 yılı Şubat ayında başlayan Rusya-Ukrayna savaşıyla derinleşmiş ve bu durum elektrik üretim maliyetlerinde çok ciddi bir artışa neden olmuştur. Türkiye Elektrik Piyasası'nda oluşan spot fiyatlardaki yükseliş YEKDEM maliyetlerinin eksi çıkmasına sebep olmuştur. 3 Ocak 2023 tarihinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından açıklanmış 2023 yılı Nihai YEK Listesi incelendiğinde, YEKDEM süresini tamamlayarak YEKDEM dışında kalan santrallerin yanısıra 2022 yılında yaşanan yüksek piyasa fiyatlarının da YEKDEM'den yararlanacak santral sayısını ve toplam kurulu kapasitesini etkilediği de anlaşılmaktadır. Yayımlanan Nihai YEK Listesi'ne göre 2022 yılına kıyasla 2023 yılında YEKDEM'den yararlanacak santral sayısında 149, kurulu kapasitede ise 5.502 megavat (MW) düşüş meydana geldiği anlaşılmaktadır.[16] Şekil 17'de 2022 yılında YEKDEM kapsamında ve kaynak bazında üretilen elektrik gösterilmektedir. 2022 yılı içinde TL bazlı YEKDEM kapsamında toplam 83 TWh elektrik üretilmiştir.[17]

[16] EPDK. (2023). 2023 yılı Nihai YEK Listesi. https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/5-12885/2023-yili-nihai-yek-listesi
[17] EPDK. (2022). Elektrik Piyasası Aylık Sektör Raporu Listesi. https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-23/elektrikaylik-sektor-raporlar

Şekil 17: *2022 yılında YEKDEM kapsamında elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı*



Kaynak: EPDK (2022)

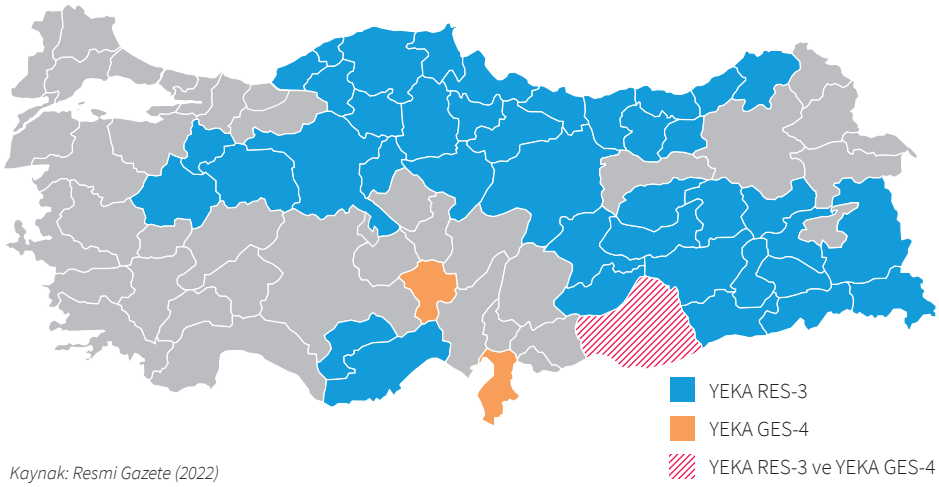
Enerji dönüşümünü desteklemek ve yenilenebilir enerjinin kurulu güçteki payını artırmak için küresel çapta birçok ülkede uygulanan maliyet bazlı ve piyasaya dayalı ihale mekanizmaları bulunmaktadır. Türkiye'de de 2017 yılından beri bu uygulamalara benzer şekilde rüzgâr ve güneş enerjisi kapasiteleri Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) ihaleleri ile tahsisi edilmektedir. Gerçekleştirilen ilk YEKA yarışmaları tavan fiyatının döviz cinsinden (ABD$) belirlendiği açık azaltma şeklinde gerçekleştirilmiş olup, 2021 yılı itibarıyla ilgili ihaleler TL üzerinden tamamlanmıştır. TL bazlı YEKDEM dönemine geçilmesi ile beraber güncellenen eskalasyon formülü YEKA yarışmalarında da uygulanmaya başlanmış, formülün kur üzerinden hesaplanıyor olması TL üzerinden gerçekleştirilen YEKA ihalelerinde uzun vadede fiyat belirsizliğine sebep olmuştur. Yenilenebilir enerji projelerinin hem yatırım hem de işletme giderleri döviz üzerinden ödeniyor olması ve gelirin TL üzerinden sağlanması, proje finansmanında kur riski doğurmaktadır.

Türkiye'de 2017 – 2021 yılları arasında iki karasal rüzgâr enerjisi (YEKA RES-1 ve YEKA RES-2) ve iki güneş enerjisi (YEKA GES-1 ve YEKA GES-3[18]) olmak üzere dört YEKA ihalesi gerçekleştirilmiş olup, toplamda 4.000 MW yenilenebilir enerji kapasitesi tahsisi yapılmıştır. 31 Aralık 2022 tarihi itibarıyla, bunlardan yalnızca Karapınar YEKA GES-1 projesi kapsamındaki 1.000 MW'lık kapasite işletmeye alınmıştır.

2022 yılında ise karasal YEKA RES-3 ve YEKA GES-4 olmak üzere iki adet daha YEKA ihalesi gerçekleştirilmiştir. Karasal YEKA RES-3 ihalesi ile ilgili 29.05.2021 tarihli ve 31495 sayılı Resmi Gazete'de duyuru yapılmış ve ihale kapsamında toplam 2.000 MW kapasite tahsisi yapılacağı belirtilmiş, fakat 2022 yılında Resmi Gazete'de yayımlanan değişiklikler ile ihalenin kapasitesi 850 MW'a düşürülmüştür.[19] Karasal YEKA RES-3 ihalesine başvuru tarihi ise 31.05.2022 olarak güncellenmiştir. Yarışmaya toplamda 124 adet başvuru yapılmıştır. 14 Haziran 2022 tarihinde tamamlanan yarışmalarda kazanan teklifler 40,8 TL kr/kWh ve 77,8 TL kr/kWh arasında değişmekte olup kazanan teklif fiyatlarının ağırlıklı ortalaması 56,7 TL kr/kWh seviyesinde gerçekleşmiştir.[20]

[18] GÜYAD. (n.d.). YEKA 2 GES İhalesi Hakkında.
[19] Resmi Gazete. (2022). YEKA RES-3 Yarışmaları Düzeltme İlanı. https://www.resmigazete.gov.tr/ilanlar/eskiilanlar/2022/02/20220212-4-14.pdf
[20] ETKB. (2022). YEKA RES-3 Yarışmaları Yapılmıştır. https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20255

Şekil 18: *İhalesi 2022 yılında tamamlanan karasal YEKA RES-3 ve YEKA GES-4 bölgeleri*

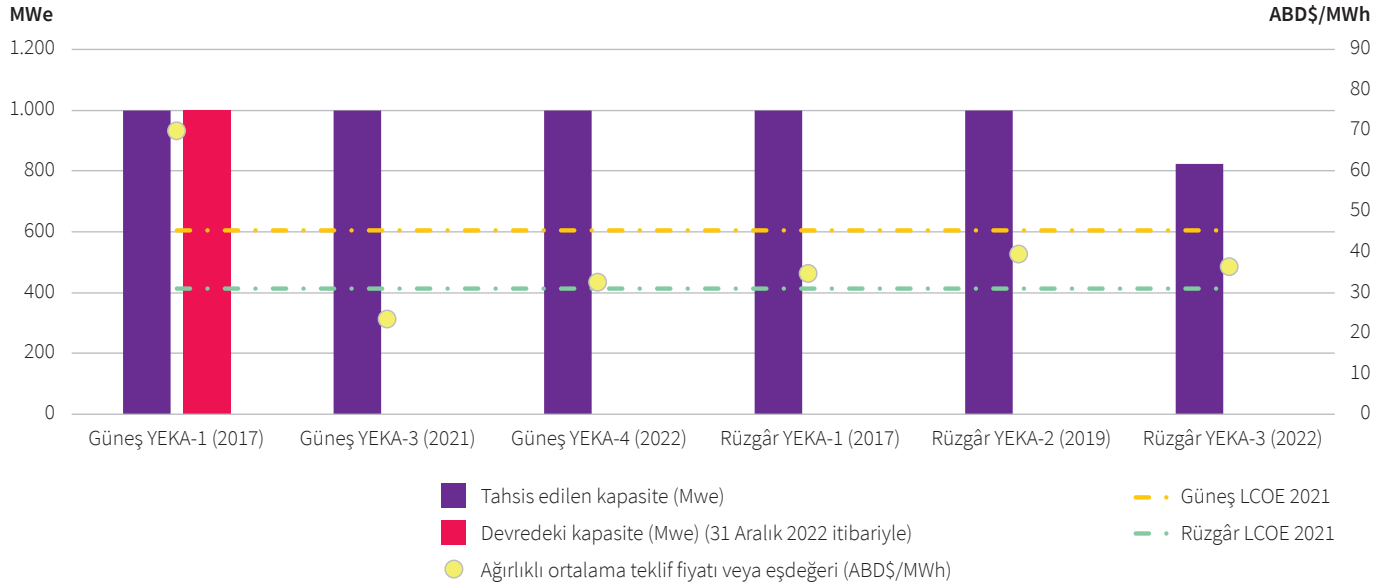


Kaynak: Resmi Gazete (2022)

İhalesi iki gruba bölünerek gerçekleştirilen YEKA GES-4 yarışmasının ilanı, 14.07.2021 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanmıştır.[21] İlk grup yarışmaları, 08.04.2022 tarihinde Niğde'nin Bor ilçesi için gerçekleştirilmiş olup, ihaleye çıkan 300 MW kapasite için toplamda 49 adet yarışma başvurusu alınmıştır.[22] Yarışmada oluşan ortalama teklif fiyatı 39,7 TL kr/kWh seviyesindir. İkinci grup yarışmaları Erzin ve Viranşehir ilçelerini kapsamaktadır ve ilgili yarışmaların başvuruları 21.06.2022 tarihinde alınmıştır. İkinci grup YEKA GES-4 yarışmaları 28.06.2022 tarihinde toplam 700 MW'lık kapasite için gerçekleştirilmiştir. İkinci grup yarışmalarında kazanan teklifler 49 TL kr/kWh ile 59,7 TL kr/kWh arasında değişkenlik göstermekle birlikte, kazanan teklif fiyatlarının ağırlıklı ortalaması 55,4 TL kr/kWh olmuştur.[23]

2022 yılı sonuna kadar tamamlanmış tüm YEKA ihalelerinin tahsis edilen ve işletmedeki kapasite durumları ile ağırlıklı ortalama teklif fiyatı karşılaştırmaları Şekil 19'de gösterilmektedir.

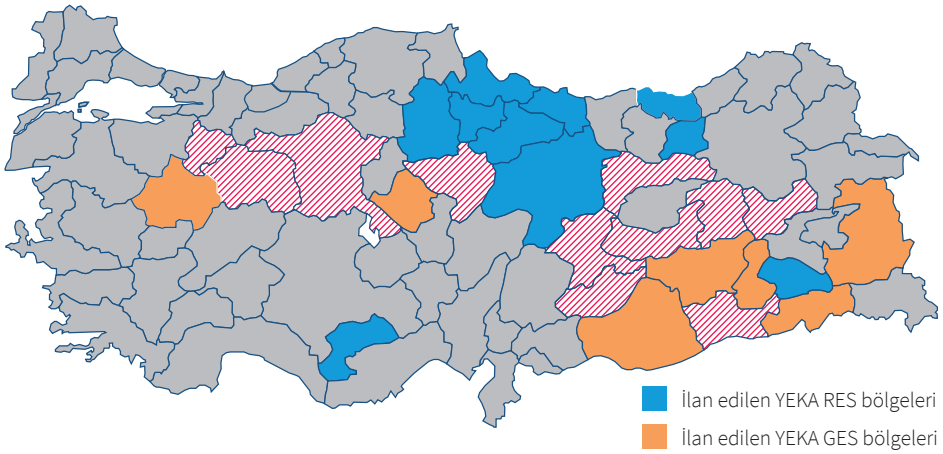
Şekil 19: *Gerçekleştirilen YEKA ihalelerinin kapasite durumu ve ağırlıklı ortalama teklif fiyatı karşılaştırmaları*



[21] Resmi Gazete. (2021). Güneş enerjisine dayalı yenilenebilir enerki kaynak alanları ve bağlantı kapasitelerinin tahsisine ilişkin yarışma ilanı.
[22] ETKB. (2022). YEKA GES-4 Yarışma Başvuruları Hakkında. https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20230#:~:text=YEKA
[23] GENSED. (2022). YEKA GES-4 Yarışmaları Tamamlandı. Yarışmalarda Bor-1 bölgesini 37, teklif ile Kalyon Enerji kazanmıştı. https://www.gensed.org/basin/yeka-ges-4-yarismalari-tamamlandi#:~:text=

ETKB, 11.11.2022 tarihli ve 32010 sayılı Resmi Gazete'de belirtilmiş, duyuruya göre Türkiye'nin farklı bölgelerindeki 18 ilde toplam 59 yeni güneş enerjisine dayalı YEKA ilan edilmiştir.[24] Akabinde, 26.11.2022 tarihli ve 32025 sayılı Resmi Gazete'de ise Türkiye genelindeki 21 ilde 18 arazinin rüzgâr enerjisine dayalı YEKA ilan edildiğine dair duyuru yayımlanmıştır.[25] İlgili ihaleler kapsamındaki kapasiteler ise henüz ilan edilmemiştir. 2022 yılında ilan edilen rüzgâr ve güneş YEKA bölgelerinin bulunduğu iller Şekil 20'de gösterilmektedir.

