

SHURA
Enerji Dönüşümü Merkezi

Net Sıfır 2053:
Enerji Sektörü için Politikalar

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
Hasan Aksoy, Sena Serhadlıoğlu (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi), Ersin Merdan, Fatma Yaren Öztürk, Kerim Gökşin Bavbek (APlus Enerji), Bram Claeys (RAP)

Teşekkürler
Raporun hazırlanma sürecinde sağlamış oldukları değerli geri bildirimleri için SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi Direktörü Alkım Bağ Güllü'ye teşekkür ederiz. Rapor kapsamında değerli görüş ve yorumlarını paylaşan Dr. Muhsin Mazman (T-Dinamik), Gülay Dinçel (İktisatçı/Kıdemli Danışman), Ozan Korkmaz, Volkan Yiğit (Aplus Enerji) ve Kıdemli Enerji Analisti Yael Taranto'ya (SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi) teşekkür ederiz. Ayrıca raporun hazırlanmasında yardımcı olan Serkan Sargın ve Emirhan Yıldırım'a (Aplus Enerji) teşekkür ederiz. Haziran 2023 tarihinde yürütülen ve raporun ilk çıktılarının paylaşıldığı paydaş toplantısına katılan değerli paydaşlarımız Abdullah Korkmaz, Meriç Aydın, Taha Taşdemir, Tamer Emre (EPİAŞ), Ahmet Hatipoğlu (TotalEnergies), Alper Kalaycı (ENSİA), Anıl Şimşek (ETKB), Bengisu Özenç (SEFİA), Bengü Akyürek, Fatih Özyer, İpek Tetik, Melih Ayaz, Özlem Gülay (ÇŞİDB), Can Hakyemez (TSKB), Can Tezcan (EBRD), Cenap Kuloğlu (LCF Kuloğlu), Gamze Soylu, Ömer Doğan (EÜD), Nurşen Numanoğlu (TÜSİAD), Okan Yardımcı, Zafer Korkulu (EPDK), Övgü Gençer (Polat Enerji), Özgür Sarhan (World Bank), Özlem Katısöz (CAN Europe), Ümit Çalıkoğlu, Serenay Taşkın, Y. Çağrı Veyisoğlu (ETKB-EVÇED), Ümit Şahin (İPM), Y. Bahadır Turhan (Solar3GW) ve Yalçın Altuntaş'a (Borusan EnBW) kıymetli katılımları ve yorumları için teşekkür ederiz. Bu süreçte sağlanmış tüm değerli inceleme, geri bildirim ve görüşler için teşekkür ederiz.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, bu rapor için ECF tarafından sağlanan cömert finansmana müteşekkirdir.

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

Tasarım
Tasarımhane Tanıtım Ltd. Şti.

Telif Hakkı © 2023 Sabancı Üniversitesi

ISBN 978-625-6956-20-9

Sorumluluk Reddi
Bu rapor ve içeriği, çalışma kapsamında göz önünde bulundurulan kabuller ve 2023 Haziran ayı 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.

APLUS | ENERJİ

Net Sıfır 2053:
Enerji Sektörü için Politikalar





İÇİNDEKİLER

Şekiller Listesi 4

Tablolar Listesi 5

Kısaltmalar Listesi 5

Ana Mesajlar 8

Yönetici Özeti 9

1. Giriş 23

2. Türkiye'de Enerji Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları ve Uzun Dönemli Hedefler 27
   2.1. Türkiye'nin Ulusal Katkı Beyanı Hedefleri ve Tarihsel Sera Gazı Gelişimi 27
      2.1.1. Elektrik Üretim Sektörü 29
      2.1.2. Sanayi Sektörü 31
      2.1.3. Konutlar 32
      2.1.4. Üçüncül Sektörler (Hizmetler ve Tarım Sektörleri) 34
      2.1.5. Ulaştırma Sektörü 34
   2.2. Sektörel Büyüme Projeksiyonları ve SHURA Net Sıfır 2053 Yol Haritasına Genel Bakış 36
      2.2.1. Net Sıfır 2053 Çalışmasında Değerlendirilen Temel Piyasa Koşulları 36
      2.2.2. Son Kullanım Sektörlerinde Enerji Talebi Gelişimi ve Varsayımlar 37
      2.2.3. Elektrik Sektöründeki Gelişmeler 40

3. Ulusal piyasa uygulamaları ve çerçeve politikalar 43
   3.1. Mevcut Piyasa Uygulamaları 43
      3.1.1. Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Uygulamalar 43
      3.1.2. Enerji Sektöründe Uygulanan Sübvansiyonlar 45
   3.2. Ulusal Çerçeve Politikaları, Mekanizmalar ve Yol Haritaları 47
      3.2.1. Karbon Fiyat Mekanizması 47
      3.2.2. Yeşil Mutabakat Eylem Planı 47
      3.2.3. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 48
      3.2.4. Türkiye Ulusal Enerji Planı 49
      3.2.5. Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası 50
      3.2.6. Orta Vadeli Program ve 12. Kalkınma Planı Kapsamında Enerji Sektörü 52
   3.3. Elektrik Sektöründe İyileştirmeye Açık Alanlar 53

4. Küresel İklim Politikaları ve Uluslararası İyi Uygulamalar 57
   4.1. Uluslararası Emisyon Azaltım Hedefleri 59
   4.2. Kapsayıcı Uluslararası Politikalar 65
      4.2.1. Avrupa Birliği Politika Çerçevesi - Fit for 55 66
      4.2.2. Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması 68
      4.2.3. REPowerEU Planı 68
      4.2.4. Avrupa Elektrik Piyasası Reformu 69
      4.2.5. Net Sıfır Sanayi Yasası ve Kritik Hammaddeler Yasası 70
      4.2.6. Yenilenebilir Enerji Yönergesi 71
      4.2.7. Amerika Birleşik Devletleri - Enflasyon Düşürme Yasası 72
   4.3. Uluslararası İyi Uygulamalar 73

5. Politika Önerileri 79
5.1. Elektrik Sektörü 79
5.1.1. Toptan Elektrik Piyasası Tasarımı 79
5.1.2. Karbon Fiyatlandırması 80
5.1.3. Yenilenebilir Enerji 82
5.1.4. Enerji Depolama 86
5.1.5. Talep Tarafı Katılımı 88
5.1.6. Elektriğin Form Değiştirmesini Sağlayan (Power-to-X) Teknolojiler 89
5.1.7. İletim Şebekesi ve Enterkonneksiyonlar 90
5.1.8 . Dağıtım Sistemi ve Dijitalleşme 90
5.2. Son Kullanım Sektörleri 91
5.2.1. Sanayi 92
5.2.2 Konutlar 95
5.2.3. Üçüncül Sektörler (Hizmet ve Tarım) 96
5.2.4. Ulaştırma 97

6. Genel Değerlendirmeler 101

Kaynakça 110

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 2030 yılı için belirlenmiş emisyon azaltım hedefleri 27
Şekil 2. Türkiye'de sektörel bazda sera gazı emisyonları ($MtCO_2e$) 1990-2021 28
Şekil 3. Gaz türüne göre sera gazı emisyonları ($MtCO_2e$) 1990-2021 29
Şekil 4. Kapsam 1.A.1.a kapsamında elektrik üretimi kaynaklı CO_2 emisyonları (2015-2021) 30
Şekil 5. Haziran 2023 tarihi itibarıyla kaynak bazında toplam kurulu güç (GW) ve toplam elektrik üretimi (TWh) 31
Şekil 6. 2021 yılı için imalat ve inşaat sektörlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının sektörel dağılımı (Mt CO_2e) 31
Şekil 7. 2021 yılı sanayide yakıt türüne göre enerji tüketimi (bin tep) 32
Şekil 8. 1990 – 2021 yılları arasında konutlardaki CO_2 ve sera gazı emisyon değerleri (Mt CO_2e) 33
Şekil 9. 2021 yılında yakıt türüne göre konutlarda enerji tüketimi (bin tep) 33
Şekil 10. 2021 yılında üçüncül sektörlerin kaynaklara göre enerji tüketimi (bin tep) 34
Şekil 11. 1990 – 2021 yılları arasında ulaşım sektöründeki CO_2 ve sera gazı emisyon değişimi (Mt CO_2e) 35
Şekil 12. 2021 yılı ulaşım sektöründe ulaşım modlarına (sol) ve yakıt bazında toplam enerji tüketiminin payları (sağ) 35
Şekil 13. Son kullanım sektörlerine göre toplam enerji talebi (2020-2055) 37
Şekil 14. Toplam elektrik tüketimi (2020 - 2055) 41
Şekil 15. 2020 – 2055 yılları arasında teknoloji bazında kurulu güç kapasiteleri ve brüt kapasite gelişimi 41
Şekil 16. Mevcut durumda uygulanan yenilenebilir enerji uygulamaları 45
Şekil 17. Doğalgaz tarifelerinde sübvansiyonlar 46

Şekil 18. Aktif enerji bedeli ve ortalama Piyasa Takas Fiyatı (PTF) karşılaştırması 46
Şekil 19. Ülkelerin net sıfır emisyon hedef durumları (sol) ve net sıfır emisyon hedefi koymuş ülkelerin küresel emisyonlardaki payları (sağ) 57
Şekil 20. Ülkelerin elektrik üretiminde kömür kullanımı, tahmini emisyon zirve yılları, kömürden çıkış hedefleri ve net sıfır emisyon hedefleri 58
Şekil 21. 2021 yılı küresel sera gazı emisyonlarının fosil kaynak bazında dağılımı 58
Şekil 22. Ülkelerin hedefledikleri kömürden çıkış tarihleri 59
Şekil 23. Fit for-55 Paketi ana başlıkları 67

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Elektrik sektörü politika alanları ve önerileri özet tablosu 14
Tablo 2. Son kullanım sektörlerinde sektör bazında temel stratejiler ve özet politika önerileri 18
Tablo 3. Türkiye Ulusal Enerji Planı (UEP) hedefleri 49
Tablo 4. Elektrik sektöründe iyileştirilebilecek alanlar 54
Tablo 5. Uluslararası sera gazı emisyon azaltım hedefleri 60
Tablo 6. Son kullanım sektörlerinde sektörel bazda uygulanabilecek temel stratejiler 91
Tablo 7. Elektrik sektörü politika alanları ve önerileri özet tablosu 102
Tablo 8. Son kullanım sektörlerinde sektör bazında temel stratejiler ve özet politika önerileri 106

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABD$/kgH	Birim kilogram hidrojen başına ABD Doları
AR-GE	Araştırma – Geliştirme
BaU	Olağan Durum Senaryosu (Business as Usual)
BM	Birleşmiş Milletler
BSMV	Banka ve Sigorta Muamele Vergisi
CCGT	Doğalgaz çevrim santrali (Combined Cycle Gas Turbine)
CCUS	Karbon yakalama, kullanma ve depolama (Carbon Capture, Utilization and Storage)
CO_2	Karbondioksit
COP	Performans katsayısı (Coefficient of Performance)
COP21	21. Birleşmiş Milletler Taraflar Konferansı
COP27	27. Birleşmiş Milletler Taraflar Konferansı
°C	Santigrat derece
ÇŞİDB	T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DG ENER	Avrupa Komisyonu Enerji Genel Müdürlüğü (Directorate General for Energy)
DGP	Dengeleme Güç Piyasası
DRES	Deniz üstü rüzgâr enerji santralleri
DSO	Dağıtım Sistemi Operatörü (Distribution System Operator)

EaaS	Hizmet olarak enerji (Energy as a Service)
ECF	Avrupa İklim Vakfı (European Climate Foundation)
ETS	Emisyon Ticareti Sistemi (Emissions Trading System)
ETKB	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EU ETS	Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (European Union Emissions Trading System)
EUR/tCO_2e	Birim ton karbondioksit eşdeğeri başına EUR
EV	Elektrikli araçlar (Electric Vehicles)
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GHG	Sera gazı (Greenhouse Gas)
GİP	Gün İçi Piyasası
GÖP	Gün Öncesi Piyasası
GW	Gigavat
GWh	Gigavat-saat
HDV	Ağır hizmet araçları (Heavy Duty Vehicles)
INDC	Ulusal Katkı Niyet Beyanı (Intended Nationally Determined Contributions)
IPPU	Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı (Industrial Processes and Product Use)
km	Kilometre
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
kW	Kilovat
LCOE	Seviyelendirilmiş elektrik maliyetleri (Levelised Cost of Electricity)
LDV	Hafif hizmet araçları (Light Duty Vehicles)
MPS	Deniz Mekânsal Planları (Marine Spatial Plan)
Mt	Milyon ton
Mt CO_2e	Milyon ton karbondioksit eşdeğeri
Mtep	Milyon ton eşdeğer petrol
MW	Megavat
MWh	Megavat-saat
NDC	Ulusal Katkı Beyanı (Nationally Determined Contributions)
NZIA	Net Sıfır Sanayi Yasası (Net Zero Industrial Act)
nSEB	Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)
PFK	Primer Frekans Kontrolü
PMR	Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı (Partnership for Market Readiness)
PPCA	Kömür Kullanımının Azaltılması İttifakı (Powering Past Coal Alliance)
PTF	Piyasa Takas Fiyatı
PV	Fotovoltaik
RES	Rüzgâr Enerji Santrali
SFK	Sekonder Frekans Kontrolü
SKDM	Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)
STK	Sivil toplum kuruluşları
TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi
Tep	Ton eşdeğer petrol
TL	Türk Lirası
TL/tcm	Bin metreküp başına Türk Lirası

TOGG	Türkiye'nin Otomobil Girişim Grubu
TSO	İletim sistemi operatörü (Transmission System Operator)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TWh	Teravat saat
UEP	Ulusal Enerji Planı
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change)
UEVEP	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
V2G	Araçtan şebekeye (Vehicle to Grid)
VPL	Sanal Güç Hatları (Virtual Power Lines)
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
YEK-G	Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Sistemi
VoLL	Kayıp yük değeri (Value of Lost Load)
YETA	Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşması

Ana Mesajlar

- İklim değişikliği ile mücadele kapsamında enerji dönüşümünün gerçekleşmesine yardımcı olabilecek politikalar ve uygulamalar; karbon fiyatlaması, yenilenebilir enerji teşvikleri, enerji verimliliği destekleri ve standartları, elektrifikasyonu artıracak stratejiler, elektrik piyasası ve sistemine yönelik düzenlemeler ile sistem esnekliğini artırıcı teknolojiler gibi çeşitli seçenekleri içermektedir. Türkiye'de enerji dönüşümünün ve tüm ekonominin karbonsuzlaşmasının etkin ve daha az maliyetli gerçekleşebilmesi için uygulanabilecek politikaların tüm sektörlere olan etkilerinin analiz edilerek bütüncül olarak değerlendirilmesi ve doğru bir bileşimin oluşturulması kritik olacaktır.
- Yenilenebilir enerji, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılması ve net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçişi sağlayacak en önemli bileşenlerindendir. Değişken üretime sahip rüzgâr ve güneş enerji santrallerinin elektrik sistemine entegrasyonunu hızlandırmak ve artırmak için elektrik piyasalarında çeşitli iyileştirmelere ihtiyaç vardır. Bu iyileştirmelerin bazıları; Gün İçi Piyasası'nda (GİP) kapı kapanış sürelerinin gerçek zamana yaklaştırılması, kapasite mekanizmalarında temiz ve esnek kaynakların önceliklendirilmesi, asgari ve azami fiyat limitlerinin sistem maliyetlerini yansıtacak şekilde belirlenmesi, negatif fiyatların oluşmasına imkan tanınması ve azami fiyatın kayıp yük değerine (VoLL) göre belirlenmesidir.
- Türkiye'de enerji tüketiminin en yüksek olduğu sektör olan sanayi kaynaklı emisyonların azaltılması ve enerji yoğunluğunun düşürülmesinde, mevcut sanayi kompozisyonun Türkiye'nin kalkınma planları doğrultusunda katma değeri yüksek ve karbon yoğunluğu düşük ürün ve proseslere geçişi sağlayacak şekilde planlanması elzemdir. Karbon fiyatlandırma mekanizmaları sanayi kaynaklı sera gazı emisyonlarının oluşmasını sınırlandırabilir. Bu uygulamalarla birlikte, sanayide elektrifikasyon, enerji verimliliği ve kaynak verimliliği uygulamalarının azami seviyelerde kullanılmasını sağlayacak düzenlemelere de ihtiyaç duyulacaktır. Elektrifikasyonun mümkün olmadığı karbonsuzlaşması zor alt sanayi sektörlerinde kademeli olarak yeşil hidrojen gibi temiz sentetik yakıtların kullanımını sağlayacak teşvik ve destek stratejilerinin oluştulması önemli bir rol oynayacaktır.
- Ulaştırma sektöründe, elektrifikasyonun artırılmasını ve yeşil hidrojen gibi temiz sentetik yakıtlara geçişi teşvik edecek politikaların oluşturulması önemli olacaktır. Ulaştırma sektöründe emisyon azaltımı için karayolu taşımacılığının ağırlığının azaltılarak düşük karbonlu alternatifler olan demiryolu ve denizyolu taşımaclılığı paylarının artırılması sağlanabilir. Bu bağlamda, düşük karbonlu taşıma modlarının teşviki ile beraber karayolu taşımacılığının optimizasyonuna yönelik önlem ve yaptırımlar değerlendirilebilir.
- Net sıfır emisyon hedefine ulaşılmasında, önerilen politikaların kısa/orta/uzun vadelerde farklı dönem ve farklı uygulamalar bağlamında işlerlik kazanması gerekecektir. Bu doğrultuda, enerji dönüşümünü gerçekleştirecek politikaların belirlenmesi ve uygulanması için karar verme gücüne sahip, iklim değişikliği konularına bütüncül bir yaklaşım getirerek kapsamlı bir koordinasyon sağlayacak, mevcut ve gelecek fonların doğru yönetimi ve dağıtımı için etkili uygulamalar yapabilecek tüm sektör paydaşlarını kapsayan kurumlar üstü bir "koordinasyon kurulu" yapısının oluşturulması önerilmektedir.

Yönetici Özeti

İklim değişikliğinin toplumlar ve yerküre üzerindeki endişe verici olumsuz etkileri düşük karbonlu bir ekonomik sisteme geçişi zorunlu kılmaktadır. İklim krizinin olumsuz etkilerinin azaltılması amacı ile Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamında 2015 yılında ülkelerin imzasına açılan ve 2016 yılında yürürlüğe giren Paris Anlaşması, insan kaynaklı sera gazı salımlarının neden olduğu küresel sıcaklık artışını, sanayileşme öncesi döneme kıyasla 2 santigrat derece (°C) ile sınırlamayı hedeflemekte ve bu konuda 1,5 °C'yi yakalamanın önemine dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda Türkiye dahil pek çok ülke, bu yüzyıl ortasına kadar net sıfır emisyonlu bir ekonomiye ulaşma taahhüdünde bulunmuştur.

İklim değişikliği ile ilgili tartışmalar, sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağı olan enerji sektöründe dönüşüm hızının artması ihtiyacına odaklanmaktadır. Bu ihtiyacın arkasında küresel emisyonların yaklaşık dörtte üçünün enerji sektöründen kaynaklandığı gerçeği yatmaktadır.

Enerji dönüşümünün gelişiminde, uluslararası anlaşmaların yanı sıra küresel ve bölgesel gelişmeler de belirleyici olmuştur. Özellikle 2019 yılında başlayan ve etkisi 2020 yılında derinleşen Covid-19 salgını ve salgınla mücadele kapsamında alınmış uluslararası tedbirler, ülke ekonomilerini sarsmış ve enerji tedarik zincirlerini etkilemiştir. Birincil enerji fiyatlarında önemli artışlara neden olan enerji krizi, 2022 yılında başlayan Rusya-Ukrayna savaşı ile daha da derinleşmiş ve fiyat artışlarının yanı sıra Rusya'nın Avrupa'ya doğal gaz akışını kesmesi ile baş gösteren enerji arz güvenliği sorunları fosil yakıt ithalatına bağımlı mevcut enerji sistemlerinin ne denli kırılgan olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu gelişmelerle birlikte enerji dönüşümünün aciliyeti, iklim değişikliği ile mücadelenin yanı sıra, enerjiye ekonomik erişim ve enerjide arz güvenliği sağlanması bağlamında da öne çıkmıştır.