Şekil 20: *2022 yılında ilan edilen yeni güneş ve rüzgâr enerjisine dayalı YEKA bölgeleri*



Kaynak: Resmi Gazete (2022)

Bu gelişmelere ilave olarak, 2023 yılı başında (15.01.2023) ETKB, 5 adet sahayı güneş ve rüzgâr enerjisine dayalı YEKA geliştirme sahası ilan etmiş ve ilgili Karar, 32074 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır.[26] 32100 sayılı ve 10.02.2023 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan ilana göre 2 yeni saha da rüzgâr YEKA geliştirme alanı olarak ilan edilmiştir.[27]

4.1.2 Türkiye'de yenilenebilir enerji entegrasyonun artırılmasında esneklik uygulamaları ve gelişmeler

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de iklim değişikliğiyle mücadele, arz güvenliği ve enerjiye ekonomik erişim kapsamında enerji dönüşümü çalışmaları hız kazanmıştır. Özellikle de 2053 yılı net-sıfır emisyon hedefi doğrultusunda yenilenebilir enerji kapasitesinde hızlı artışların meydana gelmesi beklenmektedir. Rüzgâr ve güneş gibi değişken üretim yapan teknolojilerin elektrik sistemine olan etkisini yönetebilmek için sistem esnekliğinin çeşitli teknoloji ve uygulamalarla (örneğin; enerji depolama, talep tarafı katılımı vb.) artırılması gerekmektedir. Günümüzde, düşen teknoloji maliyetleriyle birlikte batarya enerji depolama sistemleri dünyada olduğu gibi Türkiye'de de oldukça ilgi gören bir teknoloji konumuna gelmiştir.

Enerji depolama sistemlerinin çeşitli özellikleri sistem esnekliğini artırmada ve sistem maliyetlerini düşürmede oldukça kritik öneme sahiptir.[28] Depolama sistemleri yan hizmetler piyasası kapsamında daha yüksek maliyetli ve karbon emisyonlu

[24] Resmi Gazete. (2022). YEKA İlanı. https://www.resmigazete.gov.tr/ilanlar/eskiilanlar/2022/11/20221126-4-12.pdf
[25] Resmi Gazete. (2022). YEKA İlanı. https://www.resmigazete.gov.tr/ilanlar/eskiilanlar/2022/11/20221126-4-12.pdf
[26] Resmi Gazete. (2023). YEKA İlanı. https://www.resmigazete.gov.tr/ilanlar/eskiilanlar/2023/01/20230115-4-4.pdf
[27] Resmi Gazete. (2023). YEKA İlanı. https://www.resmigazete.gov.tr/ilanlar/eskiilanlar/2023/02/20230210-4-7.pdf
[28] SHURA. (2022). Türkiye elektrik sisteminde esneklik uygulamalarına yönelik politika seçenekleri. https://shura.org.tr/turkiye-elektrik-sisteminde-esneklik-uygulamalarina-yonelik-politika-secenekleri/

teknolojilerin (örneğin, doğal gaz, kömür vb.) yerine kullanılarak sistem frekansı düzenlenebilir ve oluşan maliyetler düşürülebilir. Bir diğer kullanım alanı üretimin yüksek tüketimin düşük veya tam tersi durumlarda oluşan bölgesel tıkanıklıkların/kısıtların yönetimidir. Mevcut durumda iletim sistemi işletmecisi kısıtları dengeleme güç piyasasında (DGP) YAL/YAT talimatlarıyla yönetmekte, bu da ilave maliyetlere sebep olabilmektedir. Enerjide depolama sistemleri ile bu durumun önüne geçilerek, maliyetlerin kısmen düşmesi sağlanabilir. Yatırımcı açısından bakıldığında ise, arbitraj ile birlikte gün içinde toptan satış elektrik fiyatlarındaki saatlik değişimlerden yararlanarak elektriğin ucuz olduğu saatlerde depolama sistemlerine elektrik depolanabilir ve yüksek olduğu saatlerde depolanan bu elektrik tekrar sisteme verilebilir. Enerji depolama teknolojileri, sistem açısından düşünüldüğünde puant yük azaltma (peak shaving) imkanı sağlayarak sistemin güvenli işletilmesine yardımcı olur; yatırımcı açısından bakıldığında ise hem arbitraj hem de farklı piyasalara katılım sağlayabileceğinden ek gelirler elde edebilmektedir.

Türkiye'de enerji depolama faaliyetleriyle iligli temel düzenleme 09.05.2021 tarihli ve 31479 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği"nde belirlenmiştir. 5 Temmuz 2022 tarihli ve 31887 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmış kanun değişikliği ile 6446 Elektrik Piyasası Kanunu'na yeni fıkralar eklenmiştir.[29] Eklenen bu fıkralar kapsamında, elektrik depolama yatırımı yapacak olan yatırımcılara herhangi bir yarışmaya katılım şartı aranmaksızın, kuracakları depolama tesisinin gücü kadar güneş veya rüzgâr enerjisi yatırımları için ön lisans hakkı tanınacağı belirtilmiştir. Ayrıca, kısmen ya da tamamen işletmede olan santrallere depolama tesisi eklemek isteyen yatırımcılara da benzer bir şekilde kurmayı taahhüt ettikleri depolama tesisinin gücü kadar ek üretim kapasite hakkı tanınacağı belirtilmiştir. Bu düzenleme kapsamında kurulacak tesislerin 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" kapsamında YEKDEM'den faydalanabilecekleri belirtilmiştir.

Depolama konusundaki bir diğer gelişme ise, 19 Kasım 2022 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmış "Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik"tir.[30] Bu düzenleme ile, kurulacak depolama tesislerinin gerekli şartları sağlayanlarının, Yan Hizmetler ve DGP katılımları mümkün olabilecektir. Bu gelişme elektrik depolama tesisilerinin farklı piyasalara katılımı açısından da oldukça önemlidir. Aynı tarihli Resmi Gazete'de (19.11.2022) yayımlanan, "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Değişiklik" kapsamında ise, üretim tesisinde üretilerek depolandıktan sonra şebekeye verilen enerjinin YEKDEM kapsamında olacağı belirtilmektedir.[31] Böylelikle, depolamalı elektrik üretim tesisi kapsamında kurulan elektrik depolama ünitesi ile üretim tesisine bağlı elektrik depolama ünitesine şebekeden çekilip akabinde tekrardan şebekeye verilen elektriğin, ana tesisin tabi olduğu herhangi bir teşvik veya alım garantisinden yararlanamayacaktır. Bununla birlikte, şebekeden çekilen miktarın üzerinde kalan ve elektrik depolama ünitesinden şebekeye verilen elektiriğin de yine YEKDEM kapsamında kabul edileceği kararlaştırılmıştır. 19 Kasım 2022 tarihinde Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'nin 15. Maddesi'ne yeni bir fıkra (Madde 15/9) eklenerek, depolamalı üretim tesisi ön lisans başvuru değerlendirme süreci de düzenlenmiştir. Bu

[29] Resmi Gazete. (2022). Devlet Memurları Kanunu ile Bazı Kanunlarda ve 375 Sayılı Kanun Hükmünde Kararnamede Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/07/20220705.pdf
[30] Resmi Gazete. (2022). Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/11/20221119-4.htm
[31] Resmi Gazete. (2022). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/11/20221119-6.htm

düzenlemeye göre alınan başvurular önce Lisans Yönetmeliği'nin 13. Maddesi uyarınca değerlendirilmeye alınmakta ve değerlendirilmeye alınma sırasına göre bağlantı görüşlerinin oluşturulması için TEİAŞ'a gönderilmektedir. TEİAŞ'da Kurum tarafından gönderilen sıraya uygun olarak bağlantı bölgesi kapasitesine ulaşılıncaya kadar bağlantı görüşü vermektedir.[32] Aynı fıkra gereğince, TEİAŞ tarafından olumlu görüş verilen ön lisans başvurularının EPDK tarafından duyurulacağı belirtilmiştir.

Depolama tesisi kurmayı taahhüt eden yatırımcılara ihaleye girmeden güneş veya rüzgâr enerjisi santrali kurmak için ön lisans verilmesi ve kurulan depolama tesisinden şebekeye verilecek elektriğin YEKDEM'e tabi olması yatırımcılara tanınan önemli teşviklerdir. 19 Kasım 2022 sonrasında EPDK'ya yapılan depolamalı RES ve GES başvuruları 221 bin MW seviyesine ulaşmıştır.[33] Bu başvuruların %51,4'ünü (113,5 GW) rüzgâr enerjisine dayalı elektrik üretim tesisilerine, kalan %48,6'lık (107,5 GW) kısmının ise güneş enerjisine dayalı depolamalı elektrik tesislerine ait olduğu belirtilmiştir. EPDK, yapılan bu başvurulardan toplam yatırım maliyeti 1,5 milyar ABD$ olan ve toplam 744 MW kurulu gücündeki 12 adet depolamalı rüzgâr ve güneş enerji santrali için önlisans vermiştir. Yapılan başvuruların yoğunluğu Türkiye elektrik toplam kurulu kapasitesinin iki katından daha fazladır, bu da hem depolama teknolojisinin hem de verilen teşviklerin yatırımcıların ilgisini çektiğinin bir diğer göstergesidir. Dünyada şebeke ölçeği batarya enerji depolama kapasitelerine bakıldığında 20 ile 30 GW arasında bir kurulumdan söz edilmektedir. Önümüzdeki dönemde küresel ölçekte kurulumların hız kazanacağı beklense de Türkiye'de gerçekleşen 200 GW üstü başvurunun çok dikkatli şekilde değerlendirilmesi gerekir. Gerçek yatırımcıların önünü açacak uygulamalar hayata geçirilmelidir. Batarya enerji depolamada kullanılan kritik materyallerin analizi, AR-GE çalışmaları ve geri dönüşüm konularının politikalarla bütüncül bir şekilde ele alınması önemli olacaktır.

4.2. Beklentiler ve 2053 net sıfır karbon hedefi doğrultusunda politika değerlendirmesi

Elektrik sisteminin karbonsuzlaşması, elektrifikasyon yoluyla diğer sektörlerin karbonsuzlaşmasında kritik rol oynamaktadır. Diğer taraftan, elektrifikasyonun zor olduğu sektörlerde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen yeşil hidrojenin kullanılması önemli bir strateji olacaktır. Tüm bunların gerçekleşebilmesi için başta güneş ve rüzgâr enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin şekilde sisteme dahil edilmesini sağlayacak politika ve uygulamalara ihtiyaç vardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekeye entegrasyonunda iletim ve dağıtım şebekelerinin gelişimi diğer önemli konular arasındadır.

UEP 2035 yılı güneş (52,9 GW) ve rüzgâr enerjisi (29,6 GW) kurulu güç hedefleri değerlendirildiğinde, hedeflenen yenilenebilir enerji kapasiteleri umut vericidir. Ancak kömürden çıkış planının olmaması ve fosil yakıtlı santrallerdeki kapasite artış öngörüleri, 2053 yılı net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçişi zorlaştırabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme daha fazla entegrasyonunda esneklik seçeneklerinden azami ölçüde faydalanmak önemli olacaktır. Bu bağlamda, batarya enerji depolama, hidrojen üretimi için elektrolizör kapasitesi ve talep tarafı katılımı 2035 yılı hedeflerinin 2053 net sıfır hedefine ulaşılması doğrultusunda beklentileri kısmen karşıladığı

[32] Resmi Gazete. (19.11.2022). Elektrik piyasası Lisans Yönetmeliği. https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=18985&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5
[33] GENSED. (2023). Depolamalı Güneş ve Rüzgâr Projeleri için İlk Ön Lisanslar Verildi. https://www.gensed.org/basin/depolamali-gunes-ve-ruzgar-projeleri-icin-i%CC%87lk-on-lisanslar-verildi

söylenebilir. Fakat batarya depolama süresinin 2 saat yerine en az 4 saat olarak belirlenmesinin, elektrik sisteminin daha sağlıklı işlemesi açısından önemli olduğunu vurgulamak gerekir.