Fosil yakıtlardan temiz teknolojilere doğru yaşanan enerji dönüşümünün ana unsurları enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve temiz elektrifikasyondur. Bunlarla birlikte, ekonominin net sıfır emisyon hedefine ulaşmasında teknolojinin itici gücü önemli bir pay sahibidir. Yenilikçi teknolojilerin gelişimi, bu dönüşümün başarısını ve hızını belirleyecek temel etkenlerden biri olacaktır. Örneğin, yeşil hidrojen ve temiz sentetik yakıtların (e-yakıt) üretimi için devam eden çalışmaların, önümüzdeki dönemde yüksek proses ısısı gerektiren ve karbonsuzlaşması zor olan sektörlerin karbondan arındırılmasında önemli katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Küresel çapta yürütülen iklim değişikliğiyle mücadele faaliyetleriyle ve enerji dönüşümüyle uyumlu olarak Türkiye, 2021 yılı Temmuz ayında sürdürülebilir ve döngüsel bir ekonomiye geçişi hedefleyen Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nı açıklamıştır. Ekim 2021 tarihinde ise Türkiye, Paris Anlaşması'na taraf olmuş ve akabinde 2053 yılının sonuna kadar net sıfır emisyonlu bir ekonomiye ulaşmayı taahhüt etmiştir.

Yayımlanan son verilere göre Türkiye, 2021 yılında toplam 564,4 milyon ton karbondioksit eşdeğeri (mt CO_2e) emisyon salımı gerçekleştirmiştir. 2021 yılı toplam sera gazı emisyonunun 2020 yılına göre %7,7; 1990 emisyon seviyelerine göre ise %157,1 daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.[1] Enerji sektörü, 2021 yılı toplam sera gazı emisyonlarının %71,3'lük kısmına, toplam karbondioksit (CO_2) emisyonlarının ise %85,2'sine neden olmaktadır. Enerji sektörü kaynaklı karbon emisyonlarında en büyük

[1] https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2021-49672

pay (%40,9) ise elektrik ve ısı üretiminden kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye elektrik sektörünün diğer sektörlerden önce karbonsuzlaşarak enerji dönüşümünde öncülük etmesi büyük önem taşımaktadır.

Son 20 yılda elektrik sektöründe gerçekleştirilmiş reformlar ve düzenlemeler ile birlikte Türkiye, elektrik sektörünün karbonsuzlaşması kapsamında önemli adımlar atmıştır. Elektrik sektörünün özelleştirilmesiyle özel sektör yatırımcıları elektrik üretim ve dağıtım faaliyetleri yürütebilmektedirler. Bu reformlara ek olarak, yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmesi ve maliyetlerin düşmesi bu yatırımlara olan ilgiyi artırmış ve sağlanan finansal teşviklerle yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'deki kapasitesi hızla artmıştır. 2023 yılının ilk yarısında yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi toplam kurulu kapasitenin %54,4'ünü; yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik ise toplam elektrik üretiminin %44,6'sını oluşturmuştur.

Yaşanan küresel gelişmeler, enerji arz güvenliği ve iklim hedefleri doğrultusunda, SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, 2023 yılında yayımladığı "Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü için Yol Haritası" çalışması, Türkiye'nin ekonomik büyüme ve refahından vazgeçmeden 2053 yılında iklim hedeflerine ulaşabileceğini göstermektedir. Elektrik sektörünü odağa alarak yapılan ve 2053 yılında net sıfır bir ekonomiye geçişin sayısal olarak modellendiği bu çalışmada, 2053 yılında toplam elektrik talebinin 982 teravat saat (TWh) seviyesine çıkacağı ve bu talebin %90'ına yakınının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacağı analiz edilmiştir. Projeksiyonlarda, üretimin yüksek katma değerli ve daha az enerji yoğun sektör ve ürünlere kayacağı varsayımı ile toplam enerji talebinin artan ekonomik faaliyetle paralel olarak 2030 yılına kadar yükseleceği öngörülmüştür. 2030 yılından sonra hız kazanan enerji dönüşümü ile artan elektrifikasyon ve enerji verimliliği toplam enerji talebinde düşüşe neden olmaktadır. Böylelikle, 2053 yılı toplam enerji talebi 2020 yılı seviyelerine gerilemektedir.

Yapılan modelleme çalışması kapsamında Türkiye'de enerji dönüşümünü destekleyecek piyasa koşullarının sağlandığı varsayılmıştır. Enerji dönüşümünü hızlandıracak piyasa koşullarının oluşması ancak bu dönüşümü merkezine alacak politikalarla mümkün olacaktır. Bu doğrultuda, Avrupa Birliği (AB) başta olmak üzere, Paris Anlaşması'na taraf ülkelerin büyük kısmı enerji dönüşümünü ve iklim krizi ile mücadeleyi merkeze alarak, elektrik sektörü başta olmak üzere, ekonominin tüm sektörlerinde çeşitli çerçeve politikalar oluşturmaktadır.

AB, Avrupa'nın dünyadaki ilk iklim-nötr kıta olmasını hedeflemektedir ve hem birlik kapsamında hem de üye ülkelerin kendi iklim politikalarını oluşturma konusunda öncü bir rol üstlenmiştir. AB'nin yürürlüğe aldığı çerçeve politikalardaki temel hedefler:

- enterkonnekte Avrupa enerji piyasasının oluşumu,
- ekonomik ve güvenli enerji tedariği,
- yenilenebilir enerji kapasite ve üretimlerinin yüksek paya sahip olduğu elektrik sektörü

olarak özetlenebilir. Avrupa Komisyonu ve Avrupa Birliği'nin net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda yayımladığı temel kapsayıcı politikalar:

- Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal)
- 55'e Uyum Paketi (Fit for 55)
- Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)

- Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (EU Emissions Trading System, EU ETS)
- REPowerEU Planı,
- Avrupa Elektrik Piyasası Reformu (Electricity Market Design)
- Net Sıfır Sanayi Yasası ve Kritik Hammaddeler Yasası (Net Zero Industrial Act and Critical Raw Materials Act)
- Yenilenebilir Enerji Yönergesi (Renewable Energy Directive)

şeklinde özetlenebilir. Belirlenen kapsayıcı politika çerçeveleri, AB'nin iklim hedefleri doğrultusunda şekillenmekte ve küresel gelişmelerle güncellenmektedir. Bu politikalar, AB ile güçlü ekonomik ve ticari bağları olan ülkeler için de önemli sonuçlar doğurmaktadır. Örneğin, iklim değişikliği ile mücadele çabasının artırılmasının yanı sıra yeşil dönüşümün yaratacağı maliyet karşısında Avrupa'nın rekabetçiliğinin korunmasını hedefleyen Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) ile Avrupa'ya ithal edilecek bazı ürünlerin AB Emisyon Ticaret Sistemi'ne (ETS) bağlı bir karbon vergisine tabi olması söz konusudur.

Bununla birlikte, etkilerini günümüzde de sürdürmekte olan enerji krizi ve bölgesel jeopolitik gelişmeler kapsamında yeni çerçeve politikaları da düzenlenmektedir. Mayıs 2022 tarihinde Avrupa Komisyonu tarafından duyurulan REPowerEU Planı, enerji tedarik zincirindeki aksamalar nedeniyle AB'nin enerji tedariğinin çeşitlendirilmesi, enerji tasarrufu ve temiz enerji üretiminin desteklenmesi yolu ile AB'nin Rusya'ya olan enerji ithalat bağımlılığını sona erdirmeyi hedeflemektedir.[2] REPowerEU Planı temel olarak elektrik üretimi, sanayi, binalar ve ulaşım sektörlerinde yenilenebilir enerji kullanımını çok geniş ölçekte artırmayı hedeflemektedir. REPowerEU Plan'ı, 55'e Uyum Paketi kapsamındaki önerilerin uygulanmasına dayanmakta ve 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kurulu kapasitesinin payını, 55'e Uyum Paketi'nde belirlenen %40 seviyesinden %45'e yükseltmeyi önermektedir.

Avrupa Komisyonu Enerji Genel Müdürlüğü'ne (Directorate General for Energy, DG ENER) göre AB'de entegre bir enerji piyasasının oluşturulması güvenli, sürdürülebilir ve ekonomik enerji arzı sağlamak için en maliyet etkin yollardan biridir.[3] 2022 yılında Avrupa'da gözlemlenen yüksek ve istikrarsız elektrik piyasası fiyatlarının yanı sıra, enerji arz güvenliğine ilişkin endişeler, Avrupa Komisyonu'nu elektrik piyasası dizaynına ilişkin kuralları güncellemek ve toptan enerji piyasasında, piyasa manipülasyonlarına karşı AB'nin korunmasını sağlamak için harekete geçirmiştir. Avrupa Komisyonu'nun Mart 2023 tarihinde sunduğu elektrik piyasası reform teklifinin temel hedefleri, tüketicileri oluşan kısa dönemli yüksek fiyatlara karşı daha iyi korumak, güneş ve rüzgâr enerji santrallerinin sisteme entegrasyonunu hızlandırmak, elektrik piyasasının manipülasyonlara karşı korunmasını sağlamak ve enerji maliyet istikrarı ile öngörülebilirliğini artırmaktır. Bu hedefler doğrultusunda AB elektrik piyasası daha rekabetçi ve güvenli bir piyasa şeklinde tasarlanabilecektir. Sunulan teklif çerçevesinde önerilen piyasa araçları arasında, yenilenebilir enerji tedarik anlaşması (YETA – Renewable PPA) gibi daha uzun vadeli sözleşmeler ve İki Yönlü Fark Sözleşmeleri (Two-sided Contract for Difference[4]) şeklinde yapılandırılmış yatırım destekleri yer almaktadır.

Elektrik Piyasası Reformu'nun yanı sıra açıklanan Net Sıfır Sanayi Yasası ve teklif edilen Avrupa Kritik Hammaddeler Yasası ile enerji dönüşümü açısından kritik öneme sahip

[2] Avrupa Komisyonu. (2022) https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en
[3] Avrupa Komisyonu. (2023) https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/market-legislation/electricity-market-design_en
[4] Fark Sözleşmeleri (CfD), bir dayanak varlığın fiyatının üzerinde mutabık kalınan kullanım fiyatının altında olması halinde alıcıdan satıcıya ödeme yapılmasını ve aksi durumda ters ödeme yapılmasını öngören çift taraflı finansal sözleşmelerdir.

olan ürün ve hammaddelerin ithalatını azaltmak için bir AB çerçevesi oluşturulmuştur. Önerilen mevzuat, ekonominin tüm sektörlerinde karbonsuzlaşmaya hizmet edecek enerji teknolojilerinin bileşenlerini ele almaktadır. Kritik Hammaddeler Yasası'nın "Ekler" bölümünde tanımlanan stratejik hammaddelerin değer zinciri boyunca işleme kapasitesinin artırılması ve yıllık stratejik hammadde tüketiminin en az %40'ının üretilebilmesi gerekmektedir. Belirlenen bu stratejik hammaddeler için özel teşvik destekleri de sağlanacaktır.

AB'nin temiz enerji kaynaklarına geçişini hızlandırma ihtiyacı ile birlikle Aralık 2018 tarihinde yürürlüğe giren ve Haziran 2021 tarihinden itibaren bağlayıcı olan "Yenilenebilir Enerji Yönergesi", jeopolitik gelişmeler doğrultusunda AB'nin fosil yakıt bağımlılığını azaltma ihtiyacının artması nedeniyle Ekim 2023 tarihinde revize edilmiştir. Genel hatlarıyla Yenilenebilir Enerji Yönergesi, AB ekonomisinin tüm sektörlerinde temiz enerji kaynaklarına geçiş ihtiyacına yönelik yasal bir çerçevedir (Avrupa Komisyonu, 2023d). Yönerge'de yapılan revizyonlar kapsamında en dikkat çekici noktalardan biri, yenilenebilir enerji projelerine yönelik uygulanması planlanan hızlandırılmış ve sadeleştirilmiş izin prosedürleridir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji projelerinin kamu yararı olan ve öncelikli projeler olarak değerlendirileceği anlaşılmaktadır. Yenilenebilir enerji entegrasyonunun düşük olduğu son kullanım sektörlerinde (örneğin ulaştırma, binalar ve sanayi), hedefler sektörel bazda güncellenmiştir.

Net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçiş sürecinde uygulamaya alınan AB politikaları ve politika araçları, Türkiye için de bir örnek teşkil etmektedir. Türkiye özellikle 2021 yılından itibaren çeşitli enerji ve iklim politikaları oluşturmuştur. Bunlar:

- Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nın yayımlanması (2021)
- Paris İklim Anlaşması'na taraf olunması (2021)
- 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi'nin beyan edilmesi (2021)
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) tarafından İklim Şurası'nın düzenlenmesi (2022)
- Mısır'da düzenlenen COP27 İklim Zirvesi'nde Ulusal Katkı Beyanı'nın açıklanması (2022)
- Ulusal Enerji Planı (UEP) ve Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası'nın yayımlanması (2023)

olarak özetlenebilir.

Özellikle Paris Anlaşması'na taraf olunması ve 2053 yılı net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda hızlanan çalışmalar kapsamında yakın dönemde Türkiye'nin İklim Kanunu'nu açıklaması da beklenmektedir. İklim değişikliği ile mücadele kapsamında orta vade için bir yol haritası sunması açısından Ulusal Enerji Planı (UEP) oldukça önemlidir. UEP, T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı'nın ekonomik büyüme tahminleriyle uyumlu olarak 2035 yılına kadar toplam enerji talebi projeksiyonlarını ve hedeflenen arz yönlü gelişmeyi detaylandırmaktadır. Bununla birlikte 2053 yılı için genel bir görünüm de sağlamaktadır. UEP'de dikkat çeken hususlardan biri, değişken üretime sahip güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme entegrasyon hızının artmasıdır. Plan'da, 2020 yılında birincil enerji tüketiminde fosil yakıtların %83,3 olan payının 2053 yılında %20,8 seviyesine düştüğü görülmektedir. Bununla birlikte yine 2023 yılında yayımlanan "Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası" ise Türkiye'nin 2053 yılı net sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda hidrojenin karbondan arındırılmış bir ekonomi içindeki

rolüne odaklanmaktadır. Bu doğrultuda, Türkiye'de yeşil hidrojen üretimi üzerine yürütülecek araştırma - geliştirme (AR-GE) ve uygulama programları ile yerli ve temiz hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik bir yol haritası sunulmaktadır. Son dönemde yayımlanan Orta Vadeli Program (2024 – 2026)[5] kapsamında yeşil dönüşüm; 12. Kalkınma Planı (2024 – 2028)[6] kapsamında ise yeşil ve dijital dönüşüm temaları değerlendirilmektedir. Türkiye'deki enerji dönüşümüne bütüncül bir yaklaşım sunacak bir diğer önemli politika hazırlığı ise yakın dönemde yayımlanması beklenen İkinci Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'dır (II. UEVEP). Enerji verimliliği konusu Türkiye'nin izlediği iklim ve enerji politikalarında ve kalkınma planlarında önceliklendirilmektedir (SHURA, 2023). Bu doğrultuda yeni Eylem Planı'nın 2024 – 2030 yılları arasında enerji verimliliği uygulamaları konusunda atılması gereken önemli adımları netleştirmesi beklenmektedir.

İklim değişikliği ile mücadele kapsamında ekonominin tüm sektörlerinde enerji dönüşümünün gerçekleşmesi kritik olup, bu doğrultuda tüm değer zincirinde köklü değişiklikler gerekecektir. Bu dönüşümün başarılı olabilmesi için politika ve düzenlemeler, teknolojik atılımlar ve toplumda kazanılmış tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi gibi pek çok farklı öğenin bütüncül olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Dünyada uygulanan iklim değişikliğiyle mücadele politikaları; karbon fiyatlaması, yenilenebilir enerji teşvikleri, enerji verimliliği destekleri ve standartları, elektrifikasyonu artıracak politikalar, elektrik sisteminde düzenlemeler ve esneklik artırıcı uygulamalar gibi pek çok seçeneği içermektedir. Enerji dönüşümü ve karbonsuzlaşma süreçlerinin daha hızlı ve daha az maliyetli olarak tamamlanabilmesi için bu geniş politika yelpazesi arasından doğru bir bileşimin oluşturulması elzemdir.

Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'de uygulanan güncel iklim ve enerji politikaları ile dünyadaki iyi uygulamalar gözetilerek, Türkiye'nin 2053 yılı net sıfır emisyon hedefine ulaşmasında ekonominin tüm sektörlerinde izlenebilecek çeşitli politika önerilerinin oluşturulmasıdır. Bu doğrultuda, diğer sektörlerden önce karbonsuzlaşması kritik olan ve enerji dönüşümüne öncülük edeceği düşünülen elektrik sektöründe iyileştirilebilecek alanlar belirlenmiş ve bu alanlara yönelik politika önerileri geliştirilmiştir. Bunun yanısıra enerjinin son kullanıldığı sektörlerin her biri için temel stratejiler ve uygulanabilir politika önerileri belirlenmiştir. Bahsi geçen uygulama ve politika önerileri kısa, orta ve uzun vadeli olarak aşağıda (Tablo 1 ve Tablo 2) özetlenmektedir;

[5] Resmi Gazete, 2023. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/09/20230906M1-1.pdf
[6] T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/11/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028.pdf

Tablo 1: *Elektrik sektörü politika alanları ve önerileri özet tablosu*

Politika Alanları	Özet Politika Önerileri	Kısa Vade (2023 - 2025)	Orta Vade (2026-2035)	Uzun Vade (2036-2053)
Toptan elektrik piyasası tasarımı	Sistem esnekliğinin artırılması için Kapasite Mekanizması'na çeşitli teknik standartların getirilmesi ve fosil yakıtlara olan desteklerin kademeli olarak kaldırılması			
	DGP ve dengesizlik cezalarının sistem esnekliğini teşvik edecek şekilde düzenlenmesi			
	Piyasa fiyatlarının sistem maliyetlerini yansıtacak şekilde düzenlenmesi			
	Asgari ve azami fiyat limitlerinin sistem maliyetlerini yansıtacak şekilde belirlenmesi ve negatif fiyatların oluşmasına imkan tanınması			
	Piyasada rekabetçiliği bozmayacak şekilde şeffaflığının artırılması			
	Yan Hizmetler Piyasası'nda yapılacak iyileştirmeler			
	Toptan elektrik piyasasında oluşan fiyatların sübvansiyonsuz olarak perakende tarifelere yansıtılması sağlanırken kırılgan grupların olası yüksek fiyatlardan korunması			
	Talep tarafı ve dağıtık üretimin piyasalara katılımı			
	GİP kapı kapanış sürelerinin gerçek zamana yaklaştırılması			
	Kademeli olarak bölgesel fiyatlandırma sistemine geçiş			
Karbon fiyatlandırması	FASTER prensipleri çerçevesinde Karbon Fiyatlandırma Mekanizması'nın kurulması			
	Karbon Vergisi ve ETS için yasal düzenlemenin oluşturulması			
	Ulusal Karbon Fiyatlandırma Mekanizması düzenlemesinin, YEK-G, Yeşil Tarife ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın gerekliliklerini içermesi			
	Karbon gelirlerinin enerji dönüşümünde kullanılmasının önceliklendirilmesi			
Yenilenebilir enerji	Dağıtık Üretim ve Lisanssız Projeler: Santral veri takibinin iyileştirilmesi			
	Dağıtık Üretim ve Lisanssız Projeler: Çatı üstü GES uygulamaları için izin süreçlerinin yalınlaştırılması			
	Dağıtık Üretim ve Lisanssız Projeler: Al-Sat (Buy-all Sell-all) veya Faturalandırma (net billing) gibi fiyatlandırma sistemlerine geçiş			
	Dağıtık Üretim ve Lisanssız Projeler: Çatı üstü GES kurulumları için ev sahibi ve kiracılara finansal teşviklerin sunulması			
	Dağıtık Üretim ve Lisanssız Projeler: Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği Madde 5.1.h'ın yerinde üretimi ve sistem dengesini önceliklendirecek şekilde tekrar değerlendirilmesi			
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: Ön lisans sürecinde alınması gereken görüş ve izinlerin tek bir kurum kapsamında koordinasyonun sağlanması			
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: İhale taban fiyatlarının finansmana erişimi destekleyecek şekilde belirlenmesi			
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: İhale ya da yarışmalara katılacak yatırımcıların projeyi gerçekleştirebilecek ekonomik ve teknik kriterleri sağladıklarının kontrol edilmesi			
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: İhale ve yarışmaların öngörülebilir ve periyodik bir şekilde yürütülmesi, duyurular ile teklif sunma arasındaki sürenin yeterli olması			
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: Satın alım garantilerinin LCOE dikkate alınarak belirlenmesi ve satın alım garanti sürelerinin uzatılması			
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: Bağlantı kapasitesinin sistem odaklı olarak tahsisinin sağlanması			
	Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları: Elektrik piyasasında öngörülebilirlik ve şeffaflığın artması			
	Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları: YETA alanları/kapasiteleri belirlenebilir ya da daha önce ihalesi yapılmış ama gerçekleşmemiş projelerin YETA geliştirme alanı olarak tahsisi sağlanabilir			
	Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları: YETA sözleşme çerçevesinin kapsamlı bir şekilde ve tüm paydaşların görüşleri alınarak oluşturulması			
	Finansman: Öztüketime dayalı dağıtık enerji projeleri için daha uzun vadeli bir kredilendirme sisteminin tanımlanması			
	Finansman: Uzun vadeli geri ödeme süresini karşılamada banka kredilerine ek olarak yeşil tahvil, özel özsermaye finansmanı, refinansman gibi alternatif finansman araçlarının kullanılması			
	Finansman: Özellikle şebeke ölçeğindeki projeler için yatırımcıları yönlendirecek sosyal, çevresel ve teknik standart kılavuzlarının hazırlanarak projelerin finansmana erişiminin kolaylaştırılması			
Enerji depolama	Enerji depolama mevzuatında yatırımcılar için muğlak alanların netleştirilmesi ve ikincil mevzuatın düzenlenmesi			
	Yenilenebilir enerji santrallerine bütünleşik kurulacak depolama tesisleri için bu tesislerinin kurulum amacına göre projelendirilmesine olanak sağlayacak şekilde mevzuatın iyileştirilmesi			
	Pompaj depolamalı HES'ler için araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesi ve pilot bölgeler seçilerek bu bölgelerde kurulabilecek santraller için teknik ve finansal fizibilite çalışmalarının yürütülmesi			
	Şebeke dışı uygulamalarda batarya depolama sistemlerinin teşvik edilmesi			
	Finansmana erişimin kolaylaştırılması			
	Orta ve uzun dönemli depolama kapasite tahsisinin bölge ve teknoloji bazında planlanması			
	Piyasada yapılacak iyileştirmelerle arbitraj imkanının oluşturulması			
	Tüm ölçeklerdeki depolama tesislerinin Dengeleme Güç Piyasası (DGP) ve Yan Hizmetler Piyasası gibi farklı piyasalara katılımının sağlanması			
	Faturalandırma (net billing) ve Al-Sat (Buy-all Sell-all) yöntemleri gibi fiyatlandırma modellerine geçilmesi			
	Sanal Elektrik Hattı (VPL) uygulamalarının hayata geçirilmesi			