Yenilenebilir enerji yatırımlarının hızla gerçekleşebilmesi için geliştirilecek politika ve uygulamaların aşağıdaki hususları kapsaması önem taşımaktadır:

- UEP kapsamında belirlenen 2035 yılı ve 2053 yılı net sıfır hedeflerini dikkate alan, kısa, orta ve uzun vadeli gerekli aksiyon planları ve politikalarını içeren yol planının oluşturulması yenilenebilir enerji yatırımcıları için öngörülebilirlik sağlayacaktır.
- Yürürlüğe giren düzenleme kapsamında güneş ve rüzgâr enerji santralleriyle bütünleşik olarak kurulacak batarya enerji depolama sistemlerinin, elektrik şebekesinin ihtiyaçlarını dikkate alarak gerçek yatırımcılar tarafından hayata geçirilmesini sağlayacak ikincil mevzuatın oluşturulması gerekecektir.
- Hedeflenen yenilenebilir enerji kapasitelerinin devreye alınabilmesi için mevcut politikaların gözden geçirilerek yatırımların hızlanmasına yönelik adımların atılması gerekmektedir.
- Yenilenebilir enerji kapasite artışlarının serbest piyasa koşullarında desteksiz ve teşviksiz bir şekilde hızlanmasını sağlayacak stratejilerin belirlenmesi gerekecektir. Bu bağlamda, özel sektörde uzun dönemli Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları (YETA) modelini hızlandırmak için elektrik piyasası işleyişinde öngörülebilirliği ve şeffaflığı önceliklendiren iyileştirmelerin yapılması gereklidir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklı dağıtık üretimin yaygınlaşabilmesi için enerji kooperatifleri ve sanal mahsuplaşma uygulamaları dahil olmak üzere yenilikçi iş modellerinin uygulanmasını kolaylaştıracak mevzuatların oluşturulması önerilmektedir.
- Kamunun yenilenebilir yatırımların finansal getirilerinin yanısıra toplumsal faydalarını da dikkate alan finansman ve teşvik yaklaşımlarının geliştirilmesinde öncü olması önem taşımaktadır.
- Yeşil hidrojen üretiminde kullanılacak yenilenebilir enerji kaynaklarının planlanması ve eklenebilirlik (additionality) prensibi dikkate alınarak gerekli mevzuatın oluşturulması önerilmektedir.

5. Enerji verimliliği

5.1. Türkiye'de 2022 yılındaki önemli gelişmeler ve mevcut durum

Enerji verimliliği, enerji sektörünün çevreye asgari düzeyde etki yaparak karbonsuzlaşmasının sağlanması için kritik önem taşımaktadır. Ekonomik gelişmenin enerji tüketimine bağımlılığının, diğer bir deyişle enerji yoğunluğunun azaltılması, bu bağlamda temel hedef olarak ortaya çıkmaktadır.

Enerji yoğunluğu, birincil veya nihai enerji tüketiminin gayri safi yurt içi hasılaya (GSYİH) oranı olarak tanımlanmaktadır ve enerji verimliliğindeki ilerlemeyi izlemek için kullanılan başlıca göstergelerden biridir. Enerji yoğunluğu ülke ekonomisinde bir birim katma değer üretmek için ne kadar enerji tüketilmesi gerektiğini göstermektedir. Enerji yoğunluğunun azaltılması hem enerji verimliliğindeki gelişmelerden hem de ekonomideki yapısal değişikliklerden etkilenmektedir. Bu bağlamda tüm sektörlerde enerjiyi en verimli şekilde kullanmanın yanı sıra daha yüksek teknolojili ve yüksek katma değerli ekonomik faaliyetlere öncelik vermek önem taşımaktadır.

5.1.1. Politikalar, hedefler ve enerji yoğunluğunun gelişimi

Türkiye'nin enerji dönüşümü kapsamında, enerji verimliliği ülkenin strateji ve hedeflerinin merkezinde bulunmakta olup, uzun süredir enerji politikalarında detaylı bir şekilde ele alınmaktadır. Enerji verimliliği alanında mevzuat, Enerji Verimliliği Kanunu'ndan ve bu Kanun'a bağlı destekleyici ikincil mevzuattan oluşmaktadır. Bakanlıklar ve kamu kurum ve kuruluşları mevzuatı revize etmekte ve strateji raporları ile eylem planlarını periyodik olarak yayımlamaktadır. Eylem planları ve stratejiler doğrultusunda yeni mevzuat çıkarılmakta ve mevcut mevzuat revize edilmektedir.

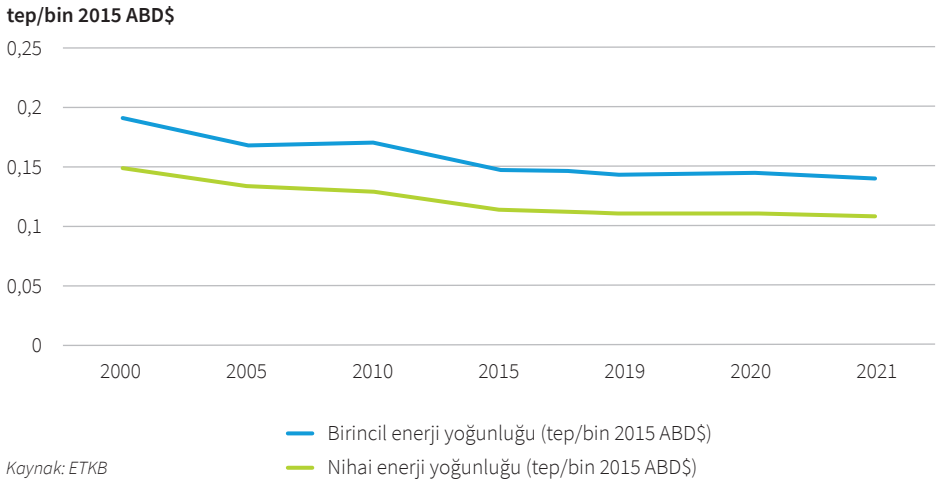
Ülkemizde üretimden tüketime bütün süreçlerde enerji verimliliğinin artırılması için yürütülen çalışmaların koordinasyonu, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nın (UEVEP) uygulama, koordinasyon ve izlenmesi ile etki analizleri, veri toplama, değerlendirme, tasarruf potansiyeli belirleme ile ülke genelinde yürütülen enerji verimliliği ile ilgili çalışmalara ilişkin gerekli ölçme, izleme ve denetim çalışmalarının yapılması ve gerektiğinde idari yaptırımların uygulanması Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) bünyesindeki Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı (EVÇED) tarafından yürütülmektedir. Bunun yanı sıra eko-tasarım ve etiketleme gibi bazı alanlarda Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın ve binaların enerji tüketimi ve çevreyle ilgili konularda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın (ÇŞİDB) sorumlulukları bulunmaktadır.

Türkiye'nin enerji verimliliği sürecinde resmi olarak ilk adım 2007 yılında 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'nun yayımlanmasıyla atılmıştır. Bunun öncesinde de Avrupa Birliği (AB) müktesebatıyla uyum çalışmaları kapsamında çalışmalar yapılmış, ayrıca enerji verimliliği kavramı beş yıllık Ulusal Kalkınma Planlarında yer almıştır.
2012 yılında ETKB tarafından Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023) hazırlanmış ve Yüksek Planlama Kurulu tarafından Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu belge enerji verimliliğiyle ilgili sonuç odaklı politikaları, somut hedefleri, bu hedeflere ulaşmak için alınması gereken aksiyonları, sorumlu tarafları ve kamu-özel sektör iş birliğini tanımlamaktadır. Belgede belirtildiği üzere ana hedef, enerji ve elektrik yoğunluğunu (enerji tüketimi/GSYİH) ayrı ayrı olmak üzere 2023 itibarıyla 2011 yılına kıyasla %20 azaltmaktır.

AB Enerji Verimliliği Direktifi'ne (2012/27/EU) ve Türkiye'nin sürdürülebilir gelişme hedeflerine paralel olarak ETKB, 2017 ve 2023 yılları arasında uygulamak üzere birinci UEVEP'i hazırlamıştır. Bu eylem planı birincil enerji tüketiminde 2023 yılında beklenen tüketime oranla %14'lük bir azaltım hedeflemektedir. Bunun için üretim, iletim, dağıtım ve son tüketiciler olarak enerjinin tüm değer zincirine ve bina ve hizmetler, enerji, ulaşım, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay sektörler olmak üzere 6 sektöre uzanan toplam 55 eylem belirlenmiştir. Bu hedefe ulaşabilmek için yapılacak yatırımların toplam maliyetinin 10,9 milyar Amerika Birleşik Devletleri Doları (ABD$) ve yatırımların geri ödeme sürelerinin 7 seneden daha kısa bir süre olması beklenmektedir.

ETKB'nin duyurduğu verilere göre, 2020 yılında Türkiye'nin birincil ve nihai enerji yoğunluğu sırasıyla 0,145 tep/bin 2015 ABD$ ve 0,112 tep/bin 2015 ABD$ seviyelerindeydi. Bu oran dünya ortalamasından (0,171 tep/bin 2015 ABD$) daha düşük olmakla birlikte İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (OECD) (0,102 tep/bin 2015 ABD$) ve AB (0,094 tep/bin 2015 ABD$) ortalamalarının üzerinde kalmaktadır. Türkiye'nin 2021 yılı birincil ve nihai enerji yoğunluğu ise sırasıyla 0,141 tep/bin 2015 ABD$ ve 0,110 tep/bin 2015 ABD$ olarak hesaplanmıştır.[34] Birincil ve nihai enerji yoğunluğunun gelişimleri, indeks halinde Şekil 21'de görülmektedir.

Şekil 21: *2000-2021 yılları arasında Türkiye enerji yoğunluğu indeksinin birincil ve nihai enerji yoğunluğu açısından gelişimi*



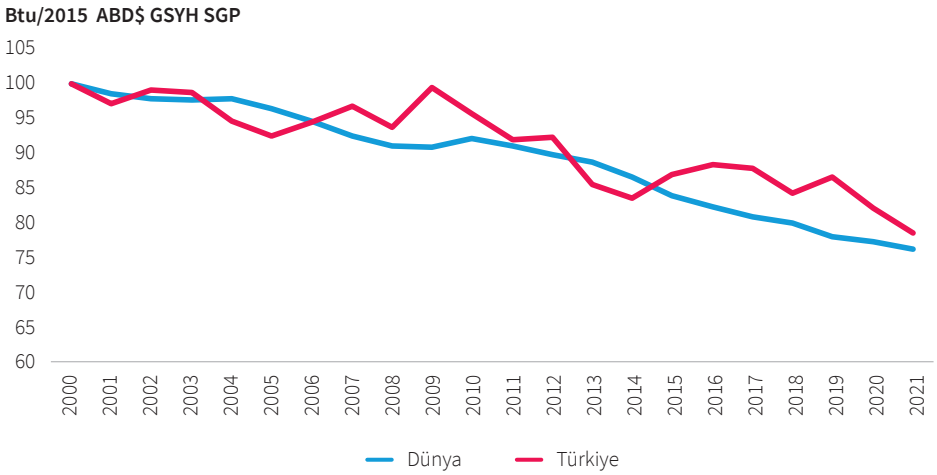
Kaynak: ETKB

Enerji Enformasyon İdaresi tarafından yayımlanan verilere göre, 2000-2021 döneminde satın alım gücü paritesine göre Türkiye'nin enerji yoğunluğundaki toplam azalma %21,5 dünyadaki toplam azalma ise %23,9 seviyesinde gerçekleşmiştir.[35] 2021 yılı itibarıyla Türkiye'nin satın alım gücü paritesine göre enerji yoğunluğu dünya ortalamasından %44 daha düşüktür. Bununla birlikte 2010-2019 döneminde dünyada enerji yoğunluğu sürekli azalırken Türkiye'de dalgalı bir seyir izlemiştir. 2020 ve 2021 yıllarında ise Türkiye'de dünya ortalamasına kıyasla daha hızlı azalma görülmüştür.

[34] EVÇED. (2022). Birincil ve Nihai Enerji Yoğunluğu. https://enerji.gov.tr//Media/Dizin/EVCED/tr/EnerjiVerimlili%C4%9Fi/OVDegerlendirme/Belgeler/EYogunluklari/2021.pdf

[35] Veriler satın alım gücü paritesine göre güncellendiği için geçmiş yıllardaki rakamlara kıyasla küçük farklar görülebilmektedir.

Şekil 22: *2000-2021 Dünyada ve Türkiye'de Enerji Yoğunluğunun Değişimi (2000=100)*



Kaynak: EIA (Energy Information Agency)

BTU: İngiliz Isı Birimi (British Thermal Unit); 2015 ABD$ GSYH SGP: Satın Alım Gücü Paritesine Göre 2015 Sabit (Reel) ABD$ Değerli Gayrısafi Yurtiçi Hasıla

Türkiye'nin 2023 hedefleri bazında değerlendirildiğinde, birincil enerji yoğunluğunun 2012-2021 döneminde %15 oranında azaldığı, Strateji Belgesi'nde 2023 yılı için hedeflenen %20 oranınına ulaşmak için gelişimin 2022 ve 2023 yıllarında da ivme kaybetmeden sürmesi gerektiği görülmektedir. Bu veriler ve karbonsuzlaşma hedefleri, bu alanda önemli bir potansiyele sahip olan Türkiye'de enerji verimliliğindeki iyileştirmeyi hızlandırmanın önemine işaret etmektedir.

ETKB tarafından yapılan açıklamaya göre 2017-2021 döneminde UEVEP kapsamındaki eylemler çerçevesinde toplam 6,4 milyar ABD$ yatırım yapılmış ve bunun sonucunda kümülatif olarak 1,6 milyar ABD$ karşılığı olan 4.473 ktep enerji tasarrufu sağlanmıştır. 2021 yılında ise Plan kapsamında 1,3 milyar ABD$ enerji verimliliği yatırımı yapılmış, bu sayede 1.063 ktep enerji tasarrufu ve 15,6 milyon ton (Mt) karbondioksit eşdeğeri (CO_2e) emisyon azaltımı sağlanmıştır.[36]

Enerji verimliliği uygulamaları sanayi, binalar ve ulaştırma olmak üzere üç ana segmentte incelenmektedir. 2002-2018 döneminde enerji verimliliği uygulamalarına yönelik yatırımlarda çimento, demir-çelik, tekstil gibi enerji tüketimi yüksek sektörler öne çıkmış, aynı zamanda elektrikli motorların daha verimli motorlarla değiştirilmesi sonucu önemli verimlilik artışı sağlanmıştır. Elektrik sistemine yönelik olarak da iletim ve dağıtım şebekelerine bazı verimlilik artırıcı ve kayıp azaltıcı yatırımlar yapılmıştır. Diğer sektörlerde, özellikle binalarda ve küçük işletmelerde yatırımlar sınırlı kalmıştır. Bununla beraber, binalarda yalıtıma yönelik gelişmeler, ticari taşıt filosunun verimli ve çevre dostu araçlarla değiştirilmesine yönelik düzenlemeler, sanayide de yine çevre standartlarına yönelik düzenlemeler binalar ve ulaştırmada da enerji verimliği artışına katkıda bulunmuştur.

2018 yılı sonrasında yapılan bir dizi mevzuat değişikliği özellikle kamu binalarında enerji verimliliği yatırımlarının hızlanması için uygun zemin sağlamıştır. Bu kapsamda enerji tüketimi 250 tep ve üzerinde olan veya inşaat alanı 10.000 metrekare (m^2) veya üzerinde olan kamu binalarına 2023 yılına kadar %15 enerji tasarrufu hedefi getirilmiş, kamuda enerji performans sözleşmelerinin uygulanmasına yönelik ölçme, tasarruf doğrulama ve ihale prosedürleri belirlenmiştir.

[36] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (17.05.2022). Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı. https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimliligi-ulusal-enerji-verimliligi-eylem-plani

2021 yılında olarak kamu binalarında enerji verimliliği projelerinin finansmanı için Dünya Bankası tarafından 265 milyon ABD$ tutarında bir kredi tahsis edilmiştir. Kredi binaların depreme karşı dayanıklılığını güçlendirmek ve aynı zamanda enerji verimliliğini arttırarak enerji faturalarını ve karbondioksit (CO_2) emisyonlarını azaltmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda yürütülen "Türkiye'de Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Uygulamaları Projesi" (KABEV) Hazine ve Maliye Bakanlığı'nın mali güvencesi ve ETKB desteği ile ÇŞİDB tarafından uygulanmaktadır. Proje kapsamında 700 adet kamu binasında enerji verimliliği önlemleri ile minimum %20 tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır. Projeler, uygun olduğu durumlarda, enerji verimliliğine yönelik uygulamaları yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi (güneş enerjisi ile sıcak su, çatı tipi PV, jeotermal ısı pompaları) ile birleştirmektedir. Proje aynı zamanda kamu binalarında enerji verimliliğine yönelik farklı modellerin geliştirilmesini de amaçlamaktadır. Bu çerçevede projelerden en az 15 adedinin Enerji Hizmet Şirketi/Enerji Performans Sözleşmesi (ESCO/EPS) yöntemiyle gerçekleştirilmesi, 6 adedinin de "neredeyse sıfır enerjili bina" (NSEB) pilot projesi olarak tasarlanması hedeflenmiştir.

KABEV'de enerji verimliliği projeleri kapsamında 2014 yılı ve öncesinde inşa edilmiş ve sismik açıdan güçlendirme ihtiyacı bulunmayan kamu mülkiyetindeki binalar öncelikli olmakla birlikte güçlendirme ve enerji verimliliğinin bir arada yapıldığı projeler de yer almaktadır. KABEV çerçevesinde Ankara Karabük, Bursa ve İstanbul illerinde 10 kuruluşta 30 binadan (toplam inşaat alanı 490,8 bin m^2) oluşan ilk enerji verimliliği proje paketi 2022 ortasında tamamlanmış, projeler sonucunda metrekare başına enerji tüketiminde %46 tasarruf sağlanmış ve CO_2 salımı %46 oranında azaltılmıştır. Geçici kabul aşaması tamamlanmış olan projelerde bir yıllık ölçüm ve doğrulama işleri sürmektedir. EPS yöntemi uygulanacak Türkiye'nin ilk kamu binası (Bursa Kız Anadolu Lisesi) için sözleşme KABEV projesi 1. Paket kapsamında Mart 2021'de imzalanmış yapım işleri Şubat 2022'de tamamlanmıştır.[37]

KABEV kapsamında 2021 yılında 11 bina için 158 milyon Türk Lirası (TL) değerinde ihaleler gerçekleştirilmiştir. 2022 yılında 5 ihale duyurusu yapılmış, ancak yalnız 1 ihale sonuçlanmış ve inşa aşamasındadır (Karaman Valiliği, Karaman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Karaman ÇŞİD İl Müdürlüğü). Döviz kurundaki değişkenlik ve finansal belirsizlikler nedeniyle alınan ihalelerde işe başlanamadığı ve yeni ihalelerde teklif verilemediği ifade edilmektedir. Bu kapsamda enerji hizmet şirketleri tarafından projelerin ihale aşaması ile tamamlanma ve ölçme/doğrulama aşamalarındaki fiyat farklarının telafi edilmesine yönelik beş yıllık ortalama Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) oranında eskalasyon, doğrulama dönemindeki enerji fiyatına endeksli eskalasyon veya ihalelerin döviz bazlı yapılması gibi yöntemler önerilmektedir.[38] 2023 yılı başında İzmir, Kocaeli, Zonguldak, Sakarya, Karabük, Bursa ve Antalya illerinde toplam 17 binanın (toplam 533,9 bin m^2) enerji verimliliği tadilatı için 6 adet ihale duyurusu yapılmıştır. Bu duyurulardan toplam 4 binayı kapsayan 2 adedi (Antalya Gazipaşa Devlet Hastanesi-Alanya Devlet Hastanesi, Sakarya Eğitim ve Araştırma Hastanesi-Karabük Valiliği) EPS yöntemiyle yapım işlerinden oluşmaktadır. Söz konusu ihalelerde kullanılan EPS yöntemi gelir paylaşımı modeli içermemekte, sözleşme dönemi sonunda 1,5 yıllık ölçme/doğrulamanın ardından yüklenici firmaya ihalede belirlenen bedel ödenmektedir.

[37] T.C. ÇŞİDB. (2022). KAMU BİNALARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ PROJESİ. https://dosya.co/kjr1vwshydfa/KABEV_PROJES__30_kas_m.ppt.html
[38] Künar, A. (13.01.2023). Enerji Dönüşümü ve ESCO-EPS Modeli. EMO İzmir Şubesi Enerji Verimliliği Günleri.

5.1.2. Enerji verimliliği teşvikleri ve etkileri

Türkiye'de enerji verimliliği projeleri için sağlanan başlıca teşvik mekanizmaları ve etkileri aşağıda yer almaktadır:

- **Yatırımları teşvik mevzuatı kapsamındaki teşvikler:** Enerji verimliliği yatırımları bulundukları bölgeden bağımsız olarak 5. Bölge teşviklerinden yararlanabilmektedir.
- **Performansa dayalı hibe programları:** Bu kapsamda Verimlilik Artırıcı Projeler (VAP) ve gönüllü anlaşmalar (GA) olarak bilinen iki program yer almaktadır. Bu programlardan kullanımı en yaygın olan VAP 2022 yılında kapsamı genişletilerek yeniden yapılandırmaya girmiş, bu nedenle 2023 yılı için başvurular durdurulmuştur. Mayıs 2022'ye kadar olan dönemde VAP programı yıllık enerji tüketimi 500 tep ve üzerinde olan, ISO 50001 Enerji Yönetimi Sertifikasına sahip ve Enerji Verimliliği (ENVER) portalına kayıtlı endüstriyel tesislere yönelik olarak yürütülmüştür. Bu kapsamda başvurusu uygun bulunan kuruluşlara, 5 milyon TL'ye kadar olan enerji verimliliği yatırımlarında, yatırım tutarının %30'u ETKB tarafından hibe olarak verilmiştir. 2023 sonrasında başlayacak yeni uygulamada ise desteklerden endüstriyel tesislerin yanısıra bina hizmet ve tarım sektörlerinin de yararlanması sağlanacak ve destekler arasında hibenin yanısıra faiz desteği de yer alacaktır. Yeni uygulamanının mevzuata yapılacak alt düzenlemeler ve bilgi-işlem altyapısındaki güncellemeler tamamlandıktan sonra başlaması öngörülmektedir.[39] GA programı ise 500 tep'in üzerinde enerji tüketimi olan ve takip eden üç yılda enerji yoğunluğunu %10 azaltmayı taahhüdünde bulunan kuruluşları kapsamaktadır. Taahhüdünü yerine getiren kuruluşa anlaşmanın imzalandığı yıldaki enerji faturasının %30'u ETKB tarafından hibe olarak verilmektedir.
- **Binalarda enerji verimliliğine yönelik faiz ve vergi destekleri:** Enerji verimliliği yüksek bina sayısını artırmak için Enerji Kimlik Belgesi sınıfı A olan yeni konutlarda değerin %90'ı, B sınıfı olan konutlarda %85'i kadar kredi kullanımına olanak sağlanmaktadır. Bankalarca kullandırılacak kentsel dönüşüm konut kredilerinde standart konutlar için yıllık %4, B sınıfı enerji verimliliği sertifikasına sahip konut için %4,5, A sınıfı enerji verimliliği sertifikasına sahip konut için %5 oranında ÇŞİDB tarafından faiz desteği verilmektedir.[40] Mevcut binalarda ise enerji verimliliği için yapılan harcamalar gelir vergisinden düşülebilmekte ve işlem harç ve damga vergilerinden muaf tutulmaktadır. Ayrıca, Haziran 2022'de konutlarda ısı yalıtımı için kamu bankaları tarafından verilecek 50 bin TL'ye kadar 60 aya kadar uzun vadeli ve aylık %0,99 faizli kredi paketi tanımlanmıştır. Enerji Kimlik Belgesi (EKB) sınıfı en az "C" olacak şekilde yapılacak ısı yalıtımı uygulamalarında kredinin yüzde 60'ının yalıtım firmaları ile imzalanan sözleşmenin ibrazıyla, kalan kısmının ise proje tamamlandıktan sonra EKB alınmasıyla kullanılması öngörülmüştür.[41]

Teşviklerin kullanımı ve etkinliği değerlendirildiğinde kamu tarafından sağlanan 5. Bölge Teşvikleri ve GA mekanizmalarının kullanımının çok düşük olduğu, VAP mekanizmasının ise kullanımı daha yüksek olmasına rağmen sağlanan toplam destek tutarının düşük olduğu görülmektedir. ETKB'dan edinilen bilgiye göre, programın başladığı 2009 yılından 2021 sonuna kadar GA kapsamında 8 endüstriyel işletmeye

[39] TC. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). 2023 Yılında Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) ve 5'inci Bölge Enerji Verimliliği Desteği Başvuruları. https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20270
[40] Gümrükçü, Ç. (n.d.). Enerji Kimlik Belgesi Alan Binalar İçin Konut Kredisi Müjdesi. https://sehatek.com.tr/blog/enerji-kimlik-belgesi-konut-kredisi/
[41] TC. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). Konutlarda Enerji Verimliliğini Destekleyen Isı Yalıtımı Kredi Paketi. https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20260

toplam yatırım tutarı 8,2 milyon TL olan 37 proje için toplam 900 bin TL hibe desteği verilmiş, yatırımlar sonucunda 5,5 bin tep/yıl enerji tasarrufu sağlanmıştır.[42] 2020, 2021 ve 2022 yıllarında gönüllü anlaşma imzalayan ve enerji yoğunluğu taahhütlerini yerine getirmek için 264 milyon TL yatırım yapacak olan 37 işletmenin enerji tasarrufları izleme sürecindedir. VAP program kapsamında ise 2010 yılından Mart 2023'e kadar 221 imalat sanayi tesisinin toplam yatırım tutarı 309,7 milyon TL olan 431 projesine 78,7 milyon TL destek ödemesi yapılmıştır.[43] Binalardaki teşvik ve desteklerin kullanımı daha yüksek olmakla birlikte, bu desteklerin enerji verimliliği yatırımlarını artırmak açısından etkinliği tam olarak değerlendirilememektedir. Haziran 2022'de duyurulan konutlarda ısı yalıtımı kredisininde yapılan başvurular veya kullandırım miktarlarına ilişkin henüz veri bulunmamaktadır.