Tablo 1: *Devamı*

Politika Alanları	Özet Politika Önerileri	Kısa Vade (2023 - 2025)	Orta Vade (2026-2035)	Uzun Vade (2036-2053)
Talep tarafı katılımı	Talep tarafının piyasaya katılımıyla ilgili eğitim ve bilgilendirmelerin yapılması	■		
	Türkiye enerji mevzuatının tüketici merkezli olarak tekrar gözden geçirilmesi	■		
	Talep toplayıcılarla ilgili mevzuatsal düzenlemelerin hazırlanması	■		
	Talep tarafı katılımının yaygınlaştırılması için öncelikle akıllı sayaçlar ve çok zamanlı/dinamik tarifelere geçişi kolaylaştıracak mevzuatsal düzenlemelerin ve teşviklerin belirlenmesi	■	■	
	Son kullanım sektörlerinde Tasarruf Atlasları'nın oluşturulması	■	■	
	Düzenlemeye tabi perakende tarifelerinin aşamalı olarak kaldırılması	■	■■	
	Kademeli olarak bölgesel fiyatlandırma sistemine geçilmesi	■	■■■	
Elektriğin form değiştirmesini sağlayan teknolojiler (Power to X)	Elektrik sektöründe kullanılacak yeşil hidrojen için üretim ve depolama teknik standartlarının oluşturulması	■	■	
	Yeşil hidrojenin elektrik ve son kullanım sektörlerindeki uygulamalarını ve kullanımını açıklayan yasal bir mevzuatın oluşturulması	■	■	
	Oluşturulacak mevzuat kapsamında, hidrojen faaliyetleri ve uygulamalarından sorumlu ve özel sektör-kamu iş birliklerinin planlanmasını yürüten bir kamu biriminin oluşturulması	■	■	
	Üretilen hidrojenin yenilenebilir enerji kaynaklı olduğunun ispatlanması için bir sertifikalandırma programının kurulması	■	■	
	Doğal gaz şebekesi ve altyapısının yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtların bir karışımını kullacak şekilde iyileştirilmesi için araştırma – geliştirme projelerinin yürütülmesi		■■■	■■■
	Finansal teşviklerin tanımlanması		■■■	■■
	Elektrolizör tasarımlarının geliştirilmesi için araştırma-geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesi	■	■■■	■■■
	Elektrolizörlerin Yan Hizmetler Piyasası'na katılımının sağlanması		■■■	■■■
İletim şebekesi ve enterkonneksiyon	Şebeke gelişim planlamasının sistem odaklı bir şekilde düzenlenmesi	■	■■■	■■■
	İlerleyen dönemlerde 2053 yılı net sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi bağlamında, kömür santrallerinin devreden çıkarılmasının, adil dönüşüm prensipleri çerçevesinde ve elektrik şebekesi koşulları dikkate alınarak hazırlanmış bir konumsal plan dahilinde ele alınması	■	■■■	
	Bağlantı noktalarını içeren kapasite barındırma haritalarının oluşturulması	■	■■	
	Sınır ötesi elektrik ticareti hacminin artırılması için orta ve uzun dönemde enterkonneksiyon hattı kapasitelerinin geliştirilmesi		■■■	■■■
Dağıtım sistemi ve dijitalleşme	İletim ve dağıtım sistemi operatörleri arasındaki iş birliğinin ve veri paylaşımının geliştirilmesi	■	■	
	Akıllı sayaçların yaygınlaştırılması ve akıllı şebeke yönetimine geçilmesi	■	■■	
	Finansal teşviklerin tanımlanması	■	■■	
	Dağıtım sistemi operatörlerinin "esneklik piyasaları" oluşturmalarına izin verilmesi		■■■	■■■

Tablo 2: *Son kullanım sektörlerinde sektör bazında temel stratejiler ve özet politika önerileri*

Sektör	Strateji	Politikalar	Kısa Vade (2023-2025)	Orta Vade (2026-2035)	Uzun Vade (2036-2053)
SANAYİ	Karbon fiyatlandırma	Farklı sanayi sektörleri için üst emisyon sınırlarının belirlenmesi ve belirli periyotlarda bu sınırların aşağı yönlü güncellenmesi			
		ETS'nin kurulması ve emisyon tahsisat mekanizmasının düzenlenmesi			
		Emisyon denetleme (ölçme ve raporlama) mekanizmalarının kurulması ve periyodik raporlandırmaların yapılması			
		Anlık emisyon ölçüm sistemlerinin kurulması			
		ETS'yi tamamlayıcı nitelikte karbon vergisinin uygulanması ve karbon gelirlerinin enerji dönüşümü yatırımlarına harcanmasının önceliklendirilmesi			
		AB SKDM'nın sanayi üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve bir plan dahilinde kademeli artış içeren orta vadeli fiyatlandırma stratejisinin belirlenmesi			
	Enerji verimliliği	Sanayi kuruluşlarının enerji verimliliği potansiyelini belirlemede yardımcı olacak bir Ulusal Enerji Yönetimi Programı'nın hazırlanması			
		Enerji verimliliğini destekleyen piyasa temelli politika mekanizmalarının (enerji verimliliği yükümlülükleri ve yarışmaları) tasarlanması			
		Enerji verimliliği standartlarının belirlenerek sanayilerin bu standartlar doğrultusunda periodik olarak denetlenmesi			
		Enerji verimliliği yüksek ekipman tedariki için finansmanda kolaylık sağlanması			
	Kaynak verimliliği	Sanayide döngüsel ekonomiyi desteleyecek stratejilerinin ve teşvik programlarının oluşturulması			
		"Yeşil satın alma" ve "tedarik zinciri katılım programları" gibi uygulamaların yaygınlaştırılması			
	Elektrifikasyon	Isı pompası ve diğer elektrikli teknolojilerin yaygınlaştırılması için ilk yatırım finansmanı yardımı dahil çeşitli finansman paketlerini içeren iş modellerinin ve hizmetlerinin geliştirilmesi			
		Ağır sanayide, özellikle demir-çelik sektöründe, elektrifikasyon potansiyelinin katma değerli üretim ve ihracata geçişinin planlanması			
	Dolaylı Elektrifikasyon ve Yeni Teknolojiler	Sanayide kullanılacak yeşil hidrojenin üretimi, depolanması, taşınması ve kullanılması için teknik ve güvenlik standartlarının yasal bir çerçeve kapsamında düzenlenmesi			
		Karbonsuzlaştırılması zor sektörlerde yeşil hidrojen kullanımı için belirli dönemlerde güncellenecek uzun dönemli yol haritalarının oluşturulması			
		Yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtların bir karışım olarak doğal gaz şebekesinde kullanımının sağlanması için araştırma – geliştirme projelerinin hazırlanması			
		Sanayide fosil kaynaklardan üretilen hidrojenin kullanımının aşamalı olarak azaltılması ve yeşil hidrojen kullanımının artması için aradaki maliyetin finansal bir teşvik kapsamında sanayicilere sağlanması			
KONUTLAR	Enerji verimliliği	Enerji verimliliği hedef performanslarının belirlenmesi ve periyodik performans ölçümü için denetleme mekanizmasının geliştirilmesi			
		Konutlarda enerji tüketiminin izlenmesi ve iyileştirilmesi konularında veri sağlayacak yeni mobil uygulamaların geliştirilmesi			
		Akıllı ev teknolojisine yönelik ulusal teknik standartlarını ve teknoloji sağlayıcıları ile kullanıcıları arasındaki gizlilik ve güvenlik kurallarını belirleyen yasal bir çerçevenin oluşturulması			
		Yeni binaların tasarım aşamasında enerji verimliliğinin en üst seviyede olacak şekilde tasarlanması			
		Mülk sahiplerine enerji verimliliği kapsamındaki yatırımlar için vergi indirimleri, düşük faizli krediler gibi çeşitli finansal teşviklerin sunulması			
		Var olan konut stokunun renovasyon oranının kademeli olarak artırılması			
	Elektrifikasyon	Mevcut durumda doğal gaz boru hattına erişimin olmadığı yerlerde ısı pompası kurulumlarının önceliklendirilmesi			
		Yeni binalarda ısı pompası kurulumunun zorunlu hale getirilmesi			
		Perakende elektrik ve doğal gaz tarifelerindeki sübvansiyon düzeylerinin eşitlenmesi			
		Güneş termik sistemlerinin kurulumunu teşvik edecek yeni finansal araçlar ve teşvikler			

Tablo 2: *Devamı*

Sektör	Strateji	Politikalar	Kısa Vade (2023-2025)	Orta Vade (2026-2035)	Uzun Vade (2036-2053)
Üçüncül (Hizmetler ve Tarım)	Enerji verimliliği	Hizmet ve tarım sektörlerinde enerji verimliliği farkındalığını artırmak için belirli periyotlarda eğitim programlarının gerçekleştirilmesi			
		Üçüncül sektörlerde enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik hedeflerinin ölçülebilir ve net olarak belirlenmesi ve hedeflere ulaşım için bir zaman çizelgesinin oluşturulması			
		Enerji verimli ekipman kullanımını için çeşitli finansal teşvik programlarının oluşturulması			
		Seraların iklimlendirilmesinde jeotermal kaynaklı merkezi ısıtma sistemlerinin kullanımının artırılması için jeotermal kaynak araştırma fonlarının oluşturulması			
		Tarım sektörü kapsamında, hem tarımsal faaliyetlerin sürdürülürken hem de özel olarak dizayn edilecek bir güneş enerji sistemi (GES) kurulumu ile elektrik üretiminin sağlanacağı projeler için AR-GE çalışmalarının yürütülmesi			
	Elektrifikasyon	Hizmet sektöründe ısı pompası kullanımının arıtırılması için kamu, hizmet sektörü paydaşları ve enerji hizmet sağlayıcıları arasında iş birlikleri/ortaklıkların oluşturulması			
		Tarım sektörünün enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan mini şebekelerin kullanımı teşvik edilmesi ve mini şebeke kurulumu için potansiyel bölgelerin belirlenmesi			
Ulaştırma	Karbon fiyatlandırma	Karbon vergisinin hem fosil yakıt üreticilerine hem de bu yakıtların ithalatını yapan işletmelere uygulanması			
		Ulaştırmada sektöründe elde edilecek karbon gelirinin öncelikle toplu taşımanın karbonsuzlaştırılmasında kullanılması			
		Yüksek emisyon yapan ve fazla fosil yakıt kullanan araçlar için ilave bir vergi uygulanması			
	Enerji verimliliği	Ulaştırma altyapısının binek araçlardan toplu taşımaya geçişi kolaylaştıracak şekilde planlanması			
	Elektrifikasyon	Elektrikli araç (EV) şarj istasyonlarının sayısını artırmaya yönelik ülke genelini kapsayan bir stratejinin hazırlanması			
		EV ve akıllı şarjın etkisini değerlendirmeyi amaçlayan pilot ölçekli projelerin geliştirilerek uygulamaya alınması			
		EV akıllı şarj uygulamalarına geçmesi için çok zamanlı tarifelere (time-of-use) geçilmesi			
		Elektrikli araç (EV) satışlarını teşvik etmek için düşük faizli krediler, vergi indirimlerinin sağlanması			
		Mevcut fosil yakıtlı araçların belli bir ücret karşılığı kamu tarafından geri alınmasını da içeren çeşitli programların uygulanması			
		EV kullanımının artırılması için özel sektör, filo kiralama şirketleri ve kamuda binek araç filolarının elektrifikasyonu için özel finansman paketleriyle birlikte yükümlülükler ve teşviklerin uygulanması			
	Dolaylı Elektrifikasyon ve Yeni Teknolojiler	Ulaştırma sektöründe sera gazı emisyon azaltım ve hidrojen kullanım hedeflerinin belirlendiği bir yol haritasının oluşturulması ve periyodik olarak güncellenmesi			
		Uzun yol taşımacılığında hidrojen ve e-yakıt dolum istasyonlarının stratejik yerleşimleri düşünülerek planlamaların yapılması			
		Mevcut durumda fosil yakıtlarla üretilen hidrojen ile yeşil hidrojen arasındaki maliyet farkının kapatılması için çeşitli finansal teşviklerin uygulanması			

2053 yılı net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçiş hedefine ulaşılabilmesi için, ekonominin tüm sektörlerinde enerji verimliliğinin ve elektrifikasyonun azami seviyelere çıkarılmasının yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik sistemine azami entegrasyonu sağlanmalıdır. Diğer taraftan, karbonsuzlaştırılması zor sektörler için yeşil hidrojen ve türevleri gibi yeni teknolojilerin uygulamalar bağlamında hızla entegre edilmesi önemli olacaktır. Bu stratejilerin etkin bir şekilde uygulanması için sektörel olarak net sıfır yol haritalarının oluşturulması ve gerekli politikaların kapsayıcı ve bütüncül olarak belirlenmesi son derece önemlidir.



1. Giriş

İklim değişikliği, uluslararası seviyede müdahale gerektiren küresel bir sorundur. Atmosferde bulunan sera gazı emisyonlarının artması sonucunda oluşan iklim değişikliğinin etkileri giderek daha görünür hale gelirken, bu etkilerin azaltılması ve iklim krizinin önüne geçilmesi için ülkeler temiz teknolojileri öne çıkararak iklim-nötr politikalar geliştirmeye başlamıştır. Yenilenebilir enerjiye geçiş ve düşük karbon teknolojilerinin geliştirilmesi gibi temel öğeler, sürdürülebilir bir gelecek için önem arz etmektedir. Türkiye, sera gazı emisyonları açısından dünyadaki en büyük kirleticilerden biri olmasa da yıllık toplam emisyon miktarı dünya içerisinde hatırı sayılır bir düzeydedir.

Türkiye 30 Eylül 2015 tarihinde, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (UNFCCC), Ulusal Katkı Niyet Beyanı'nı (INDC) sunmuş ve 22 Nisan 2016 tarihinde Paris Anlaşması'nı resmi olarak imzalamıştır. Sunulan INDC, Türkiye'nin iklim değişikliğiyle mücadele konusunda sunduğu ilk resmi taahhüdü olması bakımından önemli olsa da, bu belge ancak Paris Anlaşması'nın Ekim 2021'de Türkiye Büyük Millet Meclisi (TBMM) tarafından onaylanmasından sonra yasal olarak bağlayıcı hale gelmiştir. Anlaşma'nın onaylanmasının akabinde, Türkiye 2053 yılına kadar net sıfır karbon emisyona ulaşma hedefini de açıklamıştır. Bunun ardından Türkiye, Kasım 2022 tarihinde Mısır'da düzenlenmiş Birleşmiş Milletler 27. Taraflar Konferansı'nda (COP27) güncellenmiş Ulusal Katkı Beyanı'nı[7] (NDC) sunmuştur. Türkiye'nin sunduğu NDC kapsamında, 2020-2030 dönemi için sera gazı azaltım projeksiyonu ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Paris Anlaşması'nın yanı sıra, Avrupa Komisyonu'nun 2020 yılında onayladığı Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal) ve Ekim 2023 tarihi itibarıyla raporlama seviyesinde; 2026 yılından itibaren ise tüm etkileriyle yürürlüğe girecek olan Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) da Türkiye'nin iklim değişikliği politikaları bakımından belirleyici olacaktır. Avrupa Birliği (AB) SKDM kapsamında, AB üyesi olmayan ülkeler tarafından Avrupa'ya ihraç edilecek ürünler, ihracatçı ülkede uygulanan karbon fiyatının AB Emisyon Ticareti Sistemi (EU ETS) seviyelerinin altında olduğu durumlarda, aradaki seviye farkına dayalı olarak bir sınırda karbon vergisine tabi tutulacaktır. Bu planın açıklanmasının ardından Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı 16 Temmuz 2021 tarihinde Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nı yayımlamıştır. Eylem Planı, SKDM ve Emisyon Ticareti Sistemi (ETS) gibi mekanizmalara uyum sağlamaya yönelik olup, Türkiye'de oluşturulacak benzer mekanizma ve uygulamalarda AB standartlarının da yakalanmasını hedeflemektedir. Eylem Planı, Türkiye'nin hızla değişen uluslararası iklim politikası ortamının zorluklarıyla mücadele etme konusundaki taahhüdünü göstermekle birlikte, sürdürülebilir ve sorumlu iş uygulamalarını teşvik etme konusundaki kararlılığını da ortaya koymaktadır. Bu gelişmeye paralel olarak, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ismi 29 Ekim 2021 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile "Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı" olarak değiştirilmiştir.

Şubat 2022 tarihinde, Çevre, Şehir ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) tarafından düzenlenen İklim Şurası'nda, gelecekteki iklim politikalarıyla ilgili süreç detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Toplantı kapsamında karbon fiyatlandırması, iklim değişikliğine uyum, adil geçiş ve yeşil finansman gibi konular tartışılmıştır.

[7] Türkiye'nin 2015 yılında sunduğu INDC'de, 2020 yılından itibaren hiçbir önlem alınmadığı durum (business-as-usual) senaryosuna kıyasla, 2030 yılı emisyon azaltım hedefi %21 seviyesindeydi. Güncellenmiş NDC'de bu hedef %41 seviyesine yükseltilmiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Ocak 2023 tarihinde bir süredir beklenen Ulusal Enerji Planı'nı (UEP) yayımlamıştır. Plan'da Türkiye'nin net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçiş sürecinde, 2035 yılına kadar olan hedefleri detaylandırılmış ve 2053 yılına uzanan dönem için genel bir görünüm sunulmuştur. Bununla birlikte, Plan'da detaylandırılan orta vadeli hedeflere ulaşmak için kullanılacak stratejiler ve politikalar henüz detaylandırılmamıştır. Bu beklentilere ek olarak, kısa vadede Türkiye'de:

- Enerji sektörü için 2053 yılı net sıfır sera gazı hedefi doğrultusunda strateji ve yol haritasının detaylandırılması,
- Karbon fiyatlandırması için bir yol haritasının oluşturulması ve,
- İklim Kanunu'nun yürürlüğe girmesi[8]

beklenmektedir.

Türkiye'nin net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda, "Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü için Yol Haritası" çalışması SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi tarafından Şubat 2023 tarihinde yayımlanmıştır. Raporda, Türkiye'nin elektrik sektöründe yenilenebilir enerjiden azami faydalanma, son kullanım sektörlerinde enerji verimliliği ve elektrifikasyonun yüksek seviyelere ulaşması ve yeni teknolojilerin kullanılması ile net sıfır karbon emisyonu hedefine ulaşması modellenmiştir. Raporda teknik açıdan net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için bir perspektif sunulmakla birlikte bu hedefe ulaşmada kullanılacak politika araçları ve mekanizmaları detaylıca incelenmemiştir.

İklim değişikliği ile mücadele kapsamında ekonominin tüm sektörlerinde enerji dönüşümünün gerçekleşmesi değer zincirinin tüm aşamalarında köklü değişiklikleri gerektirecektir. Bu dönüşümün başarılı olabilmesi için politika ve düzenlemeler, teknolojik atılımlar ve toplumda kazanılmış tüketim alışkanlıklarının değiştirilmesi gibi pek çok farklı öğenin bütüncül olarak ele alınması gerekmektedir. Dünyada uygulanan iklim değişikliğiyle mücadele politikaları; karbon fiyatlaması, yenilenebilir enerji teşvikleri, enerji verimliliği destekleri ve standartları, elektrifikasyonu artıracak politikalar, elektrik sisteminde düzenlemeler ve esneklik artırıcı uygulamalar gibi pek çok seçeneği barındırmaktadır. Enerji dönüşümü ve karbonsuzlaşma süreçlerinin daha hızlı ve daha az maliyetli olarak tamamlanabilmesi için bu geniş politika yelpazesi arasından doğru bir bileşimin oluşturulması elzemdir. Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'de uygulanan güncel iklim ve enerji politikaları ile dünyadaki iyi uygulamalar gözetilerek, Türkiye'nin 2053 yılı net sıfır emisyon hedefine ulaşması yolunda, ekonominin tüm sektörlerinde izlenebilecek çeşitli politika önerilerinin oluşturulmasıdır.

Türkiye'nin net sıfır emisyon hedefine ulaşabilmesi için başta elektrik sektörü olmak üzere enerji sektörünün geneli için önümüzdeki yıllarda altyapı, elektrik üretim santralleri ve yeni teknoloji yatırımlarının gerçekleşmesi gerekmektedir. Gerekli olan yatırımların hacmi düşünüldüğünde, tüm sektörlere yayılan kamu yatırımlarının yanında özel sektörün de yüksek oranda yatırım yapması gerekecektir. Bu bağlamda, yatırımcılar için piyasada rekabetçiliği teşvik edecek ve gerekli alanlara yapılacak yatırımları destekleyecek araştırma-geliştirme faaliyetleri, düzenlemeler, uygulamalar ve çeşitli finansal enstrümanların da içinde bulunduğu kapsamlı stratejilerin oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

[8] Türkiye, kapsamlı bir iklim kanununun geliştirilmesi ve uygulanması için çalışmaktadır. İklim değişikliği ile mücadelenin yasalaştırılması ile bu doğrultuda yaptırım gücü artacak ve Türkiye'nin iklim değişikliğinin etkilerini hafifletme ve daha güvenli ve istikrarlı bir gelecek inşa etme konusundaki kararlılığı yasal bir çerçeve kazanacaktır.

Raporun genel kapsamı aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

- Bölüm 2'de Türkiye'de tarihsel olarak sektörler bazında gerçekleşen emisyonlar sunulmuş ve Türkiye'nin uzun dönemli emisyon azaltım hedefleri, SHURA tarafından hazırlanmış net sıfır yol haritasındaki hedefler ve kabuller detaylandırılarak incelenmiştir.
- Bölüm 3'te Türkiye'deki mevcut iklim ve enerji planları, politikaları ve stratejileri değerlendirilmektedir. Bununla birlikte Türkiye Elektrik Sektörü'nde iyileştirmeye açık alanlar bu bölümde değerlendirilmiştir.
- Bölüm 4'te net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için uygulanan küresel politikalara odaklanılmakta ve bu amaçla belirlenen uluslararası iyi uygulamaların ve karbonsuzlaşma yol haritalarının genel bir değerlendirmesi sunulmaktadır.
- Bölüm 5'de, mevcut uygulamalar ve iyileştirme noktaları dikkate alınarak ekonominin tüm sektörleri için net sıfır politika önerileri özetlenmektedir.
- Bölüm 6'da ise çalışmanın genel bir değerlendirilmesi sunulmaktadır.



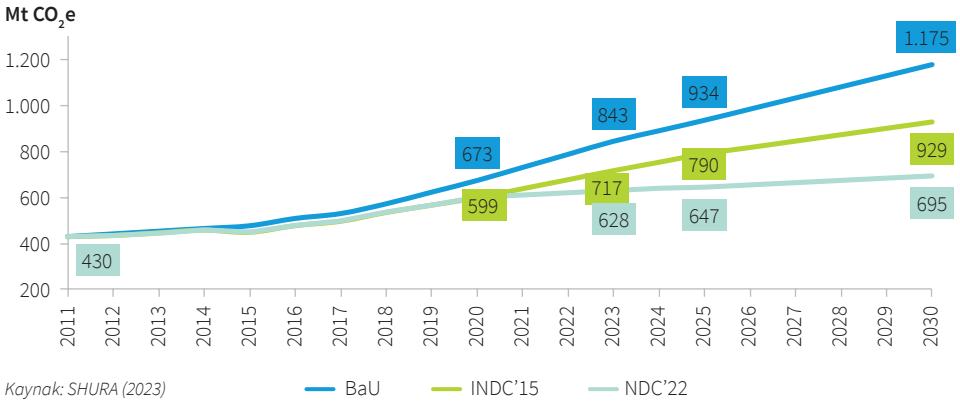
2. Türkiye'de Enerji Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları ve Uzun Dönemli Hedefler

2.1 Türkiye'nin Ulusal Katkı Beyanı Hedefleri ve Tarihsel Sera Gazı Gelişimi

Türkiye, 2015 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamında Ulusal Katkı Niyet Beyanı'nı (INDC) açıklamıştır. Açıklanan INDC, 2022 yılı Kasım ayında güncellenmiştir. 2015 yılında yayımlanan INDC'de 2021 - 2030 yılları arasında Türkiye'de öngörülen sera gazı emisyonlarının gelişimi gösterilmektedir. INDC kapsamında değerlendirilmiş Olağan Durum Senaryosu'nda (Business as Usual, BaU) Türkiye iklimle mücadele ile ilgili herhangi bir önlem almadığı takdirde 2030 yılı emisyonlarının 1.175 $MtCO_2e$ seviyesine geleceği öngörülmektedir (Türkiye Cumhuriyeti, 2015). INDC'de alınacak iklim önlemleriyle birlikte 2030 yılı toplam emisyonlarının 929 $MtCO_2e$ (%21 oranında azalışla) seviyesinde olmasının hedeflendiği belirtilmektedir.

2022 yılında Mısır'da gerçekleşmiş 27. Taraflar Konferansı'nda (COP27) Türkiye, güncellenmiş Katkı Beyanı'nı (NDC) açıklamıştır. Güncellenen belge kapsamında sunulan BaU senaryosu değiştirilmemiştir. 2021 yılı toplam emisyon değeri düşünüldüğünde 2030 yılına kadar BaU Senaryosu'ndaTürkiye'deki toplam emisyonların iki kattan fazla artacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte, alınacak iklim önlemleriyle birlikte öngörülen 2030 yılı emisyon seviyesi 695 $MtCO_2e$ (BaU senaryosundan %41 azaltım) olmuştur (Şekil 1). Güncel Katkı Beyanı (NDC) dokümanında Türkiye'nin sera gazı emisyonlarının 2038 yılında zirve yapacağı da belirtilmektedir. Türkiye'nin sera gazı emisyonlarının 2038 yılına kadar yükselmeye devam edeceği bir durumda, 2053 yılı net sıfır sera gazı emisyonlu bir ekonomiye geçişin oldukça zor olacağı değerlendirilebilir (SHURA, 2023a).

Şekil 1: *2030 yılı için belirlenmiş emisyon azaltım hedefleri*



Kaynak: SHURA (2023)

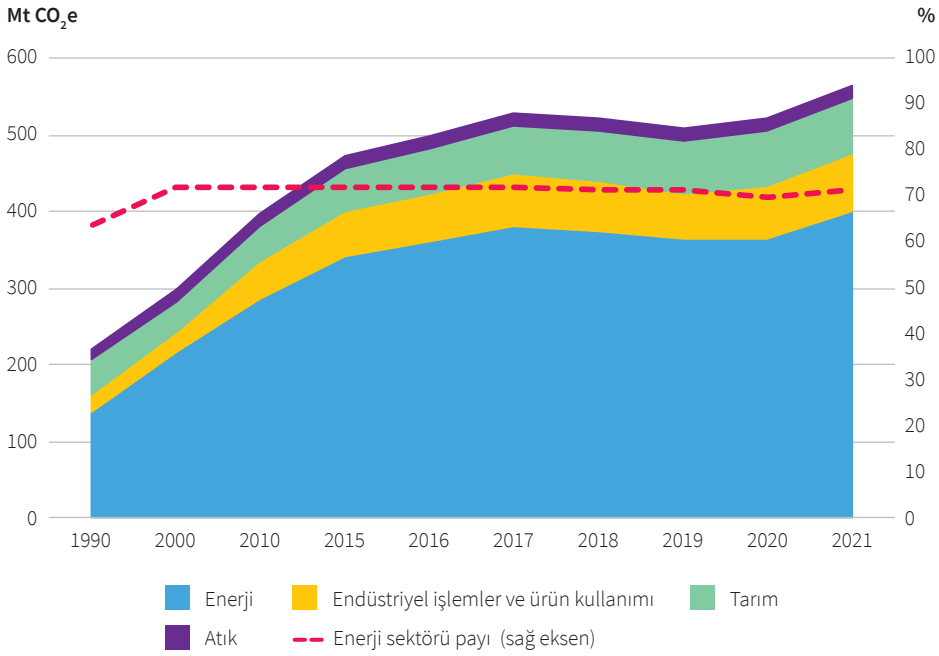
Türkiye İstatistik Kurumu'na (TÜİK) göre, 2021 yılındaki toplam sera gazı emisyonları bir önceki yıla göre %7,7 artışla 564,4 milyon ton karbondioksit eşdeğerine ($MtCO_2e$) yükselmiştir (TÜİK, 2023). Türkiye'deki toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %71'lik kısmı enerji sektöründen kaynaklanmaktadır (Şekil 2). Rapor kapsamında enerji sektörü altında incelenen alt sektörler aşağıda sıralanmıştır:

- Elektrik Üretimi,
- Ulaşım,
- Sanayi,
- Konutlar (çoğunlukla ısıtma amaçlı),
- Üçüncül sektör[9].

[9] Bu raporda üçüncül sektör olarak tarım ve hizmetler sektörleri dikkate alınmaktadır.

2021 yılı toplam sera gazı emisyonlarında enerji sektörünü, %13,3 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı (IPPU), %12,8 ile de tarım sektörü takip etmektedir. Atık kaynaklı emisyonlar ise toplam emisyonların yalnızca %2,6'sını oluşturmaktadır.

Şekil 2: *Türkiye'de sektörel bazda sera gazı emisyonları ($MtCO_2e$) 1990-2021*

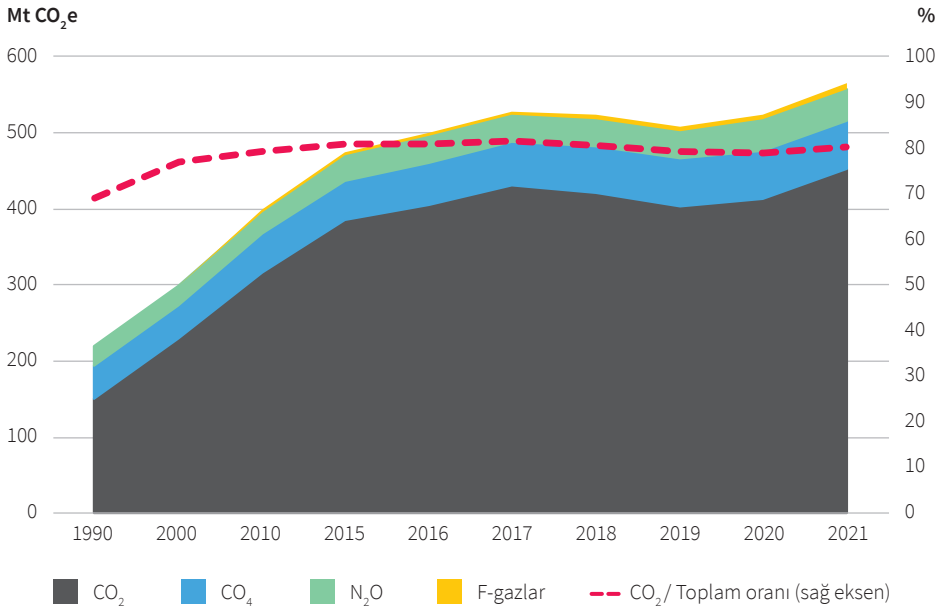


Kaynak: TÜİK (2023)

Türkiye'nin yıllık toplam sera gazı emisyonları 1990'lardan bu yana artış eğilimindedir ve 2021 yılı emisyon seviyeleri ile karşılaştırıldığında emisyonların %157,1 oranında arttığı görülmektedir. Bununla birlikte, enerji sektörü kaynaklı emisyonlarda 2019 ve 2020 yıllarında bir yavaşlama görülmüştür. 2019 yılında enerji sektöründen kaynaklanan emisyonların büyük ölçüde azalmasının en büyük sebeplerinden biri hidroelektrik santrallerinde gerçekleşen rekor seviyedeki elektrik üretimidir. Hidroelektrik santrallerde artan elektrik üretimi ile doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlı santrallerdeki üretim düşmüş ve bu durum sera gazı emisyonlarında da düşüşe yol açmıştır. 2020 yılında ise Covid-19 salgını önlemleri kapsamında ekonomide yaşanan kapanmalarla özellikle sanayide enerji tüketimi azalmış ve bu durum emisyonlara da yansımıştır. Bununla birlikte, 2021 yılından itibaren emisyonlar tekrar yükselmeye başlamıştır.

Türkiye'deki sera gazı emisyonlarının büyük bir kısmı karbon kaynaklıdır (Şekil 3). Gaz türüne göre salınan sera gazı emisyonlarının tarihsel değişimi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

Şekil 3: *Gaz türüne göre sera gazı emisyonları ($MtCO_2e$) 1990-2021*



Kaynak: TÜİK (2023)

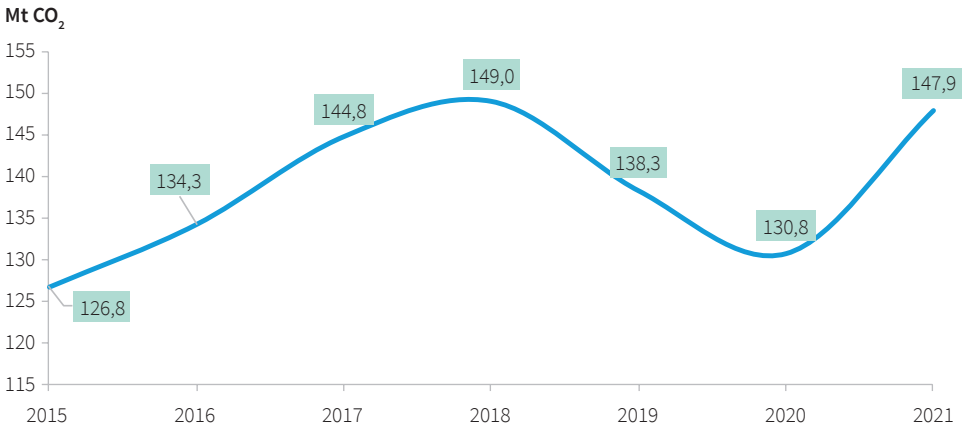
2021 yılında toplam salınan CO_2 miktarı 452,7 milyon ton (Mt) olarak hesaplanmıştır ve bu değer toplam emisyonların %80,2'sine denk gelmektedir. Türkiye ekonomisinde CO_2 kaynaklı emisyonlar 1990 yılından itibaren yıllık emisyonların yaklaşık %79'una denk gelmektedir (Şekil 3). Bu nedenle, çalışma kapsamında ağırlıklı olarak enerji sektöründeki karbon emisyonları incelenmektedir.

2.1.1 Elektrik Üretim Sektörü

SHURA'nın yayınlamış olduğu "Türkiye Elektrik Sistemine Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Entegrasyonu" ve "Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü için Yol Haritası" çalışmaları elektrik sektörünün diğer sektörlerden önce karbonsuzlaşması ve enerji dönüşümüne öncülük etmesi gerektiğini göstermektedir (SHURA, 2022; SHURA, 2023a). TÜİK Ulusal Sera Gazı Envanteri 1990 – 2021 raporunda görüldüğü üzere, 2021 yılında salınmış 452,7 mt CO_2e'nin 147,9 mt CO_2e 'lik kısmı çevrim ve elektrik üretiminden (Kapsam 1.A.1.a) kaynaklanmıştır (ETKB, 2023). Özellikle yenilenebilir enerji teknolojilerindeki hızlı gelişme ile düşme eğilimine giren marjinal maliyetler ve seviyelendirilmiş elektrik maliyetleri (Levelised cost of electricity, LCOE) sayesinde, yenilenebilir enerji santrallerinin piyasadaki rekabet gücü artmıştır. Bu nedenle özellikle orta-uzun vadede bu teknolojilerin kurulu kapasitelerinin küresel olarak hızlı bir şekilde artması beklenmektedir.

Türkiye özelinde elektrik üretimi kaynaklı sera gazı emisyonlarının yakın dönemdeki (2015 - 2021) gelişimi Şekil 4'de gösterilmiştir.

Şekil 4: *Kapsam 1.A.1.a dahilinde elektrik üretimi kaynaklı CO_2 emisyonları (2015-2021)*



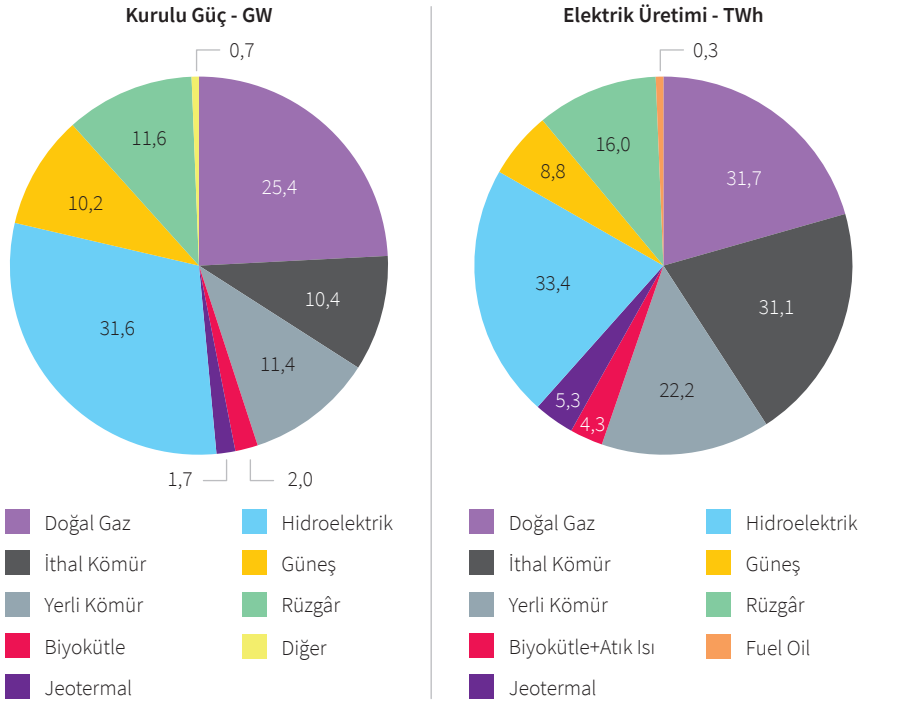
Kaynak: ETKB (2023)

ETKB'nin yıllık olarak yayımladığı Enerji Denge Tabloları'ndan anlaşıldığı üzere, Türkiye'de tüketilen enerjinin dörtte üçünden fazlası ithal fosil kaynaklardan karşılanmakla birlikte, elektrik üretimi için bu oran yaklaşık %40 -%50 seviyelerindedir (SHURA, 2023). 2022 yılı toplam elektrik talebi 331 teravat saate (TWh) ulaşmıştır. Bu değer 2001 yılı toplam talebinin 2,6 katıdır. SHURA'nın Türkiye elektrik sektörü odağında net sıfır emisyon hedefinin incelendiği raporunda, toplam elektrik talebinin 2053 yılına kadar 982 TWh seviyesine ulaşacağı ve bu elektrik üretiminin %90'ına yakınının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacağı öngörülmektedir (SHURA, 2023a).