Enerji verimliliği yatırımlarını hızlandırmak açısından yatırımlara verilen teşviklerin etkinleştirilmesinin yanı sıra enerji verimliliği yükümlülükleri ve enerji verimliliği yarışmalarının da uygulamaya konulması önemli rol oynayacaktır. ETKB bünyesinde EVÇED önderliğinde bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

5.1.3. Binalarda ve sanayide enerji verimliliği

ETKB tarafından düzenli olarak UEVEP Gelişim Raporu yayımlanmaktadır. UEVEP kapsamındaki eylemler çerçevesinde 2021 yılında Türkiye'de enerji verimliliğine 1.325 milyon ABD$ yatırım yapılmış, bunun karşılığında 372 milyon ABD$ parasal değeri olan 1 milyon 63 bin tep birincil enerji tasarrufu sağlanmıştır. 2021 yılındaki çalışmalarla toplamda 15,61 milyon ton CO_2 emisyon azaltımı sağlanmış ve 11.948 ilave yeşil istihdam oluşturulmuştur. Ayrıca Plan kapsamında 2017-2021 döneminde enerji verimliliğine toplamda 6.447 milyon ABD doları yatırım yapılmış ve bunun sonucunda kümülatif olarak 1.562 milyon ABD Doları parasal karşılığı olan 4.473 ktep enerji tasarrufu sağlanmıştır. UEVEP çerçevesinde 2017-2021 dönemi hedefleri kümülatif %109 olarak gerçekleşmiştir.[44]

Binalarda enerji tüketiminin önemli bir kısmı alan ve su ısıtmadan gelmektedir. Soğutma sistemleri ısıtma kadar olmasa da sıcak illerde önemli bir elektrik tüketim kalemi olarak ön plana çıkmakta, yıllar içerisinde toplam enerji tüketimi içerisindeki payı da artmaya devam etmektedir. Verimli teknolojilerin yanında, binaların ısı yalıtımlarının iyileştirilmesiyle ısıtma ve soğutma için harcanacak enerji miktarı azaltılabilmektedir. Isı pompaları, ısıtma için kombiye, soğutma için ise klima kullanımına kıyasla yüksek verimlilik sağlayabilmektedir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nca hazırlanan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" 19 Şubat 2022 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Yönetmelik değişikliğiyle normal binalara göre enerji verimliliği daha fazla olan ve kullandığı enerjinin belirli bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından temin eden NSEB konseptine geçiş, aşamalı olarak zorunlu hale getirilecektir.

[42] T.C. Enerji veTabii Kaynaklar Bakanlığı. (2021). Enerji Verimliliği Destekleri. https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimliligi-destekleri
[43] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Verimlilik Artıcı Proje (VAP) Destekleri. EVÇED. https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimliligi-destekleri-verimlilik-artirici-proje-destekleri
[44] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı. https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimliligi-ulusal-enerji-verimliligi-eylem-plani

Yapılan bu değişikliğe göre NSEB niteliğindeki binaların Enerji Kimlik Belgesindeki enerji performans sınıfının B veya daha iyi olması ve aynı zamanda binanın birincil enerji ihtiyacının en az %10'u oranında yenilenebilir enerji kullanımına sahip olması zorunlu hale getirilmiştir. Geçici madde ile de 1 Ocak 2023 ve 1 Ocak 2025 arasındaki projelerde binaların enerji ihtiyacının %5'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmasına karar verilmiştir. Ayrıca toplam yapı inşaat alanı 2000 m^2 ve üzeri olan binaların NSEB olarak inşa edilmesi de zorunlu hale getirilmiştir. Belirlenen toplam yapı inşaat alanının da geçici madde ile 1 Ocak 2023 ve 1 Ocak 2025 tarihleri arasında 5000 m^2 olarak uygulanmasına karar verilmiştir.[45]

12 Haziran 2022 tarihinde "Binalar ile Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği" yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğin amacı; binalar ve yerleşmelerin doğal kaynakları ve enerjiyi verimli kullanarak çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmak için değerlendirme ve sertifikalandırma sistemlerinin oluşturulmasına; yeşil sertifika uzmanlarının, yeşil sertifika değerlendirme uzmanlarının ve eğitici kuruluşların nitelikleri ile yeşil bina ve yeşil yerleşmelerin değerlendirme kriterlerine ilişkin usul ve esasları belirlemektir.[46]

Sanayi sektöründe ise motor sistemleri en büyük elektrik tüketim kalemini oluşturmaktadır. Motorlar fanlar, kompresörler, pompalar gibi farklı hizmet veren birçok ekipman içerisinde kullanılmaktadır. Sanayi motorları için en verimsizden en verimliye doğru IE1, IE2, IE3 ve IE4 olmak üzere 4 verimlilik sınıfı belirlenmiştir. Türkiye'de büyük oranda IE1 ve IE2 motorları kullanılmaktadır. Sanayi tesislerinde en yüksek elektrik tüketimi elektrik ark ocaklarının kullanıldığı demir-çelik sektöründe gerçekleşmektedir. Türkiye'deki çelik üretiminin büyük çoğunluğu elektrikli ark ocaklarında (toplam üretimin üçte ikisi oranında) ve geri kalanı da yüksek fırınlarla entegre bazik oksijen fırınlarında gerçekleşmektedir. Sanayideki bir diğer önemli elektrik tüketim kalemi ise çimento üretim işlemidir. Sanayideki enerji verimliliği, aynı amaca hizmet eden daha verimli teknolojilerin veya verim artırıcı tekniklerin kullanılmasıyla sağlanacaktır.

ETKB tarafından yayımlanan "Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" 6 Temmuz 2022 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğe göre, kurulu gücü 20 MW ve üzeri olan termik santrallerde atık ısıların öncelikle binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı kullanımının yanı sıra sanayi, tarımsal üretim, su ürünleri yetiştiriciliği, soğuk hava depoları ve tatlı su üretimi gibi sektörlerde de değerlendirilmesine yönelik enerji etütleri yapılacak veya şirketlere yaptırılacaktır. 20 MW ve üzeri ısıl enerji ihtiyacı olan yeni kurulacak veya büyük rehabilitasyon geçirecek olan endüstriyel işletmelerde kojenerasyon sistemlerinin uygulanmasına yönelik fizibilite etütleri yapılacak veya şirketlere yaptırılacaktır.[47]

Bunlara ek olarak, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu uyarınca, Başkanlığı tarafından gerçekleştirilen enerjinin yönetimi, izlenmesi, analizi ve projeksiyonu çalışmaları kapsamında, demir-çelik, çimento, tekstil, cam ve şeker gibi enerji tüketiminin yüksek olduğu sektörlerde kıyaslama raporları hazırlanmaktadır.[48] Kıyaslama çalışmaları yardımıyla spesifik enerji tüketimine yönelik göstergeler oluşturulmakta

[45] Resmi Gazete. (2022). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/02/20220219-2.htm
[46] Resmi Gazete. (2022). Binalar ile Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/06/20220612-1.htm
[47] Resmi Gazete. (2022). Enerji Kaynakları ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/07/20220706-3.htm
[48] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Ölçme ve Değerlendirme- Enerji Tüketim Bildirimleri. https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimliligi-olcme-degerlendirme

ve bu göstergeler ile ele alınan sektörde enerji tüketiminin proses bazında analizi gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca, sektörlere özgü göstergelerin üretilmesinin yanı sıra kıyaslama çalışması yürütülen sektörlerin enerji yoğunlukları da hesaplanmaktadır. Bu sayede, sektörlerin uluslararası ölçekte kıyaslaması sağlanabilmekte ve karşılaştırma yapılan ülkelerin ekonomik yapısı, enerji tüketimi yapısı ve teknik enerji verimliliği hakkında bilgi sahibi olunmaktadır.

5.2. Beklentiler ve 2053 net sıfır karbon hedefi doğrultusunda politika değerlendirmesi

Türkiye'de sanayi ve binalardaki yüksek enerji verimliliği potansiyeli 2053 net sıfır CO_2 hedefine ulaşılabilmesi için önemli fırsatlar sunmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) verilerine göre mevcut durumda Türkiye'de birim ulusal gelir artışı için enerji yoğunluğu son 15 yılda yıllık ortalama %1 oranından fazla azalmaktadır. Ancak, 2053 net sıfır hedefi kapsamında enerji verimliliğindeki gelişmenin hızlandırılması gerekmektedir. Türkiye Ulusal Enerji Planı (UEP) kapsamında ülkemiz için 2020-2035 yılları arasında enerji yoğunluğundaki iyileşmenin %51 olarak gerçekleşmesi öngörülmektedir.

Türkiye'nin yüksek riskli bir deprem ülkesi olması, beraberinde enerji verimliliği konusunda da hassasiyet gerekliliği getirmektedir. Depreme dayanıklı olarak inşa edilecek yeni yapıların ve kentlerin enerji verimliliği gözetilmeli, standartlar güncellenerek uygulanmalı ve denetlenmelidir. Enerji verimliliği konusunda hedeflerin titizlikle takip edilmesi, bilinçlendirme çalışmalarının yapılması ve yeni iş modelleri ile finansman kaynaklarının doğru yönlendirilmesi gerekmektedir.

Öte yandan, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2024-2030) hazırlık çalışmaları sürdürülmektedir. Bu kapsamda, kamu, özel sektör, akademi ve sivil toplum kuruluşlarının (STK) katılımıyla gerçekleşen çalıştaylar düzenlenmektedir. Yeni Eylem Planı'nın gerekli noktalarda atılacak adımları netleştirmesi ve bütüncül bir strateji ihtiyacını karşılaması beklenmektedir.

Enerji verimliliği Türkiye'nin tüm politika dokümanları ve kalkınma planlarında öncelikli alan olarak tanımlanmıştır. Ancak, uygulamaların hızlanması için enerji verimliliğinin tüketim birimleri bazında dağıtık yenilenebilir enerji, enerji depolama, kojenerasyon gibi tamamlayıcı unsurları içermesi ve enerji yönetimi kavramsal çerçevesi içinde ele alınması gerekmektedir. Önümüzdeki dönemde bu kapsamda hem yerel yönetimler hem de merkezi kamu kuruluşları başta olmak üzere binalarda enerji verimliliği uygulamalarının hızlanması, buna yönelik iş ve finansman modellerinin gelişmesi beklenmektedir.

6. Elektrifikasyon

Elektrifikasyon, bir makine veya sistemin elektrik kullanır hale dönüşümü anlamına gelmektedir. Elektrifikasyona örnek olarak ulaşımda benzinli araçlardan elektrikli araçlara, binalarda doğal gaz ile çalışan kombilerden ısı pompalarına ve sanayide doğal gaz ile çalışan ocaklardan elektrikli ocaklara geçiş verilebilir. Enerji dönüşümü bağlamında ise elektrifikasyon fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçişte ve enerji verimliliğinin artırılmasında kritik bir tamamlayıcı role sahiptir. Isıtma ve ulaştırma gibi enerjiyi son tüketen sektörlerin elektrifikasyonu Türkiye'nin enerji dönüşümü stratejisinin hayati bir bileşenidir. Elektrifikasyon sistem verimliliğini artırmaya olanak vermekte ve ihtiyaç duyulan elektriğin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması koşuluyla enerjiyi son tüketen sektörlerde yenilenebilir enerji payını yükseltmektedir. Türkiye'nin, daha yüksek rüzgâr ve güneş enerjisi payı elde etmek için elektrifikasyon ve sektör eşleştirmeyi de kapsayan mevcut elektrik sistemi stratejisini geliştirmeye ihtiyacı bulunmaktadır.

6.1. Türkiye'de 2022 yılındaki önemli gelişmeler ve mevcut durum

2022 yılının başlarında alevlenen Rusya-Ukrayna Savaşı, Avrupa'da ve Türkiye'de doğal gaz fiyatlarının hızlı yükselişine sebep olmuştur. Mart ayında doğal gaz fiyatı 322 Euro/MWh ile Avrupa'da rekor kırmıştır. Türkiye'de ise 2022 yılında sanayide kullanılan doğal gazın fiyatı bir önceki yıla göre yaklaşık 10 kat artmıştır. Konutlarda, 2022 yılının ilk yarısında sübvansiyonlarla desteklenen fiyatların bir önceki yıla göre %31,8 olan artışı, 2022'nin ikinci yarısında ilk yarıya göre yaklaşık %38 olarak gerçekleşmiştir.[49] Türkiye'deki uzun vadeli alım kontratlarındaki fiyatların önemli bölümünün endeksli olduğu[50] Brent petrolün varil fiyatları ise 2022 yılı başında 72 Amerika Birleşik Devletleri Doları (ABD$) civarında iken, yıl içinde 120 ABD$'ı aşmış, yıl sonunda 85 ABD$ seviyesine ulaşmıştır. Yıllık ortalama fiyat 101 ABD$ olarak gerçekleşmiştir.[51]

Türkiye, sanayide ve konutlarda ısıtma amacıyla doğal gazı ve ulaştırmada petrolü ana kaynak olarak kullanmaktadır. Fosil yakıtlardaki fiyat artışlarına ek olarak, fosil yakıt tüketiminin karbonsuzlaşma yönünde engel teşkil etmesi Türkiye'ye çevresel ve mali açıdan büyük yük olmaktadır. Bu bağlamda, fosil yakıt kullanan enerji yoğun sanayi sektörlerinin, ulaştırmanın ve binaların elektrifikasyona geçmesi ile birlikte elektriğin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi, ithalat maliyetininin ve cari açığın önlenmesine ek olarak, karbon emisyonlarının azalmasına imkan verecektir.