Elektrik talebinde gözlenen bu artışla birlikte kurulu güç de önemli oranda artmaktadır. 2001 yılında Türkiye'nin toplam kurulu gücü 28.332 megavat (MW) seviyesindeyken, Haziran 2023 tarihinde bu değer 104.903 MW'a ulaşmıştır. Haziran 2023 itibarıyla Türkiye'nin kurulu elektrik gücünün yaklaşık %54'ünü yenilenebilir enerji santralleri oluşturmaktadır (EPDK, 2023). Toplam kurulu güç içerisindeki yenilenebilir bir kaynak olarak hidroelektrik santrallerinin payı %31,6 iken bunu rüzgâr santralleri %11,6 ile güneş santralleri ise %10,2 ile takip etmektedir (Şekil 5 - sol). Elektrik üretiminde ise yenilenebilir enerjinin payı Haziran 2023 itibarıyla %44,6 seviyesine çıkmıştır (EPDK, 2023).

Haziran 2023 itibarıyla Türkiye enerji karışımında termik santrallerin toplam kurulu gücü yaklaşık 48 gigavat'tır (GW). Bu değerin 25,4 GW'ını oluşturan doğal gaz santralleri Türkiye toplam kurulu elektrik gücünün %24,2'sini sağlamaktadır. Türkiye'nin net sıfır emisyon hedefine ulaşmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme azami ve hızlı entegrasyonu büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte linyit, taş kömürü ve ithal kömür gibi karbon yoğunluğu çok yüksek yakıtların kullanımının aşamalı olarak azaltılmasında sistemin dengeli bir şekilde çalışması için ilk etapta doğal gaz santralleri sistem esnekliğini artıran 'geçiş teknolojisi' olarak kullanılabilir. Yenilenebilir enerji santrallerinin sisteme daha fazla entegre olmasıyla birlikte, sistem esnekliği orta-uzun vadede teknoloji maliyetlerinde düşüş beklenen batarya teknolojileri, pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri ve elektrolizörlerle de sağlanabilir. SHURA'nın net sıfır çalışmasında değinildiği üzere, orta-uzun vadede doğal gaz santrallerinde sentetik e-yakıt karışımların (yeşil hidrojen, sentetik metan, biyogaz) kullanılmaya başlanması ve 2053 yılına gelindiğinde gaz şebekesinin net-sıfır emisyonlu bir şekilde işletilmesi beklenmektedir (SHURA, 2023a).

Şekil 5: *Haziran 2023 tarihi itibarıyla kaynak bazında toplam kurulu güç (GW) ve toplam elektrik üretimi (TWh)*



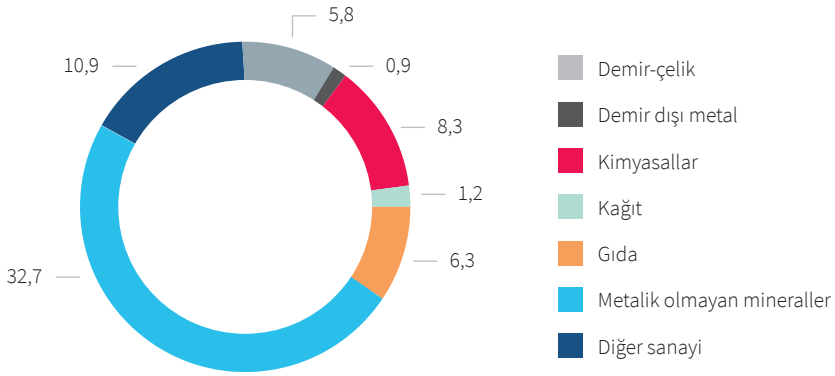
Kaynak: EPDK (2023)

2.1.2 Sanayi Sektörü

Endüstriyel sera gazı emisyonları "Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri" kapsamında iki kapsam içinde değerlendirilmektedir. Kapsam 1.A.2 bağlamında endüstriyel faaliyetler esnasında yakıt yanması sonucunda salınan emisyonlar değerlendirilmekteyken, Kapsam 2'de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı (industrial processes and product use, IPPU) kaynaklı emisyonlar hesaplanmaktadır. Bu rapor kapsamında IPPU kategorisi (Kapsam 2) dikkate alınmamaktadır.

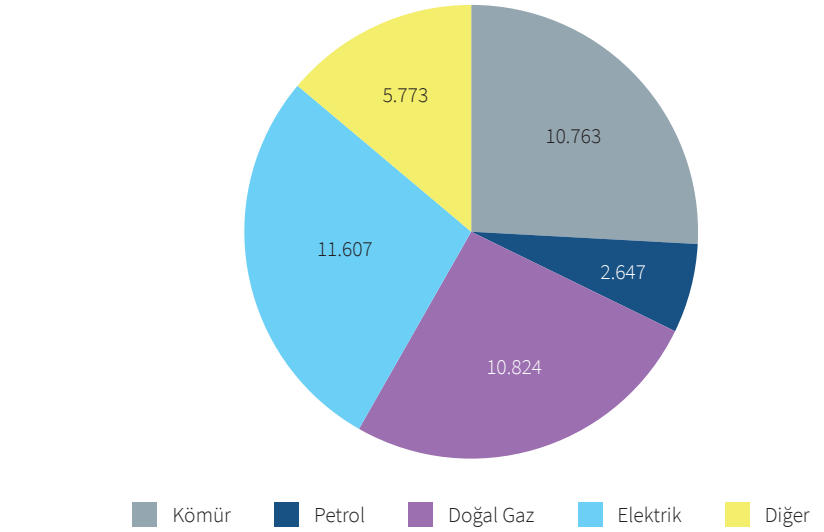
2021 yılında Türkiye'nin imalat sanayi ve inşaat sektörlerinde yakıt kullanımı kaynaklı toplam sera gazı emisyonu 66,2 Mt CO_2e; toplam karbon emisyonu ise 65,9 Mt CO_2e olmuştur (Şekil 6). Bu kategori dahilinde toplam sera gazı emisyonları 1990 yılı emisyon değerine oranla %78,2 daha yüksektir.

Şekil 6: *2021 yılı için imalat ve inşaat sektörlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının sektörel dağılımı (Mt CO_2e)*



Kaynak: ETKB (2023)

Şekil 7: *2021 yılı sanayide yakıt türüne göre enerji tüketimi (bin tep)*



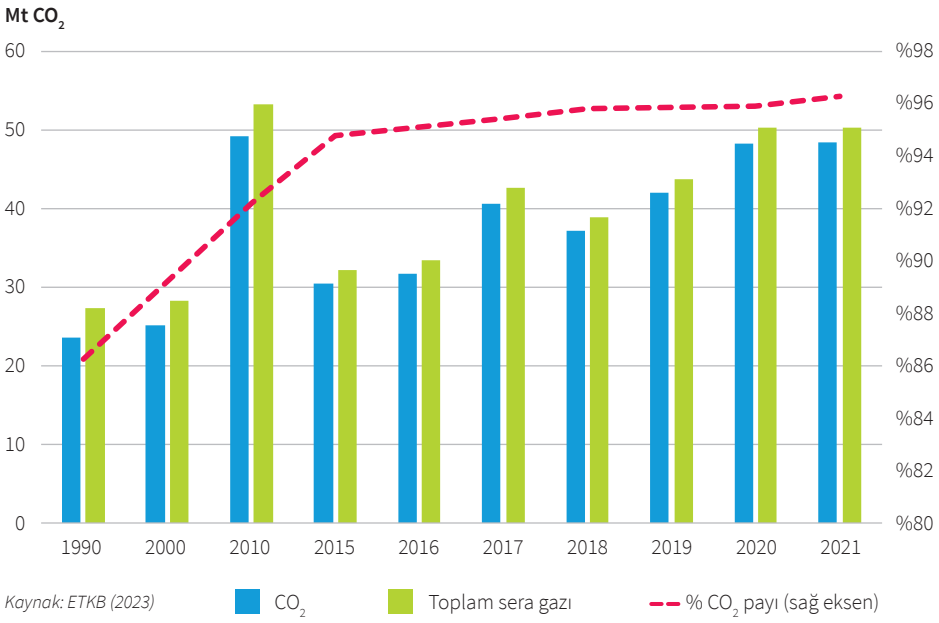
Kaynak: ETKB (2023)

2021 yılı Ulusal Enerji Denge Tablosu'na göre sanayide tüketilen enerjinin (Şekil 7) yaklaşık %28'i elektrik, %13'ü ise diğer kaynaklardan (kojenerasyon, atık ısı ve güneş) sağlanmaktadır (ETKB, 2022). Geri kalan %59'luk kısım ise fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. SHURA'nın "Türkiye'de Konut ve Sanayi Sektörünün Elektrifikasyonu" raporunda da belirtildiği üzere sanayide elektrifikasyonun mevcut durumdaki %28'lik seviyesinden, 2053 yılında %46 seviyesine çıkacağı öngörülmektedir (SHURA, 2023b).

2.1.3 Konutlar

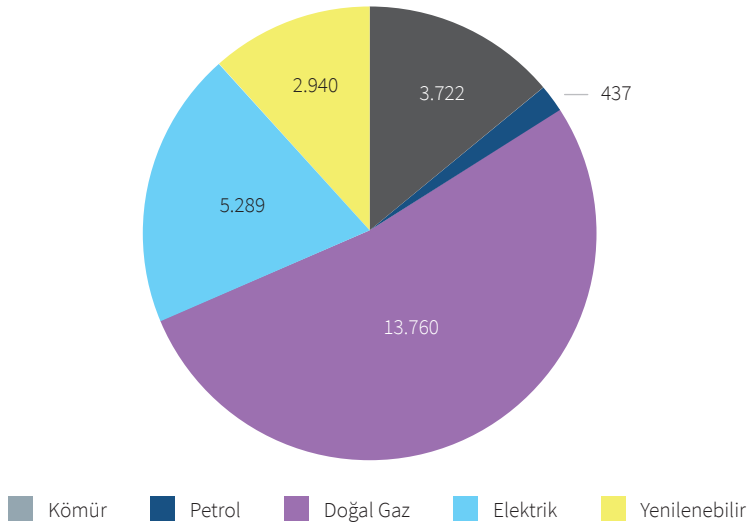
Konutlar kaynaklı emisyonların çoğu alan ısıtma ve soğutma, su ısıtma, aydınlatma ve ocak kullanımı nedeniyle meydana gelmektedir (IEA, 2022a). Konutlarda bina ısı yalıtımının artırılması, daha verimli aydınlatma ve ısıtma-soğutma sistemlerinin kullanımı gibi genel enerji verimliliğini artıran önlemler alınmasıyla, konutlardaki toplam enerji kullanımı ve dolayısıyla toplam emisyon miktarı azaltılabilecektir. Ulusal Sera Gazı Envanter Raporuna göre, 2021 yılında konutlar (Kapsam 1.A.4.b) kaynaklı toplam 50,3 Mt CO_2e sera gazı emisyonu yapılmış, bu miktarın %96,2'si (48,4 Mt) ise CO_2'den meydana gelmiştir. 2012 yılında konutlar sektörünün toplam sera gazı emisyonu 58,2 Mt CO_2e seviyesini görerek zirve yapmış fakat ilerleyen yıllarda bir düşüş eğilimine girmiştir. 2018 yılında konut kaynaklı sera gazı emisyonu 38,8 Mt CO_2e seviyesine gerilemiş fakat özellikle Covid-19 salgını ile bu sektör kapsamındaki emisyonlar tekrar artış eğilimine girmiştir (Şekil 8). 2019 yılında sera gazı emisyonları önceki yıla kıyasla %12,6 artmış, 2020 yılında ise 2019 yılına göre %15,1 artış göstermiştir.

Şekil 8: *1990 – 2021 yılları arasında konutlardaki CO_2 ve sera gazı emisyon değerleri (Mt CO_2e)*



Kaynak: ETKB (2023)

Şekil 9: *2021 yılında yakıt türüne göre konutlarda enerji tüketimi (bin tep)*



Kaynak: ETKB (2023)

2021 yılında konutlar kaynaklı toplam enerji tüketiminin %52,6'sı doğal gaz tarafından karşılanmıştır (Şekil 9). Enerji tüketiminin %20,2'sini elektrik, %14,2'sini kömür, %11,2'sini biyoenerji ve atıklar, güneş ve jeotermalden oluşan yenilenebilir kaynaklar oluşturmaktadır. Son yıllarda, konutlarda biyoyakıt ve petrolden, doğal gaz ve elektriğe doğru önemli bir kayma olmuştur. Konutlarda tüketilen enerjinin yaklaşık yarısı alan ısıtması için kullanılırken, geri kalanı su ısıtma, elektrikli cihazlar ve ocaklarda kullanılmaktadır. Konutlarda kullanılan ocakların petrolden, doğal gaz ve elektriğe geçmesiyle birlikte bu sektördeki enerji yoğunluğu azalmıştır (ETKB, 2022;TÜİK, 2021).

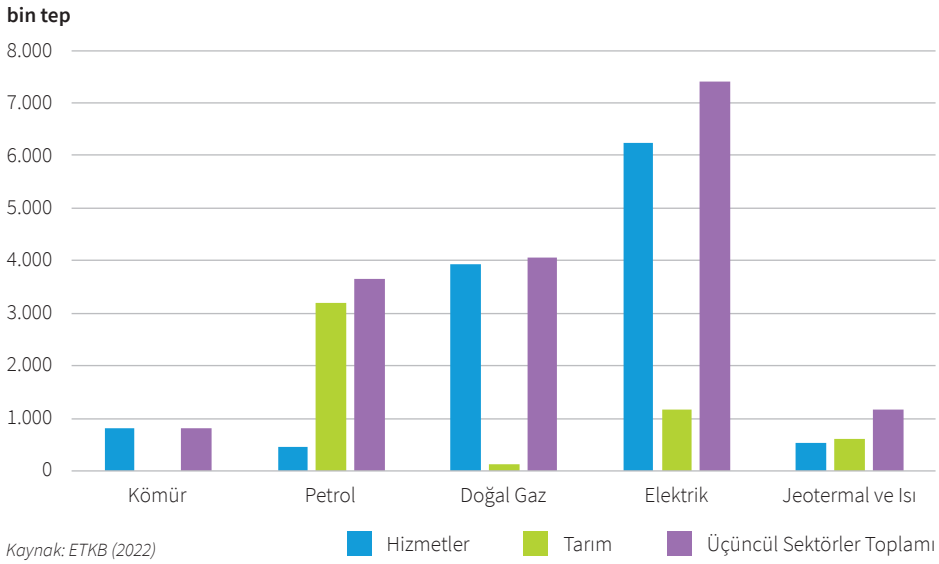
Alan ısıtma konusunda özellikle son 10 yılda kömürden doğal gaza bir geçiş sağlanmıştır. Bununla birlikte, net sıfır emisyona ulaşabilmek için konutlarda ısıtma faaliyetleri için ısı pompalarının kullanılması kritik olacaktır. Ayrıca, sıcak su için güneş enerjisi sistemlerinin kullanımının artırılması emisyonları daha da azaltacaktır.

2.1.4 Üçüncül Sektörler (Hizmetler ve Tarım Sektörleri)

Tarım sektörü çerçevesinde ele alınan emisyonlar genel olarak tarım faaliyetleri kaynaklı yakıt kullanımını kapsamaktadır. Bununla birlikte hizmetler sektöründe genellikle kamu ve ticari binalardaki alan ısıtma-soğutma ve aydınlatma için kullanılan enerji dikkate alınmaktadır. Bu doğrultuda hizmetler sektörünün enerji tüketimi binalar sektörüyle benzer bir profil çizmektedir.

Ulusal Sera Gazı Envanteri'nde hizmetler sektörü 1.A.4.a kapsamında, tarım sektörü ise 1.A.4.c kapsamında incelenmektedir. Envanter'de 2021 yılı için üçüncül sektörden kaynaklanan toplam sera gazı emisyonu 25,1 Mt CO_2e toplam CO_2 emisyonu ise 23,8 Mt'dir. Bununla birlikte 2021 yılı Ulusal Denge Tablosu'ndan (Şekil 10) anlaşıldığı üzere, üçüncül sektörlerin toplam enerji tüketimi 17.102 ton eşdeğer petroldür (tep). Gerçekleşen enerji tüketiminin yaklaşık %50'si fosil yakıtlı kaynaklar tarafından karşılanmışken, %42'lik kısmı ise elektrikle karşılanmıştır.

Şekil 10: *2021 yılında üçüncül sektörlerin kaynaklara göre enerji tüketimi (bin tep)*



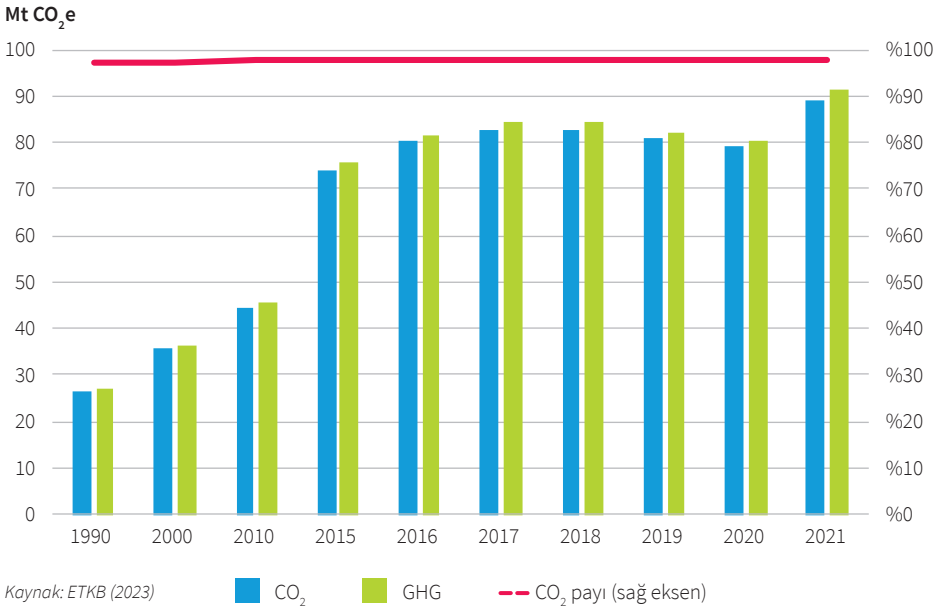
Kaynak: ETKB (2022)

2.1.5 Ulaştırma Sektörü

Ulusal Sera Gazı Envanteri'nde ulaştırma sektörü 1.A.3 kapsamında incelenmektedir. Ulaştırma sektörü çerçevesinde yurt içi havacılık faaliyetleri, karayolu taşımacılığı, demiryolları, yurt içi deniz yolu faaliyetleri ve boru hatları kaynaklı emisyonlar hesaplanmaktadır. Türkiye'nin ulaştırma sektörü kaynaklı sera gazı ve CO_2 emisyonları hızla artmaktadır. 1990 yılında yaklaşık 27 Mt CO_2e sera gazı emisyonu gerçekleşmişken, 2021 yılında bu değer %238 (yıllık ortalama %7,4) artarak 91,2 Mt CO_2e seviyesine ulaşmıştır (Şekil 11). Ulaştırma sektörü kaynaklı sera gazı emisyonlarının 2021 yılı toplam yakıt tüketimi kaynaklı sera gazı emisyonundaki payı yaklaşık %23,2'dir. Karbon emisyonları dikkate alındığında ise %94,8 ile karayolu taşımacılığı en çok karbon emisyonuna neden olan ulaşım modu olmuştur (ETKB, 2023).

Karayolu taşımacılığı aynı zamanda 2021 yılında %94,3'lük pay (Şekil 12-sol) ile en çok enerji tüketimine neden olan ulaşım modu olmuştur (ETKB, 2022). Bununla birlikte ulaşım sektörü fosil yakıt bağımlılığı en yüksek olan sektördür (Şekil 12-sağ).

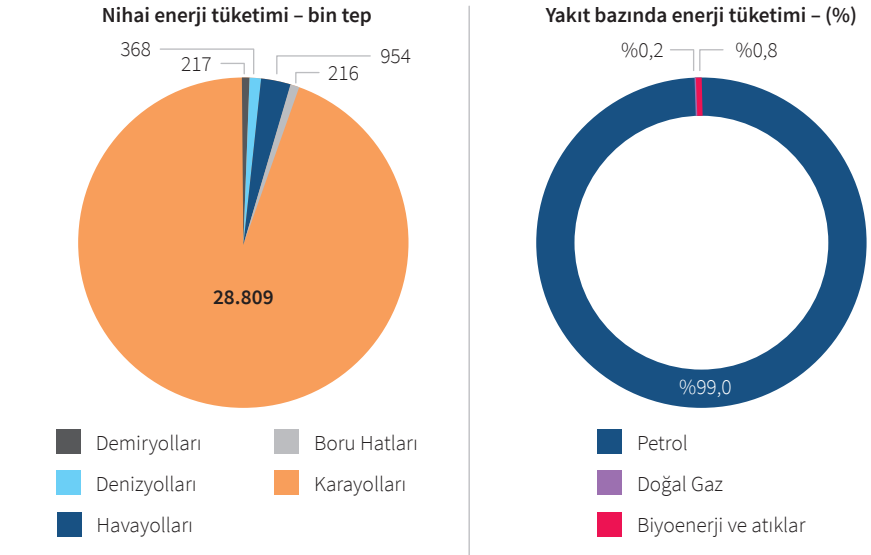
Şekil 11: *1990 – 2021 yılları arasında ulaşım sektöründeki CO_2 ve sera gazı (GHG) emisyon değişimi (Mt CO_2e)*



Kaynak: ETKB (2023)

Mevcut durumda fosil yakıtlara bağımlılığı yüksek bir sektör olmasına rağmen ulaştırma sektörünün elektrifikasyon potansiyeli oldukça yüksektir. Halihazırda toplam araç filosunun nispeten küçük bir oranını oluşturan elektrikli araç sayısının uygulanacak yeni politika ve teşviklerle birlikte orta-uzun vadede hızla artması beklenmektedir. Bu bağlamda Türkiye, araştırma – geliştirme (AR-GE) çalışmaları süren ve 2023 yılı içerisinde ticari faaliyetlere de başladığı "Türkiye'nin Otomobil Girişim Grubu – TOGG" elektrikli araç üretim şirketini kurmuştur (TOGG, 2023).

Şekil 12: *2021 yılı ulaşım sektöründe ulaşım modlarına (sol) ve yakıt bazında toplam enerji tüketiminin payları (sağ)*



Kaynak: ETKB (2022)

2.2 Sektörel Büyüme Projeksiyonları ve SHURA Net Sıfır 2053 Yol Haritasına Genel Bakış

Türkiye'nin Ekim 2021 tarihinde Paris İklim Anlaşması'nı onaylaması ve akabinde 2053 yılına kadar net sıfır sera gazı emisyonlu bir ekonomiye geçiş hedefini açıklaması, orta ve uzun vadede yenilikçi iklim ve enerji politikalarının oluşturulmasını gerektirecektir. SHURA'nın elektrik sektörü odağında tüm enerji sektörünü incelediği net sıfır 2053 çalışması kapsamında kümülatif emisyonların azaltılması için incelediği dört ana strateji bulunmaktadır (SHURA, 2023a):

- Döngüsel ekonomi çerçevesinde enerji verimliliğinin azami seviyede artırılması,
- Yenilenebilir enerjinin şebekeye azami entegrasyonu,
- Tüm son kullanım sektörlerinde temiz elektrifikasyonun azami seviyeye çıkarılması,
- Yeşil hidrojenin ve diğer e-yakıtların alternatif bir enerji taşıyıcısı olarak fosil yakıtlara ikame olarak kullanımı.

Bu stratejilerin hayata geçirilmesi ve uygulanması, politika yapıcıları başta olmak üzere tüm paydaşlara bağlı olacaktır. Son kullanım sektörlerinde emisyon azaltma hedefi doğrultusunda yukarıda özetlenmiş stratejilerden uygun olanları tekil olarak sektör bazında uygulanabilir. Bununla birlikte, eğer amaç ekonomi genelindeki net sıfır hedefine ulaşmaksa yukarıda belirtilen stratejilerin tamamını içerecek bir kombinasyonun uygulanması gerekmektedir (SHURA, 2023a). Bu bağlamda, elektrifikasyon artarken, elektrik sektörü kaynaklı emisyonların azaltılması ise kritik öneme sahip olacaktır. Bu doğrultuda, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından azami derecede faydalanılması gerekmektedir. Net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçişte elektrik sektörünün rolüne odaklanan çalışması kapsamında SHURA, 2053 yılına kadar enerji arz-talep dengesini incelediği ve gelişen talebi karşılamak için gerekli enerji karışımını modellediği çalışmasının temel varsayımları ve çıktıları kısaca bu bölüm kapsamında değerlendirilmektedir.

2.2.1 Net Sıfır 2053 Çalışmasında Değerlendirilen Temel Piyasa Koşulları

Çalışmada, net sıfır hedefi doğrultusunda piyasanın serbest ve rekabetçi şekilde yatırımları desteklemesi en temel koşullardan biridir. Bununla birlikte kamu ve özel sektörün net sıfır hedefleri doğrultusunda sistem esnekliği dahil çeşitli yatırımları hayata geçirdiği öngörülmüştür. Model bağlamında net sıfır emisyona ulaşılmasında kilit rol oynayan koşullar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

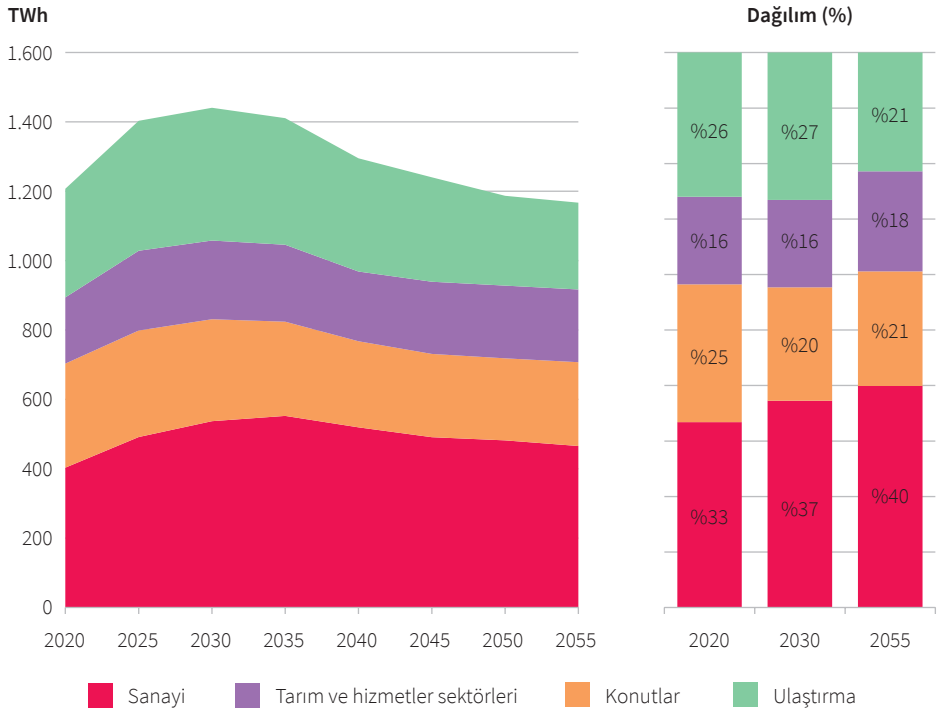
- Emisyona yol açan teknolojilerin ve yakıtların kullanımını caydırmak ve kısıtlamak için özellikle elektrik, sanayi ve havayolu taşımacılığı sektörlerinde bir "karbon değeri" uygulanmıştır.
- Temiz teknolojilerin piyasaya entegrasyonunu hızlandırmak için piyasa dışı engellerin daha düşük olduğu olumlu bir piyasa beklentisi varsayılmıştır.
- Yenilenebilir enerji mevzuatlarının (hem şebeke ölçeğinde hem de dağıtık sistemler) açık ve idari işlemlerin kolay uygulanabilir olduğu, piyasa öngörülebilirliği yüksek elverişli bir yatırım ortamı ile desteklendiği varsayılmıştır.
- Konutlardaki elektrifikasyonun artırıldığı (örneğin ısı pompalarının kullanıldığı) ve enerji tasarrufu yüksek cihazlara geçişi kolaylaştıran teşvik ve fırsatların uygulandığı bir piyasa ortamı öngörülmüştür.

- Ulaştırma sektöründeki emisyonların uzun vadede net sıfır seviyesine gelmesini sağlayacak karbon emisyon standartlarının uygulanacağı varsayılmıştır. Bu da elektrikli ve hidrojen yakıtlı araçlara geçişi hızlandırmaktadır.
- Elektrik şebekesinin gelişimin yanında, artan elektrikli ve e-yakıtlı araçlar nedeniyle şarj ve alternatif yakıt ikmal istasyonlarının altyapısının da gelişeceği varsayılmıştır. Modelde, altyapı eksikliğinin, alternatif yakıtların ve emisyonsuz teknolojilerin piyasaya entegrasyonunu engelleyeceği değerlendirilmiştir.
- Uzun dönemli projeksiyonlarda, doğal gaz şebekesinde yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtlardan oluşan bir gaz karışımının da kullanılacağı varsayılmıştır. Bu bağlamda, boru hattı gazı kademeli olarak düşük karbonlu gazlardan (örneğin yeşil hidrojen, sentetik gaz ve biyogazlar) oluşan bir karışım ile harmanlanacaktır. Alternatif e-yakıtların doğal gaz ile karıştırılmasına 2035 yılında başlanacağı öngörülmüş ve 2053 yılında doğal gaz şebekesinin tamamının bu karışım ile çalışacağı varsayılmıştır.

2.2.2 Son Kullanım Sektörlerinde Enerji Talebi Gelişimi ve Varsayımlar

Çalışmadaki en temel bulgulardan biri, artan ekonomik faaliyetlerden dolayı Türkiye'nin yıllık enerji talebi 2030 yılına kadar artmakta ve sonraki dönemlerde ekonomik büyümenin devam etmesine rağmen, elektrifikasyon ve enerji verimliliğinin etkisiyle birlikte toplam enerji talebinin uzun vadede düşmesidir. 2053 yılında projekte edilen toplam enerji talebi 2020 yılı seviyelerine gerilemektedir (Şekil 13).

Şekil 13: *Son kullanım sektörlerine göre toplam enerji talebi (2020-2055)*



Kaynak: SHURA (2023a)

2.2.2.1 Sanayi

Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü Yol Haritası çalışması kapsamında dikkate alınan makroekonomik varsayımlarda, projeksiyon dönemi (2020 – 2055) boyunca Türkiye ekonomisi için güçlü büyüme beklentileri öngörülmüştür (SHURA, 2023a). Sanayi sektörü düşünüldüğünde çalışmada,

- Türkiye'nin üretim kapasitesini koruduğu, bununla birlikte üretimin daha yüksek katma değerli ve daha az enerji yoğun ürünlere doğru yöneleceği,
- Sanayi üretimindeki artışa paralel olarak, sanayinin nihai enerji tüketiminin 2035 yılında zirveye ulaşacağı,
- 2035 yılından sonra artan elektrifikasyon ve enerji verimliliği ile üretimde daha az enerji yoğun süreç ve proseslere geçiş nedeniyle uzun dönemde sanayideki enerji talebinin azalarak 2053 yılında 2020 seviyelerine gerileyeceği

öngörülmüştür.

Sanayideki enerji verimliliğinin artması ve enerji tasarrufunun sağlanmasında:

- atık ısı geri kazanımı sağlayan yatay süreçlerdeki iyileştirmeler,
- genel üretim süreci iyileştirmeleri,
- elektrifikasyonun artışı ve gelişmiş elektrikli cihazlara geçiş

kilit öneme sahiptir. Bu iyileştirmeler ve geçişlerle birlikte tüm sanayi dalları için enerji yoğunluğunda %25 - %45 arasında değişen oranlarda azalma sağlanmaktadır.

Modelde uzun dönem için oluşturulan varsayımlarda sanayinin daha bilgi yoğun ve daha az enerji tüketen sektörlere (örneğin mühendislik, kimya vb.) doğru kayacağı ve daha yüksek katma değerli ürünlerin üretileceği dikkate alınmıştır. Bu geçişin yanı sıra sanayideki elektrifikasyon da artacaktır. Model sonuçlarına göre 2020 yılında sanayide nihai enerji tüketiminin %29'u elektrikten karşılanmakta iken, 2053 yılında elektriğin oranı %46 seviyesine gelmektedir. Sanayi sektöründe emisyonların azaltılmasında bir diğer önemli husus, yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtların kullanılmaya başlanmasıdır. Model sonuçlarına göre sanayi sektöründe doğrudan yeşil hidrojenin nihai enerji tüketimindeki payı 2053 yılında %6'dır. Fakat doğal gaz şebekesine yeşil hidrojen ve diğer e-yakıt (biyogaz ve e-metan) karışımının harmanlanması ve 2053 yılında şebeke gazının tamamının bu karışımla işletilmesi ile sanayideki emisyonlar büyük oranda azaltılabilmektedir. Model sonuçlarına göre 2053 yılında sanayide boru hattı gazı nihai enerji tüketiminin %15'ini karşılamaktadır. Bu da göstermektedir ki 2053 yılında sanayide yeşil hidrojen dahil e-yakıt tüketimi nihai enerji tüketiminin %21'ine denk gelmektedir.

2.2.2.2 Konutlar ve Üçüncül (Tarım ve Hizmetler) Sektörler

Çalışma kapsamında konut kapsamında kullanılan tüm binaların aşamalı olarak yenileneceği ve yeni binalarda yüksek enerji verimliliği standartlarının getirileceği varsayılmıştır. Artan nüfusla birlikte konut sayısının artması ve akabinde ısıtılacak (veya soğutulacak) alanların genişlemesi enerji tüketimini artırıcı bir etki gösterecektir. Bu nedenle ilk önce binalarda bulunan konvansiyonel kazanların yerine kademeli olarak ısı pompasına geçilmesi enerji verimliliğini artırarak enerji tüketimini azaltacaktır. Çalışmada, konutlarda ısı pompası kullanımının 2053 yılında %70 seviyelerine çıkacağı modellenmiştir. Enerji verimliliği yüksek aydınlatma ve elektronik cihazların kullanımı ile bu sektördeki enerji verimliliği potansiyelinden en yüksek seviyede yararlanılması sağlanacaktır. Uzun vadede konutlar ve hizmetler sektörlerinde elektrik ana enerji taşıyıcısı olacaktır (SHURA, 2023a). Özellikle konutlarda, elektriğin nihai enerji

tüketimindeki payı %60'a çıkmaktadır. Elektrifikasyonun yanı sıra artış göstermesi öngörülen diğer bir teknoloji de güneş termal sistemleridir. Özellikle sıcak su ihtiyacını karşılamak için kurulumu kolay ve ekonomik olan güneş termal sistemlerinin orta-uzun dönemde tercih edileceği öngörülmektedir.

Çalışmada üçüncül sektörlerin (tarım ve hizmetler) konutlardakine benzer bir enerji talebi olacağı modellenmiştir. Bu bağlamda hem kamu hem de ticari binalarda uygulanacak yüksek enerji verimliliği standartlarının yanı sıra bina yenilemeleri, verimli elektrikli ekipmanların kullanımı ve ısı pompalarına geçiş öngörülmektedir. Model sonuçlarına göre 2025 yılına kadar üçüncül sektörlerdeki nihai enerji talebi artış göstermekte fakat artan enerji verimliliği ve elektrifikasyon uygulamaları ile talepte ciddi bir düşüş gözlemlenmektedir. Böylelikle, 2053 yılında üçüncül sektörlerde elektriğin nihai enerji tüketimindeki payı %61; ısı pompaları ile alan ısıtma ise %74 seviyesine yükselmektedir. Üçüncül sektörlerin nihai enerji tüketimindeki payı 2020 yılında %22 olan gazın (doğal gaz), 2053 yılında %6 seviyesine düştüğü modellenmiştir. Boru hattı gazının da 2035 yılı itibarıyla artan bir şekilde yeşil hidrojen ve diğer e-yakıt karışımlarıyla işletilmesi ile birlikte bu sektörlerden kaynaklanan emisyonlar asgari düzeye indirilmektedir.

2.2.2.3 Ulaştırma Sektörü

Ulaştırma sektörü Türkiye'nin yıllık toplam nihai enerji tüketiminde sanayi sektöründen sonra gelmektedir. 2020 yılında Türkiye'deki yolcu hareketliliği 7.890 yolcu-kilometre (km) olarak hesaplanmıştır ve bu seviye Avrupa ortalamaları (2019 yılında 13.498 yolcu-km) ile karşılaştırıldığında düşük kalmaktadır (SHURA, 2023a). Mevcut durumda ulaştırma sektörü fosil yakıtlara bağımlı bir sektördür (bknz. Bölüm 2.1.5). Uzun dönemli projeksiyonlar (2020 – 2055 yılları arası) kapsamında Türkiye'de hem nüfusun hem de kişi başına düşen gelirin artış göstereceği öngörülmektedir. Bu nedenle, projeksiyon döneminde yolcu taşımacılığının da artış göstereceği ve 2053 yılına kadar bu faaliyetin iki katına çıkacağı öngörülmüştür (SHURA, 2023a). Ulaştırma sektörü kapsamında mevcut içten yanmalı motorlu araçlardan elektrikli araçlara (electric vehicles, EVs) geçiş, bu sektörde elektrifikasyon seviyesini artırırken dolaylı olarak enerji verimliliğini de artıracaktır.

Mevcut durumda otobüs ve minibüsler toplam yolcu taşıma faaliyetlerinde %56 paya sahiptir ve birinci sıradadır. Projeksiyonlarda, 2055 yılına doğru yolcu faaliyetlerinde otobüs ve minibüslerin payının %30 seviyesine gerilediği görülmektedir. Uzun dönemli projeksiyonlarda ulaşım modlarının artan gelirle birlikte daha çok binek araçlara (2020 yılında %37 seviyesinden 2055 yılında %45 seviyesine artarak) kaydığı görülmektedir.

Bununla birlikte, karayolu taşımacılığında öngörülen enerji dönüşümü ile bu sektörde özellikle elektrikli ve yakıt hücreli araçların hızlı bir şekilde piyasaya entegre olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda, binek araçların büyük çoğunluğunun elektrikli olacağı, uzun mesafeli taşımacılıkta ise yakıt hücreli araçların hâkim olacağı düşünülmektedir. Elektrifikasyonun zor olduğu uzun mesafe taşımacılığında, yeşil hidrojen ve türevlerinin kullanılması, ulaştırma sektörünün emisyonlarını düşürmede büyük önem arz etmektedir. Çalışma kapsamında yapılan uzun dönemli projeksiyonlarda, 2053 yılında toplu karayolu taşımacılığı (faaliyetin %10'u) içerisinde ağır hizmet araçlarında (heavy duty vehicles, HDV) %30, hafif hizmet araçlarında (light duty vehicles, LDV) %17 seviyesinde hidrojen kullanılacağı öngörülmektedir (SHURA, 2023a).