Türkiye'de sanayi sektörü elektrifikasyona geçiş için yüksek bir potansiyel barındırmaktadır. Halihazırda çelik üretiminde elektrikli ark ocaklarının payı toplam üretimin %71'ini teşkil etmektedir. Çelik ve çimento sektörlerindeki ana prosesler yüksek sıcaklıklar gerektirdiğinden ek elektrifikasyon potansiyeli diğer sektörlere göre düşüktür. Ancak, bu sektörlerde proseslerde elektrik kullanımı için gelecek vaat eden teknolojiler gelişmektedir. Kimya, gıda, tekstil ve diğer sektörler için elektrifikasyon potansiyeli çelik ve çimento sektörlerine göre daha yüksektir. Daha düşük sıcaklık ihtiyaçları nedeniyle bu sektörlerde 150 – 200 ^{0}C'ye kadar ısı pompaları ve 500 ^{0}C'ye kadar elektrikli kazanlar kullanılabilmektedir. SHURA'nın geçmiş çalışmalardaki

[49] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2022). Elektrik ve Doğal Gaz Fiyatları, I. Dönem: Ocak-Haziran 2022. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Elektrik-ve-Dogal-Gaz-Fiyatlari-I.-Donem:-Ocak-Haziran-2022-45567
[50] Türkiye'de uzun vadeli alım kontratlarındaki fiyatların önemli bölümü petrol ürünlerinin fiyatlarına endeksli olduğundan petrol fiyatlarındaki değişimler yaklaşık üç aylık bir gecikmeyle doğal gaz alım fiyatlarına yansımaktadır.
[51] Bloomberg HT. (2022). Brent Petrol Değeri. Bloomberg HT (2022) https://www.bloomberght.com/emtia/brent-petrol

analizlerine göre, bu sektörler için ısı talebinin %52'si teknik olarak ısı pompaları için, %27'si ise kazanlar için uygundur. Sektör genelinde elektrifikasyon potansiyeli ısı pompalarında %19, elektrikli kazanlarda ise %10'dur.

Sanayi ve binalarda Türkiye'nin sahip olduğu iklim kuşağı düşünüldüğünde ısı pompaları Türkiye için tercih edilmesi gereken verimli sistemler olarak dikkat çekmektedir. Binalarda enerji, en çok alan ve su ısıtma için tüketilmektedir. Mevcut durumda çoğunlukla ısıtma için doğal gazlı kombiler ve merkezi kazanlar, soğutma için ise klimalar kullanılmaktadır. Isı pompaları, ısıtma için kombiye, soğutma için ise klima kullanımına kıyasla yüksek verimlilik sağlayabilmektedir. Isı pompalarının piyasası yüksek ilk yatırım maliyetlerinden dolayı henüz tam olarak olgunlaşmasa da, binaların ısıtma ve soğutma ihtiyacı için ısı pompası kullanımı geçtiğimiz yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır ve hızla artmaya devam etmektedir. Türkiye'de 2021 yılında hava kaynaklı ısı pompası ithalatında önceki yıla göre %59'luk artış olmuştur.[52] Isı pompası projelerinin %70'i endüstriyel ölçeklidir.

Ulaşım sektöründe ise elektrikli araç satışları, son yıllardaki farklı tipte elektrikli araç ve şarj altyapısını destekleyen politikalar sayesinde küresel seviyede hızla artmaktadır. Türkiye'de de elektrikli araç sayısı taleple doğru orantılı şekilde hızla artmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nun "trafiğe kayıtlı otomobillerin yakıt cinsine göre dağılımı" çalışmasında 2022 yılı sonu itibariyle 14.552 adet trafiğe kayıtlı elektrikli araç olduğu belirtilmiştir.[53] Ayrıca, 2018 yılında kurulan Türkiye'nin Otomobil Girişim Grubu (TOGG) ile yerli elektrikli araç üretimine başlanmıştır. 2022'nin Temmuz ayı ile birlikte elektrikli araçlara Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) indirimi yapılmıştır. Buna göre yeni vergi düzenlemesiyle, motor gücü 160 kW'ı geçmeyen ve ÖTV matrahı 700.000 Türk Lirası (TL)'nı aşmayan elektrikli araçlar için yeni vergi oranı %10 olarak belirlenmiştir. Aynı motor gücüne sahip olan ancak 700.000 TL'yi aşan elektrikli araçların ÖTV oranı ise %40 olmuştur.[54]

Türkiye'de elektrikli araçların yaygınlaşmaya başlaması ile beraber şarj hizmetlerinin sunulmasına ilişkin taleplere yönelik ilk önemli mevzuat düzenlemesi 2021 yılında 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nda değişikliğe gidilmesidir. Söz konusu değişiklik ile yeni bir piyasa faaliyeti olarak belirlenen şarj hizmetleri Türkiye'nin mevzuatına dahil olmuştur. 2022 yılında ise elektrikli araç şarj ağı işletmelerinin çalışma şartlarını belirleyen Şarj Hizmeti Yönetmeliği Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından 2 Nisan tarihinde 31797 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmış, söz konusu yönetmelik ile şarj ünitesi ve istasyonlarının kurulması ile şarj ağı ve şarj ağına bağlı şarj istasyonlarının işletilmesi ile şarj hizmetinin sunulmasına yönelik usul ve esaslar belirlenmiştir.[55] Azami süresi 49 yıl olarak belirlenen şarj ağı işletmeci lisansına sahip olacak işletmeci, ülke genelinde şarj hizmeti sunma ve ilgili şarj istasyonlarının elektrik ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesisi ve şarj istasyonuna bütünleşik elektrik depolama tesisi kurabilme gibi haklara sahip olmaktadır. Şarj Hizmeti Yönetmeliği'nin yayımlanması ile beraber, teslim edilmeye başlandığı 26 Mayıs 2022 tarihinde 5 adet olan Şarj Ağı İşletmeci Lisansları ise yıl sonu itibariyle 77'ye ulaşmış olup 2023 yılında da artışını sürdürmektedir.[56]

[52] İklimlendirme Soğutma Klima İmalatçıları Derneği (İSKİD), (2021). 2021 İstatistikleri Ücret Tarifesi. https://iskid.org.tr/istatistikler-ve-raporlar/
[53] Türkiye İstatistik Kurumu, (TÜİK), (2023). Motorlu Kara Taşıtları, Aralık 2022. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2022-
[54] TRT Haber, Elektrikli araçlarda ÖTV düşürüldü (2022) https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/elektrikli-araclarda-otv-dusuruldu-692914.html
[55] RESMİ GAZETE. (2022). Şarj Hizmeti Yönetmeliği. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/04/20220402-2.htm
[56] EPDK. (2023). Şarj Ağı İşletmeci Lisansları. https://lisans.epdk.gov.tr/epvys-web/faces/pages/lisans/elektrikSarjAgiIsletmeci/elektrikSarjAgiIsletmeciOzetSorgula.xhtml

6.2. Beklentiler ve 2053 net sıfır karbon hedefi doğrultusunda politika değerlendirmesi

31 Aralık 2022 tarihinde yayımlanan Türkiye Ulusal Enerji Planı (UEP) kapsamında, 2000-2020 döneminde yılda ortalama %4,4 oranında artarak 128,3 teravat-saat (TWh)'ten 306,7 TWh'e yükselen elektrik tüketiminin, 2053 yılına kadar yıllık ortalama %4,5 düzeyinde artış göstereceği öngörülmektedir. Planda 2020-2035 döneminde yıllık ortalama %3,5 artması öngörülen elektrik enerjisi tüketiminde 2035 yılı sonrası artış oranının, 2053 yılı için belirlenen net-sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi adına elektrik enerjisinin nihai enerji tüketimi içindeki payının artmasıyla daha hızlı bir şekilde yükselmesi gerektiği görülmektedir. Bu doğrultuda UEP kapsamında 2035-2053 döneminde elektrik enerjisi tüketiminde yıllık ortalama artış oranı %5,2 düzeyine yükselmektedir. 2020 yılında nihai enerji tüketimi içinde %19,7'lik orana sahip elektrik enerjisi payının ise 2053 yılında %55,6'ya ulaşacağı tahmin edilmektedir.

UEP'te emisyon azaltımının sağlanabilmesi amacıyla mesken, hizmetler ve tarım sektörlerinde ısıtma amaçlı kullanılan kazanlarda belirli bir tarihten itibaren belirli fosil yakıtların kullanımının olmayacağı öngörülmüştür. Planda elektrikli araç gelişiminin öneminden bahsedilerek, 2053 net sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi için elektrikli araç sayısının aşamalı olarak artması gerektiği belirtilmiştir. Elektrikli araç sayısının gelişimine ilişkin 2035 yılına kadar olan gelişimde Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'ndan temin edilen senaryolar dikkate alınmış olup, aynı eğilim korunarak 2053 yılı öngörüleri oluşturulmuştur.

Sanayide kimya, gıda ve tekstil sektörlerinin elektrifikasyona hızlı geçişi, çelik ve çimento sektörlerinin ise gelişen teknolojilerle 2053 yılına kadar elektriği temel enerji kaynağı olarak kullanması öngörülmektedir. Binalarda ısı pompalarının kullanımının yaygınlaşması da dekarbonizasyon için en etkin seçenek olarak görünmektedir. Ulaştırmada araç sahiplik oranının artışı ve nüfusun büyümesiyle, elektrikli araç kullanımının artması yönünde önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Dünya çapında toplam elektrikli araç sayısının 2030 yılı itibarıyla 120 ila 250 milyon arasında bir seviyeye yükselebileceği tahmin edilmektedir.[57] Elektrikli araçların hızla yaygınlaşması enerji ithalatı ve karbondioksit (CO_2) emisyonları açısından Türkiye'nin elini rahatlatacaktır.

Türkiye'de elektrikli araç satışlarının artması için teşviklerle birlikte hem Türkiye içinde hem de dünyada elektrikli araçların seri üretiminin yaygınlaşması, bu sayede fiyatların düşmesi önem kazanmaktadır. Bu bağlamda Türkiye'de elektrikli araç ve batarya üretimine yönelik adımların hızlandırıcı etkisi olması beklenmektedir. Elektrikli araçların enerji sistemine nasıl entegre edileceği konusu, akıllı şarj edilmeleri yoluyla dağıtım şebekelerinin işleyişini etkilemeleri açısından önem taşımaktadır.

Son yıllarda belirgin bir artış gözlemlenen elektrikli araç sayısında ÖTV indirimi ve TOGG'un banttan inmesi ile beraber talebin daha da artacağı öngörülmekte olup, 2030 yılında 1 milyonun üzerinde elektrikli araç ve 100 bin şarj ünitesi hedefi EPDK tarafından belirlenmiştir.[58] Öte yandan, belirlenen hedefler karşısında enerji talebinin de paralel olarak artışının bilincinde olarak hedeflerin ulaşılabilirliği için kapasite yatırımlarının artması ve maliyeti düşürmek için şarj altyapısının ulaşılabilirliği oldukça

[57] SHURA. (2019). Elektrikli araçların Türkiye dağıtım şebekesine etkileri. https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2019/12/SHURA-2019-12-Turkiye-Ulastirma-Sektorunun-Donusumu-Elektrikli-Araclarin-Turkiye-Dagitim-Sebekesine-Etkileri.pdf
[58] BBC News. (2022). Türkiye'de elektrikli otomobil kullanmak pratik mi? https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-

önemli olacaktır. Bu kapsamda, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) Başkanı Fatih Dönmez'in 2022 yılında 14.'sü düzenlenen Elektrik Dağıtım Şirketleri Sektör Değerlendirme Toplantısı'nda açıkladığı, 2030 yılına kadar şebeke altyapısı ve elektrikli araç soketi için 1 milyar Amerika Birleşik Devletleri Doları (ABD$) tutarında yatırım kararı bir ilk adım olarak değerlendirilebilir.[59]

Sanayide ve konut ısıtmada doğal gazı, ulaştırmada ise petrolü çok büyük oranda ana kaynak olarak kullanan Türkiye'de, bu sektörlerin elektrifikasyonla dönüştürülerek elektriği daha yüksek oranlarda kullanması kaçınılmaz bir gerekliliktir. Bu şekilde, yenilenebilir kaynaklardan sağlanan elektrik üretiminin artmasına ve enerji verimliliğinin yaygınlaşmasına da katkıda bulunulacaktır. Henüz belirlenmiş net hedefler bulunmamakla birlikte, elektrifikasyon konusunda 2053 yılına yönelik olarak SHURA'nın ısıtma ve ulaştırma sektörlerinin elektrifikasyonu ve net sıfır çalışmalarında öngörülerde bulunulmuştur.[60]

Türkiye'de ve dünyada nihai enerji tüketiminde elektriğin toplam payı %20 seviyelerindedir. Enerji dönüşümü perspektifinde elektrifikasyonun artırılması, yenilenebilir enerjiyi doğrudan kullanma imkanı olmayan ısıtma ve ulaştırmada yenilenebilir enerjiden üretilen elektriğin ana enerji kaynağı olarak kullanılması anlamına gelmektedir. Türkiye'nin 2053 net sıfır hedefine ulaşabilmesi için yenilenebilir enerjiden elektrik üretimiyle birlikte elektrifikasyona özel önem vermesi bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda başta özellikle ulaştırma ve ısıtmanın karbonsuzlaşmasına yönelik elektrifikasyon hedeflerinin belirlenmesi gerekmektedir.