Modelleme çalışmasında ulaştırma sektörünün nihai enerji talebinin 2030 yılında pik yaptığı ve sonrasında düşme eğilimine girerek 2053 yılında 2020 seviyelerine gerilediği görülmüştür. Bununla birlikte, ulaştırma sektöründeki fosil yakıt kullanımının da yıllara sâri bir şekilde düşüş göstereceği ve yerini elektrik ile yeşil hidrojen ve türevlerine bırakacağı öngörülmektedir. Model sonuçlarına göre, ulaştırma sektörünün 2053 yılı nihai enerji talebinin %58'ini elektrik, %22'sini ise yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtlar karşılamaktadır. Fosil yakıtlar ise 2020 yılındaki %98 seviyesinden 2053 yılında %3 seviyesine düşmektedir.

2.2.3 Elektrik Sektöründeki Gelişmeler

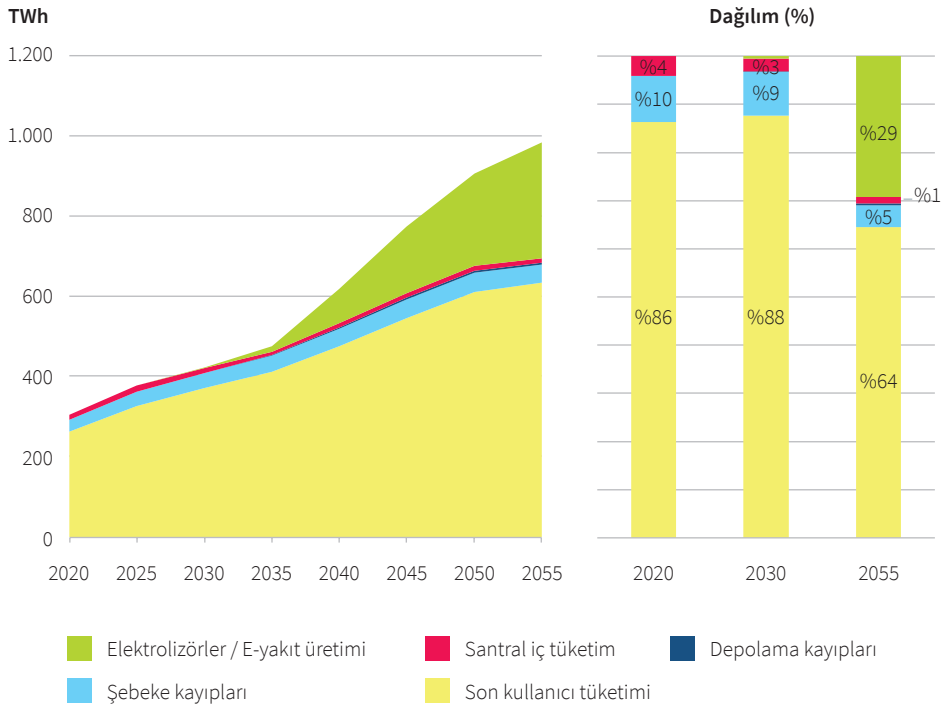
Çalışmada projeksiyon dönemi boyunca artan son kullanım sektörlerindeki elektrifikasyon ve e-yakıt üretimi ile elektrik talebi gelişimi de modellenmiştir. Bu doğrultuda 2040 yılı itibarıyla doğal gaz şebekesinde e-yakıt karışımının kullanılmaya başlanması ile elektrik talebindeki artış ivmesi hızlanmıştır. Bununla birlikte sanayi, konutlar ve üçüncül sektörlerde enerji verimliliği uygulamaları elektrik tüketimi artışını sınırlanmaktadır. Elektrik sektöründeki kayıplar ise orta-uzun vadede azalma trendine girmektedir. Bu azalıştaki en önemli faktörler:

- Fosil yakıtlı santrallerden yenilenebilir enerji santrallerine geçiş sağlanması ile santral iç tüketim seviyeleri azalmaktadır,
- Elektrik şebekesinin yenileme ve iyileştirme çalışmalarının artarak devam edeceği varsayılmakta ve son olarak,
- Elektrolizör kapasitesinin yüksek gerilimden bağlanması ile daha düşük şebeke kayıplarının oluşmasıdır.

Bu öngörülerle birlikte 2053 yılında elektrik talebinin 2020 yılına oranla 2,4 kat daha fazla olacağı hesaplanmaktadır (Şekil 14).

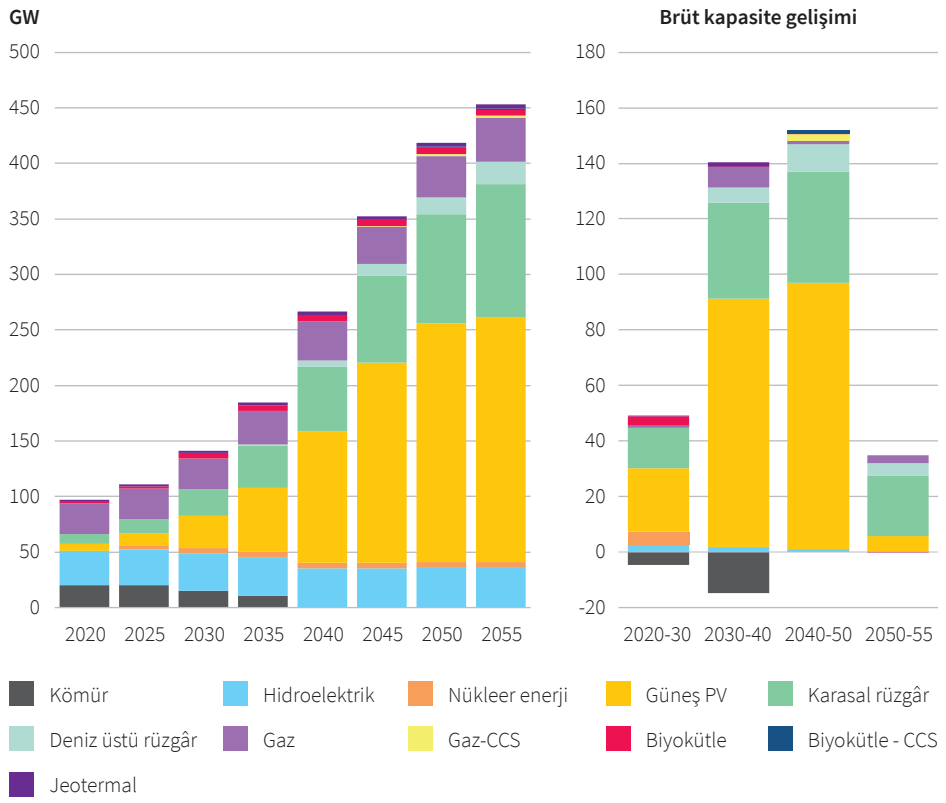
Bir yandan elektrik talebinin karşılanması diğer yandan da net sıfır emisyon hedefine ulaşılması için elektriğin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi gerekmektedir. 2020 yılında Türkiye kurulu güç kapasitesi toplam 96 GW seviyesindeyken, rüzgâr ve güneş enerjisinin toplam kurulu kapasitedeki payı %16'dır. Model sonuçlarına göre 2053 yılında toplam elektrik kurulu gücü 453 GW seviyesine gelmektedir ve değişken yenilenebilir enerji (rüzgâr ve güneş) kapasitesi toplam kurulu güç kapasitenin %80'ine denk gelmektedir (Şekil 15).

Şekil 14: *Toplam elektrik tüketimi (2020 - 2055)*



Kaynak: SHURA (2023a)

Şekil 15: *2020 – 2055 yılları arasında teknoloji bazında kurulu güç kapasiteleri ve brüt kapasite gelişimi*



Kaynak: SHURA (2023a)

Modelde uygulanan “karbon değeri” ile, kömür ve linyit santrallerinin marjinal maliyetleri artmakta ve 2030 yılına kadarki dönemde önce en verimsiz kömür ve linyit santrallerinin çalışma saatleri azalmaktadır. Uygulanan bu strateji ile bu santraller kademeli olarak devre dışı kalmaktadır. Modelde, doğal gaz çevrim santrallerinin (CCGT) 2035 yılına kadar yaklaşık 97 TWh seviyesinde elektrik ürettiği görülmektedir. Bununla birlikte bu santrallerden üretilen elektrik 2053 yılında toplam elektrik üretiminin %5’ine kadar düşmektedir. CCGT santrallerinin modelde rezerv kapasite olarak sistem esnekliğine katkı sağladığı görülmektedir. Bununla birlikte, modelde bu santrallerde kullanılan gazın kademeli olarak e-yakıt karışımı ile çalıştırılacağı varsayılmıştır. Böylelikle 2053 yılına gelindiğinde bu santraller tamamen yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtlarla çalıştırılacaktır. Bu geçişin 2035 yılında başlayacağı ve 2053 yılında tamamlanacağı modellenmiştir.

Değişken yenilenebilir enerji santrallerinin kapasiteleri de 30 yıllık süreçte hızla artacaktır. Güneş enerjisi kapasitesi projeksiyon dönemi boyunca yıllık yaklaşık 6 GW seviyesinde artış gösterirken, karasal rüzgâr santrallerindeki artış yaklaşık 3,2 GW seviyesindedir. Deniz üstü rüzgâr enerji santralleri (DRES) yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle 2035 yılından önce sisteme dahil olamamaktadır. 2035 yılı sonrasında sisteme dahil olan DRES’lerin toplam kapasitesi 2053 yılında 20 GW seviyesine ulaşmaktadır.

Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının (rüzgâr ve güneş) payının artmasıyla, şebeke esnekliği ihtiyacı da artmaktadır. Bu bağlamda, devreye alınacak enerji depolama sistemleri (pompaj depolamalı hidroelektrik santraller ve bataryalar) ve elektrolizörler sayesinde şebeke esnekliği artmaktadır. 2053 yılına kadar 33 GW enerji depolama kapasitesinin devreye girmesi beklenmektedir. Bu kapasitenin 30 GW/120 GWh’lık kısmını batarya sistemleri, geri kalanını ise pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri oluşturmaktadır.

3. Ulusal Piyasa Uygulamaları ve Çerçeve Politikalar

3.1 Mevcut Piyasa Uygulamaları

3.1.1 Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Uygulamalar

Türkiye elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kullanımı ilk olarak hidroelektrik santrallerle yaygınlaşmaya başlamıştır. Türkiye'de yenilenebilir enerji kullanımı, iklim değişikliği ile mücadele, enerjideki ithal yakıt bağımlılığını azaltmak ve yerli kaynakların değerlendirilmesi bağlamında özendirilmektedir. Hidroelektrik santraller dışındaki yenilenebilir enerji kurulu gücü ise özellikle 2011 yılında uygulanmaya başlanan "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması" (YEKDEM) ile artış göstermeye başlamıştır. YEKDEM kapsamında 2011 - 2020 yılları arasında önlisans ihaleleriyle yenilenebilir enerji santralleri için kapasiteler dağıtılmış ve bu projeler için döviz bazlı bir teşvik tanımlanmıştır. Döviz bazlı YEKDEM ile özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu kapasitesinde büyük bir artış sağlanmıştır.

Döviz bazlı ilk dönem YEKDEM uygulaması, 2020 yıl sonuna kadar devreye alınması planlanan yenilenebilir enerji santrallerini kapsamaktadır. Bu süre 2019 yılı sonunda ortaya çıkan ve 2020 yılı boyunca tedarik zincirinde ciddi sorunlara yol açan Covid-19 salgını nedeniyle 6 ay kadar uzatılmış ve YEKDEM süresi 2021 yılı Haziran ayı sonuna kadar geçerli olmuştur.

İlk YEKDEM uygulamasının bitişinin ardından 30 Ocak 2021 tarihli ve 31380 sayılı Resmî Gazete[10] ile yeni YEKDEM kapsamında uygulanacak tarifeler ve süreler açıklanmıştır. Yeni YEKDEM uygulaması 1 Temmuz 2021 ile 31 Aralık 2025 tarihleri arasında işletmeye girecek yenilenebilir enerji santrallerini kapsamaktadır ve ilgili teşvikler döviz yerine Türk Lirası (TL) şeklinde güncellenmiştir. Bununla birlikte, açıklanan tarifelerin üç aylık dönemlerde belirlenmiş bir eskalasyon yöntemiyle güncelleneceği de açıklanmıştır. Ancak yeni YEKDEM dahilinde bir kapasite ihalesi ilan edilmemiş olması ve teşvik mekanizmasının TL olarak kurgulanması nedeniyle, yeni YEKDEM kapsamında devreye alınmış kapasiteler sınırlı kalmıştır.

Yeni YEKDEM uygulaması 1 Mayıs 2023 tarihli ve 32177 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. TL bazlı yeni YEKDEM'in uygulama dönemi 1 Temmuz 2021 ile 31 Aralık 2030 tarihleri arasına çekilmiş ve işletmeye girecek yeni yenilenebilir enerji kaynağı (YEK) belgeli tesisler için fiyatlar ve uygulama süreleri güncellenmiştir. Mayıs 2023 tarihinde yapılmış bu revizyonla yeni YEKDEM dönemi ile şebekeye satış fiyatlarında (feed-in tariff, FiT) belirgin bir artış meydana gelmiştir. Güncellenen YEKDEM fiyatlarının uygulama süresi jeotermal santraller ve pompaj depolamalı hidroelektrik tesisler için 15 yıl, diğer tesis türleri için ise 10 yıl olarak belirlenmiştir. Güncellenen mekanizma ile, deniz üstü rüzgâr enerjisi santralleri, rüzgâr veya güneş enerjisine entegre elektrik depolama tesisleri, pompaj depolamalı hidroelektrik tesisler ve gelgit enerjisi kaynaklarına dayalı elektrik üretim santralleri de dahil olmak üzere yeni yenilenebilir enerji teknolojileri de ilk defa mekanizmaya dahil etmiştir. Güncellenen YEKDEM, piyasada yenilenebilir enerji yatırımlarının ve enerji yatırım modellerinin uygulanabilirliğinin artırılabilmesi açısından önemli bir adımdır.

[10] Resmi Gazete, 2021. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/01/20210130-9.pdf

YEKDEM dışında lisanslı yenilenebilir enerji yatırımı yapılmasının ikinci bir yolu ise Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) yarışmalarıdır. Bu yarışmaların YEKDEM modelinden temel farkı alım garantilerinin tamamen yarışma sonucunda belli olması ve yarışmaların daha geniş ölçekli alanları içermesidir. 9 Ekim 2016 tarihli ve 29852 sayılı Resmî Gazete'de "Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği" yayımlanmıştır (ETKB, 2023a). YEKA modeli kapsamında kurulacak yeni yenilenebilir enerji santrallerinde kullanılacak ekipmanın yerli olarak üretilmesi ve çeşitli araştırma – geliştirme (AR-GE) faaliyetlerinin yürütülmesi de hedeflenmektedir. YEKA modeli çerçevesinde yapılmış toplam 6 adet yarışma vardır, bunların 3 tanesi (toplam 3.000 MW kurulu kapasite) güneş enerjisi kalan kısmı da (2.850 MW) rüzgâr enerjisi projelerini konu etmektedir. Bunlarla birlikte 2023 yılı içerisinde yeni bir güneş enerjisi YEKA yarışmasının yapılması da planlanmaktadır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji santrallerinin geliştirilmesinde mevcut durumda YEKDEM ve YEKA modellerinin haricinde, güncellenen lisanssız yönetmeliği kapsamındaki projeler ve rüzgâr veya güneş enerjisi santrallerine entegre depolama santral kurulum imkanlarını içermektedir (Şekil 16).

Hibrit üretim tesisleri, farklı teknolojileri kullanan üretim birimlerini birleştiren tesislerdir. Bu tür uygulamaların temel amaçları arasında verim düşüşlerinden doğacak kayıpların minimize edilmesi ve arz güvenliğinin artırılması yer almaktadır. Farklı üretim kaynaklarının birbirlerinin üretimlerindeki dalgalanmayı dengelemesi ve daha düşük miktarda değişkenlikte üretim yapması, şebekenin işletilmesini kolaylaştıracak ve yenilenebilir enerji payını artırabilecektir. Bu sayede artan yenilenebilir enerji payı ithal kaynaklara bağlılığı düşürecek ve arz güvenliğine hibrit santraller tarafından olumlu katkı sunulmuş olacaktır. 2020 yılı Mart ayında yapılan düzenlemenin 1 Temmuz 2020'de yürürlüğe girmesinin ardından piyasada hibrit uygulamalar mümkün hale gelmiştir.

19 Kasım 2022 tarihinde Resmî Gazete'de yayımlanan değişiklikle elektrik depolama tesisi kuran tüzel kişilerin herhangi bir önlisans yarışmasına girmeksizin depolama tesisiyle aynı kurulu güçte olmak koşuluyla rüzgâr ya da güneş enerjisi tesisi kurmasına ve piyasa fiyatı üzerinden satış yapmasına izin verilmiştir.[11] Değişiklikle birlikte yakın zamanda ortaya çıkması muhtemel arz krizlerine karşı hızlı bir şekilde devreye girebilecek bir proje stoğu oluşturulması hedeflenmektedir. Piyasa tarafından yeni modele büyük bir ilgi gösterilmiştir. Önümüzdeki yıllarda devreye girecek rüzgâr ve güneş kapasitesinin bu yatırım modeli üzerinden devreye girmesi beklenmektedir.

Mevcut durumda, batarya depolama tesisleri için açıklanmış yeni düzenleme kapsamındaki depolamalı rüzgâr ve güneş enerjisi projeleri hariç, kapasite tahsisi yapılamamaktadır. Bu yeni düzenlemenin yanı sıra, yatırımcılara yenilenebilir enerji için yeni kapasitesi tahsisi sunabilecek farklı yatırım modellerinin de oluşturulması (örneğin yenilenebilir enerji tedarik anlaşmaları - YETA) gerekmektedir.

Özellikle güneş tarafında ise önemli bir ek kurulu gücün lisanssız yatırım modeliyle devreye girmesi beklenmektedir. Mevcut düzenlemeye göre, küçük çaplı üretim tesislerinin üretim lisansı olmaksızın piyasada faaliyet göstermesine izin verilmektedir. 2022 yılı Mart ayındaki kanun değişikliği ile daha önceden 5 MW olarak uygulanan lisanssız kurulu güç sınırının ilgili tüketim tesisinin sözleşme kapasitesinin 2 katı olacak şekilde değiştirilmesine karar verilmiştir. Düzenlemeye göre lisanssız üretim tesisleri

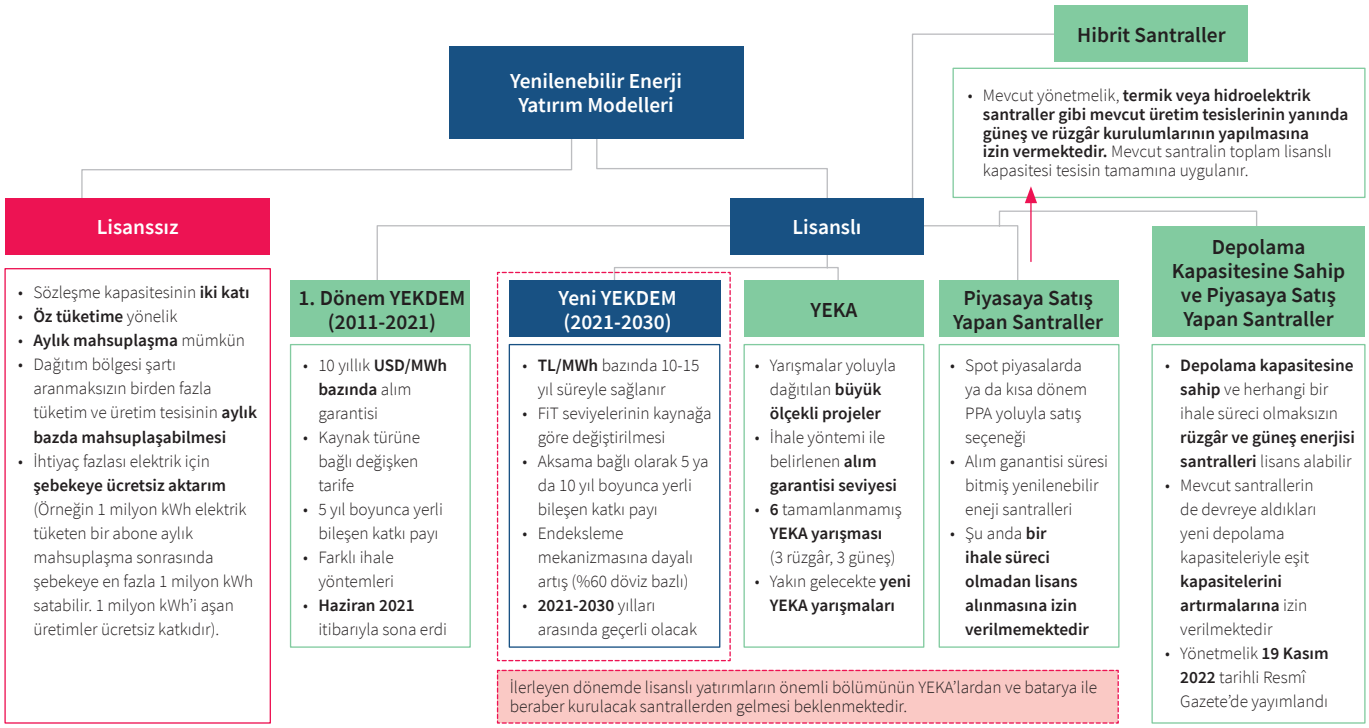
[11] Resmî Gazete No: 32018, 19 Kasım 2022

"ilgili tüketim tesisi" ile aynı bağlantı noktasında olmalı ve kurulu güç, "ilgili tüketim tesisi" için belirlenen sözleşme gücünü aşmamalıdır. Fakat, 1 Ekim 2022 tarihinde yapılan değişikle lisanssız elektrik üretimi yapmak isteyen tüketicilerin, ilgili lisanssız tesisini bulundukları dağıtım bölgesinde kurma zorunluluğu kaldırılmıştır.