[59] İHA. (2022). Bakan Dönmez: "2030'a kadar elektrikli araç altyapısı için 1 milyar dolarlık yatırım yapılacak." https://www.iha.com.tr/haber-bakan-donmez-2030a-kadar-elektrikli-arac-altyapisi-icin-1-milyar-dolarlik-yatirim-yapilacak-1071110/
[60] SHURA, (Şubat, 2023). Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü için Yol Haritası. https://shura.org.tr/net-sifir-2053-turkiye-elektrik-sektoru-icin-yol-haritasi/

7. Yeni teknolojilerdeki gelişmeler

Enerji sektöründe yaşanan teknolojik gelişmeler, yenilenebilir enerji teknolojilerinin kapasite ve verimliliğini artırmasının yanı sıra üretim maliyetlerini düşürerek enerji dönüşümüne katkı sağlamaktadır. Yeni teknolojiler, küresel olarak net sıfır hedefine ulaşılabilmesi için de anahtar konumdadır.

Bu teknolojilerin en önemlilerinden biri olarak kabul edilen batarya teknolojileri kapsamında Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG) özelinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Yüzde yüz elektrikle çalışacak olan araçta kullanılan bataryanın üretimi için 2020'de Farasis ile anlaşan TOGG, 2021'de Siro Silk Road Temiz Enerji Çözümleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.'yi kurmuştur. Çin merkezli şirket ortaklığında kurulan Siro, 2022 yılında ilk prototip batarya üretimini ve testini tamamladığını duyurmuş, 2023 yılının başında ise geliştirilen bataryanın seri üretimine geçilmiştir.[61] TOGG'un modelinde 52,4 kilovat-saat (kWh) ve 88,5 kWh olmak üzere iki batarya seçeneği ile satışa çıkacağı yetkililer tarafından açıklanmıştır.[62] Geliştirilen bataryaların seri üretimine geçen Siro, ikinci aşamada Farasis Energy ve Batarya Geliştirme Merkezi'nin en son teknolojisi olan lityum iyon NMC batarya hücreleri geliştirip üreteceğine ilişkin açıklama yapmıştır. 2020 yılında Aspilsan Enerji tarafından Avrupa'nın en büyük lityum iyon pil üretim üssünün temeli Kayseri'de atılmış, pil üretiminin yanı sıra üretim aşamasında kullanılan makineleri de Ar-Ge çalışmaları ile yerli hale getirme hedefi konulmuştur. Aralık 2021'de inşaatı tamamlanan tesiste, Haziran 2022 itibariyle seri üretime başlanmıştır.[63] Türkiye'nin ilk lityum iyon pil üretim üssü olmayı hedefleyen şirket, ilerleyen dönemlerde yerli otomobil TOGG'a katkı sağlamayı ve dışa bağımlılığı azaltmayı amaçlamaktadır. Koç Holding ise 2022 yılında bir elektrikli araç batarya fabrikası kurmak için çalışmalara başlamıştır. Ankara'da kurulması planlanan batarya üretim tesisinin üretime 2026 yılında başlaması ve yıllık 25 gigavat-saat (GWh) kapasiteye ulaşması planlamakta olup, 2029 yılı itibariyle kapasitenin 45 GWh seviyelerine ulaşması planlanmaktadır.[64] Atılan bu adımlar, Türkiye'nin batarya üretimi konusunda önemli gelişmeler olmuştur.

2053 yılı net sıfır emisyon hedefine ulaşılmasına destek olacak, enerji dönüşümünde önemli bir role sahip bir diğer teknoloji ise yeşil hidrojendir. Yeşil hidrojen yüksek kütlesel enerji yoğunluğu nedeniyle özellikle karbonsuzlaması zor (örneğin sanayi ve ulaştırma) sektörlerde fosil yakıtların yerini alabilecek alternatif bir enerji taşıyıcısı olma özelliğiyle öne çıkmaktadır. Yeşil hidrojenin üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik kullanılmaktadır. Bu nedenle de enerji dönüşümünde elektrifikasyonun yetersiz kaldığı çeşitli proseslerde yeşil hidrojenin kullanılması net-sıfır hedeflerine ulaşılmasında kilit bir önem taşımaktadır. Geleceğin önemli bir enerji taşıyıcısı olarak tanımlanan yeşil hidrojene yönelik 2022'de ve 2023'ün başında önemli gelişmeler yaşanmıştır. 17 Şubat 2022 tarihinde Aspilsan Enerji, EnerjiSA Üretim, Eti Maden, Güney Marmara Kalkınma Ajansı (GMKA) ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) yetkilileri tarafından ilk yeşil hidrojen tesisinin kurulumu yönelik protokol imzalanmış, projeye EnerjiSA Üretim'in Balıkesir'in Bandırma ilçesinde bulunan Bandırma Enerji

[61] AA. (2022). Togg ve Farasis Energy ortaklığında kurulan Siro, ilk batarya prototipini üretti. https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/togg-ve-farasis-energy-ortakliginda-kurulan-siro-ilk-batarya-prototipini-uretti/2656427
[62] Dolu Batarya. (2022). Togg C-SUV'un Batarya Kapasitesi ve Motor Gücü Belli Oldu. https://dolubatarya.com/haber/togg-c-suvun-batarya-kapasitesi-ve-motor-gucu-belli-oldu
[63] Aspilsan. (2022). Lityum İyon Silindirik Pil Üretim Tesisi. https://www.aspilsan.com/lityum-iyon-silindirik-pil-uretim-tesisi/#:~:text=Tesisin%20%C3%BCretim%20kapasitesi%20y%C4%B1ll%C4%B1k%20220,olmak%20%C3%BCzere%20%C3%BC%C3%A7%20binadan%20olu%C5%9Fmaktad%C4%B1r.
[64] WebTEKNO. (2023). Koç Holding, 32 Milyar TL'lik Batarya Fabrikası İçin Yeni Ortağını Açıkladı. https://www.webtekno.com/koc-holding-batarya-uretim-fabrikasi-lg-anlasti-h132359.html

Üssü'nün ev sahipliği yapacağı açıklanmıştır.[65] Pilot projeye olarak 200 bin Euro'luk hidrojen üretim ve depolama yatırımı yapıldığı ve yeşil hidrojen üretimine başlandığı açıklanmıştır.[66] 2023 yılının Ocak ayında ise Sabancı Üniversitesi'nin proje ortağı olduğu ve GMKA'nın koordinatör olarak rol aldığı, 13'ü Türkiye'den olmak üzere toplam 16 ortağı bulunan "HYSouthMarmara Projesi" adlı "Güney Marmara Hidrojen Kıyısı Vadi Projesi "2022 yılı çağrısı kapsamında desteklenmeye hak kazanmıştır. Proje kapsamında Türkiye'nin ilk yeşil hidrojen tesisinin kurulumuna öncülük eden EnerjiSA Üretim'in Bandırma'daki Enerji Üssü'nde en az 500 ton/yıl yeşil hidrojen üretimi hedeflenmiştir. 5 yıl sürecek olan projeye Avrupa Komisyonu tarafından yaklaşık 8 milyon Euro hibe desteği sağlanacağı açıklanmıştır.[67] Hayata geçirilecek projede, yeşil hidrojen üretiminin yanı sıra Türkiye'nin ithalatına bağımlı olduğu amonyak ve metanol gibi hidrojen türevi kimyasalların tamamen yenilenebilir yöntemler ile ve yerli kaynaklar aracılığıyla üretilmesi hedefi koyulmuş, enerji bağımsızlığı ve dış ticaret açığının kapatılması yönünde oldukça önemli adımlar atılmıştır.

Hidrojen kapsamında 2023 yılının hemen başında gerçekleşen bir diğer önemli gelişme ise ilgiyle beklenen "Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası" çalışmasının 19.01.2023 tarihinde yayınlanmış olmasıdır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), yeşil hidrojeni net sıfır emisyon hedefinin yanı sıra ekonomik kalkınma hedefinin de merkezine koyarak bir ekonomi modeli oluşturmayı amaçlamaktadır. Açıklanan strateji belgesinde 2035 yılı elektrolizör kapasitesi hedefinin 5 GW; 2053 yılı için ise hedefin 70 GW seviyesinde olduğu belirtilmiştir.[68] ETKB'nin yayımladığı hidrojen yol haritasında, ilgili teknolojinin yerli bir şekilde üretilmiyle birlikte depolanması, dağıtımı ve kullanımı için gerekli stratejilerin oluşturulmasını hedeflemektedir. Bu doğrultuda, yayımlanan yol haritasında öncelikle yeşil hidrojen üretimi ve depolanması için gerekli teknolojilerin ve gerekli ekipmanların yerli olarak üretimi için gerekli araştırma-geliştirme (AR-GE) faaliyetlerinin yürütülmesi ve teknoloji üretimi sağlandıktan sonra yerli üretim aksamın kullanılması için teşvik mekanizmalarının ve sertifika programlarının oluşturulması tanımlanmış önemli stratejilerdendir. İlgili Yol Haritası'nda yeşil hidrojen üretiminin 2035 yılına kadar kilogram başına 2,4 Amerika Birleşik Devletleri Doları (ABD$) seviyesine, 2053 yılında ise 1,2 ABD$ seviyesine düşeceğinin öngörüldüğü belirtilmektedir. Ek olarak, Türkiye Ulusal Enerji Planı'na göre nihai sektörlerde kullanılan doğal gaz karışımının %3,5'inin hidrojenin oluşturacağı açıklanmıştır.[69] Hidrojenin sanayi sektörüne entegrasyonuna ilişkin ise Ar-Ge çalışmalarının devam ettiğini belirtmiştir. Hem Türkiye Ulusal Enerji Planı'nda hem de Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası çalışmalarında belirlenen öneriler ve hedefler ışığında Türkiye'nin enerji sistemi dönüşümünde kilit öneme sahip yeşil hidrojenin sahip olduğu yüksek potansiyeli ortaya çıkarmak uzun vadede enerji verimliliği, karbonsuzlaşma ve elektrifikasyonun yeterli olmadığı sektörlerde büyük avantajlar sağlayacaktır. Ek olarak, cari açığın büyük bir kısmını oluşturan enerji ithalat maliyetlerini azaltmak ve enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla, açıklanan planlarda yeşil hidrojen tesis kurulumuna ve kullanımına yönelik ihtiyaç olarak belirlenen teşviklerin mevzuata eklenerek gerekli altyapının oluşturulması Türkiye'nin enerji sektöründeki öncelikli politikası olmalıdır.

[65] GMKA. (2022). Türk Sanayisinin İlk Yeşil Hidrojen Tesisinin Kurulması İçin Start Verildi. https://www.gmka.gov.tr/haber/turk-sanayisinin-ilk-yesil-hidrojen-tesisinin-kurulmasi-icin-start-verildi
[66] AA. (2022). Enerjisa Üretim, Bandırma Enerji Üssü'nde yeşil hidrojen üretimine başladı. https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/enerjisa-uretim-bandirma-enerji-ussunde-yesil-hidrojen-uretimine-basladi/2630360
[67] GMKA. (2023). Türkiye'nin İlk Yeşil Hidrojen Vadisi Kuruluyor. https://www.gmka.gov.tr/haber/turkiyenin-ilk-yesil-hidrojen-vadisi-kuruluyor
[68] ETKB. (2022). Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası. https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/SGB/tr/Kurumsal_Politikalar/HSP/ETKB_Hidrojen_Stratejik_Plan2023.pdf
[69] ETKB. (2022). Türkiye Ulusal Enerji Planı. https://enerji.gov.tr//Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf

Yenilikçi teknolojilerin yerli üretiminin desteklenmesi kapsamında atılan bir diğer önemli adım TENMAK tarafından 30 Kasım 2022 tarihinde yayımlanan Ar-Ge destek programıdır. Program, yakıt hücresi ve temiz hidrojen üretim teknolojilerini kapsamakta olup, net sıfır emisyon hedefine ulaşmada kritik öneme sahip bu teknolojilerin yerli ve milli imkanlar ile tasarlanmasını ve üretilmesini amaçlamaktadır.[70] Bu amaç doğrultusunda Ar-Ge çalışmalarını TENMAK Teknoloji ve Ürün Geliştirme Projeleri Destek Programı, proje sonuçlarını ise Türkiye'de uygulamayı taahhüt eden Sanayi Ortakları tarafından destekleneceği ilgili çağrıda belirtilmektedir. Enerjide arz güvenliğinin yenilenebilir enerji kaynaklarımızın enerji portföyündeki payını yükselterek sağlanmasının kritik öneme sahip olduğu bu dönemde, bu tarz Ar-Ge destek programları vasıtasıyla yüksek verimli ve düşük maliyetli yeşil teknolojilerin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşılması ve desteklenmesi oldukça önemlidir.

Türkiye'de hidrojenin üretimi, depolanması, taşınması ve son tüketim noktalarında kullanılması için öncelikli alanları belirlenmesi, uygulama alanlarının belirlenmesiyle ilgili kapsamlı bir çalışmaya ihtiyaç olacaktır. Elektrolizörlerin Türkiye'de yerli olarak üretilmesi için strateji geliştirilmesi gerekecektir. Mevzuat altyapısının bu doğrultuda oluşturulmazı elzemdir. Batarya enerji depolama konusunda da oluşturulacak ikincil mevzuatların sektöre ve yatırımcılara yol göstermesi kritik olacaktır. Yeşil hidrojen ve bataryaların kullanımınının yaygınlaştırılması, Türkiye'nin 2053 yılında net sıfır bir ekonomiye ulaşmasında kritik olacaktır. Bu teknolojilerin yanında, dijitalleşmenin kolaylaştırıcılığından azami faydalanılması, elektrik sistemi değer zincirinde önemli kazanımlar elde etmemizi sağlayacaktır. Akıllı ve mikro şebekelerin, akıllı evlerin ve tüketicileri enerji dönüşümü merkezine alacak teknolojilerin, Türkiye'nin net sıfır 2053 yolculuğunda ve elektrik sisteminin daha güçlü ve kararlı olmasında önemli rolleri olabilir.

[70] TENMAK. (2022). TEKNOLOJİ VE ÜRÜN GELİŞTİRME PROJELERİ DESTEK PROGRAMI. https://www.tenmak.gov.tr/Belgeler/EK_1-target-htyh-18012023-revize.pdf



8. Sonuç

Türkiye, Ekim 2021 tarihinde Paris İklim Anlaşması'nı onaylamış ve akabinde 2053 yılı net-sıfır sera gazı emisyon hedefini beyan etmiştir. Böylelikle Türkiye, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında önemli somut bir adım atmıştır. 2022 yılında başlayan Rusya-Ukrayna savaşıyla derinleşen küresel enerji krizi ile birlikte, Türkiye'nin gelişmekte olan büyüyen bir ekonomiye sahip ve enerjide dışa bağımlığı yüksek bir ülke konumunda olması, enerji dönüşümünü tekrar merkeze taşımıştır. Bu bağlamda, Türkiye'nin net sıfır emisyon hedefi hem enerji arz güvenliğinin, hem de enerjiye ekonomik erişimin sağlanması adına tamamlayıcı bir etmen olarak düşünülebilir. Net sıfır emisyon hedefine ulaşılması için Türkiye elektrik sektörü başta olmak üzere, ekonominin tüm sektörlerinde köklü bir dönüşümün meydana gelmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, enerji dönüşümünün temelinde bulunan yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve elektrifikasyon yatırımlarının ise hızlandırılması kritik bir öneme sahiptir.

Elektrik sisteminin karbonsuzlaşması ve akabinde son kullanım alanlarında elektrifikasyonun artırılması diğer sektörlerin de karbondan arındırılmasını kolaylaştırıcı bir etki yaratacaktır. Özellikle ulaştırma sektörü ve binalarda elektrifikasyonun artması kritik olacaktır. Bununla birlikte, elektrifikasyon potansiyelinin daha az olduğu sanayi gibi sektörlerde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen yeşil hidrojen ve türevlerinin kullanılması kritik bir öneme sahiptir. Kütlesel enerji yoğunluğu yüksek olan yeşil hidrojen, fosil yakıtların yoğunlukla kullanıldığı sektörler için alternatif bir yakıt olarak kullanılabilmektedir. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin olan Türkiye'nin yerli olarak üreteceği yeşil hidrojeni öncelikle yurt içi talebin karşılanması için kullanacağı değerlendirilebilir. Yurt içi ihtiyaç fazlasının diğer ülkelere ihraç edilerek ekonomik fayda sağlanması, hidrojen ticareti ve ekosistemi için bir kaldıraç etkisi yaratabilir. Gerek elektrik sektörünün gerekse enerjiyi yoğun tüketen son kullanım sektörlerinin doğrudan ve dolaylı elektrifikasyon ile karbonsuzlaşması ise yenilenebilir enerji kaynaklarının azami ölçüde kullanılması ile mümkün olacaktır. Bu noktada, Türkiye'nin sahip olduğu büyük yenilenebilir enerji potansiyelini avantaja çevirmesi ve bu alandaki yatırımları hızlandıracak adımlar atması son derece önemli olacaktır.

Bütün bu gelişmelerin yanısıra bu raporun hazırlandığı sırada yaşadığımız deprem ve sel felaketleri, doğal afetler sonrasında enerji temininin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha göstermiştir. Bu konu, Türkiye'nin bir deprem ülkesi olmasının yanısıra, iklim değişikliği nedeniyle doğal afetlerin etkisi ve sıklığının artmasıyla giderek daha çok önem kazanmaktadır. Hem Kahramanmaraş depremi hem de daha önce yaşadığımız diğer depremler ve doğal afetlerdeki acı sonuçlar Türkiye'nin birçok şehrinde depreme ve doğal afetlere dayanıklı yeni bir yapılanma ve şehirleşme olması gerektiğini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Afet sonrası dönemde arama kurtarma çalışmaları başta olmak üzere, diğer tüm ihtiyaçlar için elektrik temininin sürdürülebilir olması hayati önem taşımaktadır. Dolayısıyla deprem felaketi ve diğer tüm afetlere karşı elektrik sistemimizin daha dayanıklı ve kararlı olması elzemdir. Bu bağlamda, afet sonrasında elektriğin sürdürülebilir olarak sağlanması ve elektrik sistemimizin herhangi bir noktasında oluşan olumsuzluğun diğer noktalara etki etmemesini ya da asgari etki etmesini sağlayabilmemiz kritik olacaktır. Türkiye mevcut elektrik üretimi kurulu gücünün yaklaşık %24'ünü (24.476 MW) kapsayan[71] ve etkisinin 11 ilde hissedildiği depremlerden sonra elektrik üretim santrallerinde büyük hasarlar meydana gelmemiş

[71] SBB. (2023). 2023 Kahramanmaraş ve Hatay depremleri raporu. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/2023-Kahramanmaras-ve-Hatay-Depremleri-Raporu.pdf

olmasına rağmen, bölgede elektrik temini sorunları gözlemlenmiştir. Türkiye elektrik sistemi genel itibarıyla geleneksel bir sistem yapısına (üretim-iletim-dağıtım-son kullanıcı) sahiptir. İnşa edilecek yeni yerleşimlerin, planlanan alanlarındaki coğrafyayla uyumlu bir şekilde, depreme dayanıklı yapılarla desteklendikten sonra, akıllı ve mikro-şebekelerin kurulumu, yenilenebilir dağıtık enerji kaynaklarının kullanımı ve mobil enerji depolama sistemlerinin kullanılması ilk etapta üzerinde düşünülmesi gereken konular arasında yer alabilir.

Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı asgari düzeye indirebilmesi ve 2053 yılı net sıfır emisyon hedeflerine ulaşabilmesi için tüm paydaşların etkin katılımıyla uzun ve zorlu bir süreci gerçekleştirmesi gerekmektedir. Bu yolculukta Türkiye'nin enerji dönüşümünü merkeze alan politikalara ve stratejilere ihtiyacı olacaktır. Önümüzdeki süreçte enerji dönüşümünün hızlanması için geliştirilecek politika ve uygulamaların aşağıdaki hususları kapsaması önem taşımaktadır:

- Türkiye'nin kalkınma plan, politika ve stratejilerinin toplumsal refah odaklı, adil dönüşüm yaklaşımını merkeze alan bütünlüklü bir bakış açısıyla enerji dönüşümünü içermesi gerekmektedir. Dönüşümün finansmanına yönelik mekanizmaların da sürecin başında ve tüm aşamalarında planlamaya dahil edilmesi uygulanabilirlik açısından kritik önem taşımaktadır.
- Enerji dönüşümü ve net-sıfır hedeflerine ulaşmak için elektrik sektörünün öncü rol oynaması gerekmektedir. Bu doğrultuda tüm enerji sisteminin karbonsuzlaşması için yenilenebilir enerji, elektrifikasyon ve enerji verimliliği çerçevesindeki yatırımların zaman kaybetmeden yapılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda tüm sektörlerde enerjiyi en verimli şekilde kullanmanın yanı sıra daha yüksek teknolojili ve yüksek katma değerli ekonomik faaliyetlere öncelik vermek önem taşımaktadır.
- UEP kapsamında belirlenen 2035 yılı enerji hedeflerini ve 2053 yılı net sıfır karbon hedefini dikkate alan, kısa, orta ve uzun vadeli gerekli politikaları ve aksiyon planlarını içeren gelişim patikasının açıklanması yenilenebilir enerji yatırımcıları için öngörülebilirlik sağlayacaktır. 2023 yılı içinde açıklanması beklenen ve 2024-2030 dönemini kapsayacak II. UEVEP'in de bu perspektifle ele alınması önem taşımaktadır.
- Yürürlüğe giren düzenleme kapsamında güneş ve rüzgâr enerjisi santralleriyle bütünleşik olarak kurulacak batarya enerji depolama sistemlerinin, elektrik şebekesinin ihtiyaçlarını dikkate alarak yatırımcılar tarafından hayata geçirilmesini sağlayacak ikincil mevzuatın ve uygulama planlarının oluşturulması gereklidir.
- Hedeflenen yenilenebilir enerji kapasitelerinin devreye alınabilmesi için mevcut politikaların (YEKA vb.) gözden geçirilerek, ihtiyaç halinde yeni yaklaşım ve politikalarla yatırımların hızlanması ve gerçekleşmesine yönelik adımların atılması elzemdir.
- Yenilenebilir enerji kapasite artışlarının serbest piyasa koşullarında desteksiz ve teşviksiz bir şekilde hızlanmasını sağlayacak stratejilerin belirlenmesi önemlidir. Bu bağlamda, özel sektörde uzun dönemli Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları (YETA) modelini hızlandırmak için elektrik piyasası işleyişinde öngörülebilirliği ve şeffaflığı önceliklendiren iyileştirmelerin yapılması ve YETA'ların gelişimini engelleyen diğer bariyerlerin belirlenerek, çözümlenmesi gereklidir.
- Yenilenebilir dağıtık üretimin yaygınlaşabilmesi için enerji kooperatifleri ve sanal mahsuplaşma uygulamaları dahil olmak üzere yenilikçi iş modellerinin uygulanmasını kolaylaştıracak mevzuatların oluşturulması önerilmektedir.

- Kamu sektörünün aktif rol alarak, yenilenebilir yatırımların finansal getirilerinin yanı sıra toplumsal faydalarını da dikkate alan finansman ve teşvik yaklaşımlarının geliştirilmesinde öncü olması önem taşımaktadır.
- Yeşil hidrojen üretiminde kullanılacak yenilenebilir enerji kaynaklarının planlanması ve eklenebilirlik (additionality) prensibi dikkate alınarak gerekli mevzuatın oluşturulması önerilmektedir.
- Yeşil hidrojenin öncelikli kullanılacağı sektörlerin belirlenmesi ve olası uygulamalar ve destekler için bütüncül bir plan oluşturulması önemli olacaktır.
- Sistem esnekliğinin artırılmasında, enerji depolama sistemleri ve talep tarafı katılımı önemli bir rol oynayacaktır. Enerji depolama teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşması ve talep tarafı katılımı için uzun vadeli stratejilerin ve hedeflerin oluşturulması büyük öneme sahiptir.
- Dijitalleşme, devam eden enerji dönüşümü sürecinde önemli bir kolaylaştırıcıdır. Dijitalleşmenin enerji sistemi değer zincirinde kullanılmasını sağlayacak düzenleme ve uygulamalara ihtiyaç olacaktır.

NOTLAR

İstanbul Politikalar Merkezi

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

European Climate Foundation

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

Agora Energiewende

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



SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

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

SHURA Kurucu Ortakları:

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

European Climate Foundation

Agora Energiewende

/company/shura @shuraedm SHURAEDM