Mevcut regülasyonla yeni lisanssız üretim tesislerinin bir garanti mekanizmasından yararlanmasına olanak sağlanmıştır. Garanti mekanizmasına göre lisanssız üretim tesisleri öz tüketimleri kadar üretim fazlasını 10 yıl süreyle şebekeye elektrik satabilecektir. Satılan elektriğin fiyatlandırılmasında tüketicinin tarife grubuna ait aktif enerji bedeli dikkate alınacaktır.

Yeni düzenleme ayrıca aylık net mahsuplaşma yöntemini de içermektedir. Bu sistemle, üretim tesisinin şebekeye sattığı toplam üretim ile kendi tüketimi arasındaki fark aylık olarak hesaplanmaktadır. Tüketici için oldukça faydalı olacak olan bu uygulama beraberinde birtakım sistem dengesizlikleri doğurabilmektedir.

Şekil 16: *Mevcut durumda uygulanan yenilenebilir enerji uygulamaları*



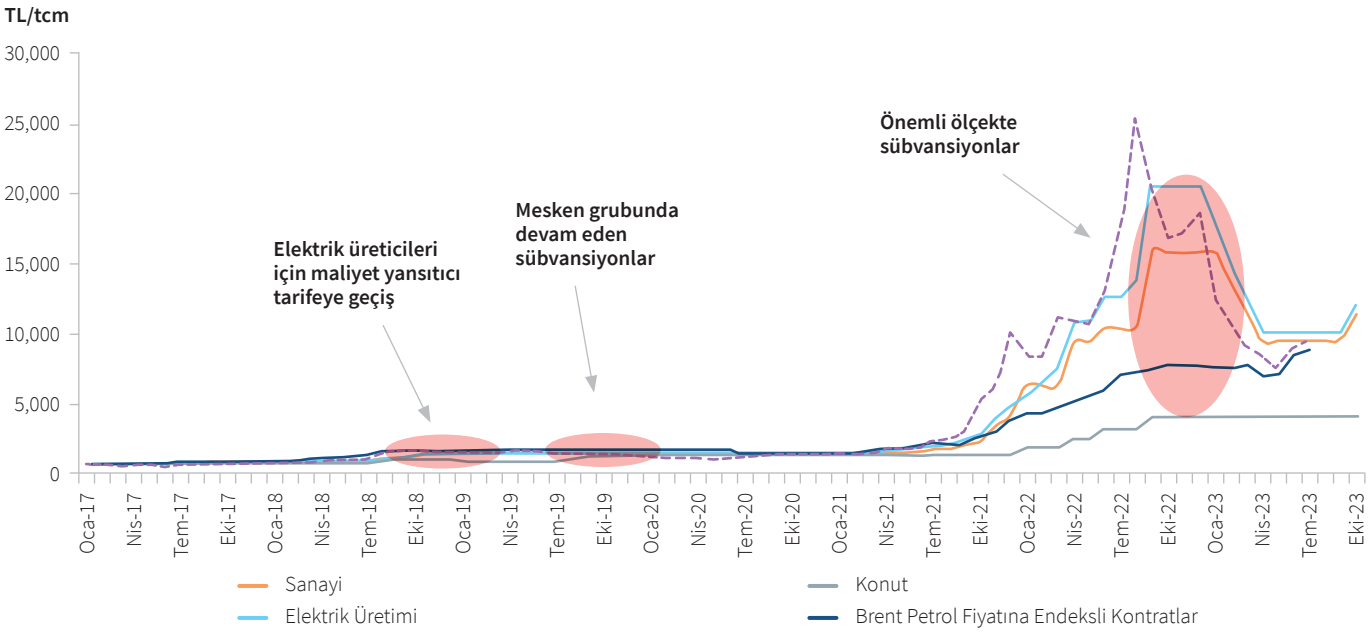
3.1.2 Enerji Sektöründe Uygulanan Sübvansiyonlar

Enerji sektörü her ülke ekonomisinin kritik bir bileşenidir. Uygulanan teşvik ve sübvansiyonlar ülkelerin ekonomik gelişimini doğrudan etkileyebilmektedir. Türkiye enerji sektöründe, üreticilerden enerjinin son kullanım alanlarına kadar çeşitli piyasa unsurlarına uygulanan sübvansiyonlar bulunmaktadır.

Türkiye'de doğal gaz, elektrik üretim sektörü, sanayi sektörü ve konut sektörlerinde büyük oranda kullanılan bir yakıt konumundadır. Günümüzde Türkiye'de tüketilen doğal gazın neredeyse tamamı ithalat kaynaklı sağlandığından maliyetlerin belirlenmesinde uluslararası gelişmeler etkili olmakta ve bu durum Türkiye'yi ani fiyat şoklarına açık hale getirmektedir. Bu olası risklerin yönetilmesinde, doğal gaz ithalat maliyetleri her tüketici grubuna eşit olarak yansıtılmamakta ve zaman zaman

tarife belirleme politikalarında değişikliğe gidebilmektedir. Doğal gaz maliyetleri 2018 yılından günümüze, elektrik üreticilerine kısmen sübvansiyonsuz yansıtılırken, konutlara gerçek piyasa fiyatlarının altında tarifeler sunulmaktadır (Şekil 17). Nisan 2023 tarihinde konutlar için doğal gaz tarifesi bin metreküp başına 4.080 Türk lirası (4.080 TL/tcm) seviyesindeyken, aynı dönemde elektrik üretimi amaçlı doğal gaz tarifesi 10.000 TL/tcm seviyesinde gerçekleşmiştir. Nisan 2023 döneminde sanayi doğal gaz tarifesi ise 9.478 TL/tcm olarak belirlenmiştir.

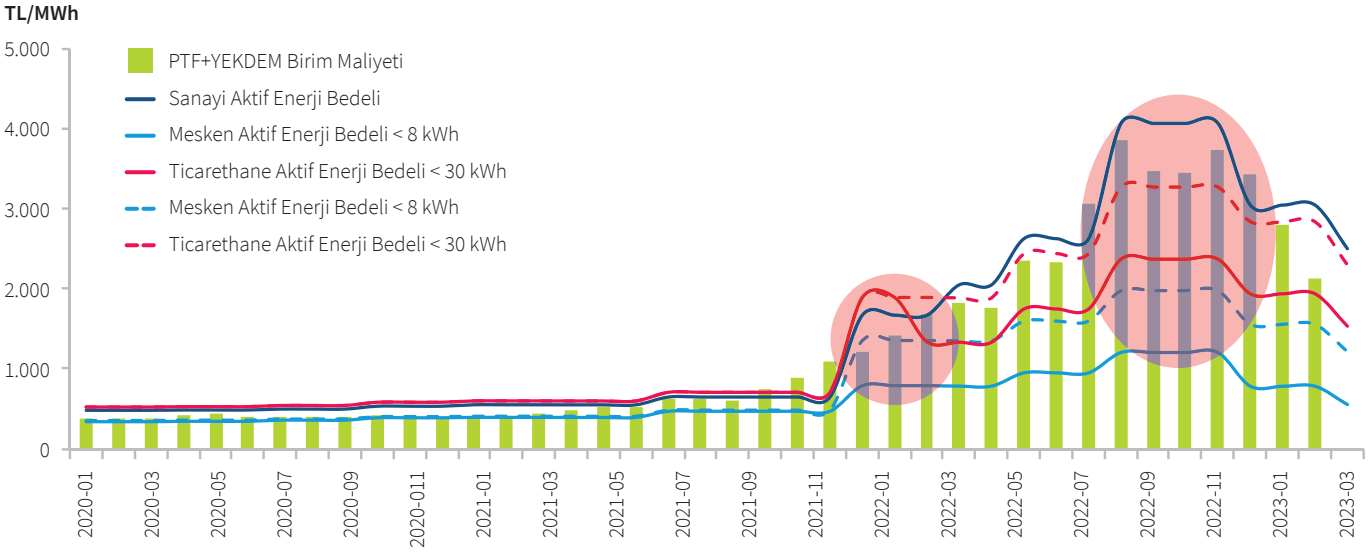
Şekil 17: *Doğalgaz tarifelerindeki sübvansiyonlar*



Kaynak: BOTAŞ, 2023

Elektrik sektöründe de doğal gaz sektörüne benzer şekilde sübvansiyonların uygulandığı ana grup konutlardır. 2023 Mart itibarıyla, son kullanıcılar için belirlenen elektrik tarifeleri, özellikle konut ve ticari abone grupları özelinde piyasa üretim maliyetlerinin oldukça altındadır (Şekil 18). Elektrik tarifelerinde 2023 yılı itibarıyla düşen emtia fiyatları nedeniyle indirim uygulanmıştır.

Şekil 18: *Doğalgaz tarifelerinde sübvansiyonların boyutu*



Kaynak: EPİAŞ, 2023; EPDK, 2023

Türkiye'de doğal gaz ve elektrik sektörlerinde gerçek maliyetlerin son kullanıcılara yansıtılmaması piyasa yapısında sorunlara yol açmakta ve bu durum piyasanın işleyişini ve düzenini etkilemektedir.

Bu tarz sübvansiyonlar tüketicileri fosil yakıt kullanımına özendirdiğinden, karbon fiyatlandırma mekanizmalarından beklenen sonuçların alınamama riski bulunmaktadır. Buna paralel olarak, fosil yakıtlara uygulanan teşvikler, bireysel tüketici veya işletmelerin temiz enerji kaynaklarına geçişini geciktirebilir.

3.2 Ulusal Çerçeve Politikaları, Mekanizmalar ve Yol Haritaları

3.2.1 Karbon Fiyat Mekanizması

Türkiye'de mevcut durumda uygulanan bir 'karbon vergisi' veya 'karbon fiyatlandırma mekanizması' bulunmamaktadır. Bununla birlikte Türkiye, karbon piyasalarının kurulmasında uluslararası iş birliği ve bilgi paylaşımını kolaylaştırmayı hedefleyen 'Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı' (Partnership for Market Readiness, PMR) Projesi'ne katılmıştır (PMR Türkiye, 2023). PMR Türkiye Projesi kapsamında karbon fiyatlandırma mekanizmalarının Türkiye'de uygulanabilirliğinin değerlendirildiği ilk uygulama fazı Aralık 2018 tarihinde tamamlanmıştır. İlk faz sonuçlarına göre Türkiye için en uygun uygulamanın bir karbon piyasası kurulması olduğu ortaya çıkmıştır. PMR Türkiye Projesi'nin ikinci uygulama fazı Şubat 2019 tarihinde resmi olarak başlamıştır ve amacı Türkiye için pilot bir Emisyon Ticareti Sistemi (ETS) kurulması için gerekli yasal ve teknik altyapının hazırlanmasıdır.

3.2.2 Yeşil Mutabakat Eylem Planı

Temmuz 2021 tarihinde Türkiye, sürdürülebilir kalkınmayı teşvik ederken sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlayan Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nı yayımlamıştır (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2021). Plan, Türkiye'nin sürdürülebilir ve kaynak verimliliği temeline dayanan döngüsel bir ekonomiye geçişine katkı sağlamayı hedeflemektedir ve bu doğrultuda Avrupa Birliği'nin (AB) 2019 yılında açıkladığı Avrupa Yeşil Mutabakatı ile de uyumludur. Plan kapsamında 9 ana başlık altında tanımlanmış toplam 32 hedef ve 81 eylem bulunmaktadır. Ana başlıklar arasında:

- Sınırda karbon düzenlemeleri,
- Yeşil ve döngüsel ekonomi,
- Yeşil finansman,
- Temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı,
- Sürdürülebilir tarım,
- Sürdürülebilir akıllı ulaşım,
- İklim değişikliği ile mücadele,
- Diplomasi,
- Bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri

bulunmaktadır. Bu başlıklar altında tanımlanan hedeflerle Türkiye hem AB Gümrük Birliği entegrasyonunu korumayı hem de döngüsel ekonomiye geçişi hızlandırmayı hedeflemektedir. Plan'da ele alındığı üzere, Türkiye'nin izleyeceği enerji ve iklim politikalarının AB ile uyumlu hale getirilmesi, küresel değer zincirlerine entegrasyonun hızlanması ve üçüncü taraf ülkelere yapılan ihracatta rekabet gücünün artırılması için büyük önem arz etmektedir.

3.2.3 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Türkiye'nin sürdürülebilir gelişme hedeflerine paralel olarak ve 2017-2023 yılları arasında uygulanmak üzere Birinci Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nı[12] (I. UEVEP) hazırlamıştır (SHURA, 2023).

I. UEVEP kapsamında 2017-2023 yılları arasındaki dönemde, birincil enerji tüketiminde ekonominin tüm sektörlerinde toplam 23,9 milyon ton eşdeğer petrol (Mtep) bir azaltım sağlanması hedeflenmektedir. Yayımlanan UEVEP çerçevesinde,

- Binalar ve hizmetler,
- Sanayi ve teknoloji,
- Enerji,
- Ulaştırma,
- Tarım,
- Yatay konular

dahilinde uygulanması planlanan 55 eylem belirlenmiştir. Belirlenen enerji tasarrufuna ulaşabilmek için ele alınan sektörlerde toplam 10,9 milyar ABD Doları yatırım öngörülmüştür.

Mevcut durumda, Türkiye'de enerji verimliliği projeleri için sağlanan çeşitli teşvik mekanizmaları bulunmaktadır (SHURA, 2023). Bunlar özetle:

- Yatırımları teşvik mevzuatı kapsamındaki teşvikler,
- Performansa dayalı hibe programları ve,
- Binalarda enerji verimliliğine yönelik faiz ve vergi destekleridir.

Enerji verimliliği kapsamındaki yatırımların hızlanması için yatırımlara yönelik teşviklerin etkinleştirilmesi ile birlikte, enerji verimliliği yükümlülükleri ve enerji verimliliği yarışmalarının da en kısa zamanda uygulamaya konulmasının önemli olduğu değerlendirilmektedir.

I. UEVEP çerçevesinde dikkate alınan projeksiyon süresi boyunca uygulanacak eylemlerle birlikte, kümülatif tasarruf tutarının 8,4 milyar ABD Doları olacağı öngörülmektedir (SHURA, 2020; SHURA, 2022b). Enerji sektörü çerçevesinde incelenen eylemler genel olarak enerji üretimi, dağıtımı ve iletiminde enerji kayıplarının önlenmesine yönelik verimlilik artırıcı eylemlere yer verilmektedir. Enerji sektöründe verimliliğin artırılması ve sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla kojenerasyon sistemleri, talep tarafı katılımı, akıllı sayaçlar ve ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan pik yük yönetimi başlıkları detaylıca incelenmektedir. 2024-2030 dönemini kapsayacak II. UEVEP'in ise 2023 yılı sonuna kadar açıklanması beklenmektedir.

Enerji verimliliği son kullanım sektörlerinin enerji dönüşümünde de önemli bir rol oynayacaktır. Elektrik talebini artırması beklenen elektrikli araçlar ve ısı pompaları gibi teknolojilerin bir sonucu olarak dağıtım tarafı tüketicilerinin talep tarafı katılımı da giderek artacaktır. Özellikle elektrikli araç sayısı arttıkça, şarj yükünün elektrik tüketiminin pik saatlerde gerçekleşmemesi için akıllı şarj sistemleri kullanılması sistemin esnekliğini sağlamak açısından önem kazanacaktır. Bununla birlikte, elektrikli

[12] ETKB, 2018. Birinci Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, https://enerji.gov.tr//Media/Dizin/EVCED/tr/EnerjiVerimlili%C4%9Fi/UlusalEnerjiVerimlili%C4%9FiEylemPlan%C4%B1/Belgeler/UEVEP.pdf

araçlarda bulunan batarya kapasitesi sistemin elektrik ihtiyacı olduğunda sistemin dengelenmesi için çalışabileceğinden, frekans düzenlemesi için de oldukça değerli bir katkı sağlayabilecektir. Bu nedenle Time-of-Use (ToU) gibi yeni tarife uygulamalarının yaygınlaştırılması hem sistemin esnekliğinin artırılmasına yardımcı olacak, hem de artan elektrifikasyon ile sera gazı emisyonlarını azaltacaktır (ETKB, 2017). Ocak 2023 tarihinde yayımlanan Türkiye Ulusal Enerji Planı'na göre, enerji verimliliği yüksek olan ekipmanların kullanımının yaratacağı etki de göz önünde bulundurulduğunda, 2020-2035 yılları arasında Türkiye'nin toplam enerji yoğunluğunda yaklaşık %51 seviyesinde bir iyileşme olması beklenmektedir (ETKB, 2023c).

3.2.4 Türkiye Ulusal Enerji Planı

Türkiye Ulusal Enerji Planı, Türkiye'nin 2053 yılına kadar net sıfır emisyonlu bir ekonomiye ulaşma hedefi doğrultusunda orta vadeye (2035) kadar izlenecek yol haritasının detaylarını vermektedir. Plan'da Türkiye'nin 2035 yılına kadar birincil enerji tüketiminin 205,3 Mtep'e çıkacağı projekte edilirken; elektrik talebinin 510,5 teravat saate (TWh) ulaşacağı öngörülmektedir. Nihai enerji tüketiminde elektriğin payının 2020'deki %21,8 seviyesinden, 2035 yılında %24,9'a yükseleceği ve toplam elektrik kurulu gücünün 2035 yılına kadar 189,7 gigavata (GW) çıkacağı değerlendirilmektedir (ETKB, 2023c).

Ulusal Enerji Planı'nda, öncelikle Türkiye'nin fosil yakıtlara olan bağımlılığının azaltılmasının hedeflendiği görülmektedir (Tablo 3). Plan'da 2020 yılında %83,3 olan birincil enerji tüketiminde fosil yakıtların payının 2053 yılında %20,8 seviyesine düştüğü de görülmektedir. Yine uzun dönemli projeksiyonlara bakıldığında kömürün 2053 yılında birincil enerji tüketimindeki payının %3,6 olacağının öngörüldüğü de anlaşılmaktadır. Uzun dönemde kömür tüketiminde öngörülen bu düşüş, elektrik sektöründe kömürden çıkılabileceğini de gösterebilir. Plan'da, orta ve uzun vadede Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artacağı da görülmektedir. Plan'da özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji kurulu gücünde büyük bir artış olacağı öngörülmektedir. Plan dahilinde verilen uzun dönemli projeksiyonlarda, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerji tüketimi içindeki payının 2020 yılındaki %16,7 seviyesinden, 2053 yılında %50'ye çıkacağı belirtilmektedir.

Tablo 3: *Türkiye Ulusal Enerji Planı Hedefleri*

	2020	2035 (Projeksiyon)
Birincil Enerji Tüketimi (Mtep)	147,2	205,3
Elektrik Tüketimi (TWh)	306,1	510,5
Nihai enerji tüketiminde elektriğin payı (%)	21,8	24,9
Kurulu güç kapasitesi (GW)	95,9	189,7
Yenilenebilir enerji kapasitesinin toplam kapasitedeki payı (%)	52,0	64,7
Elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payı (%)	42,4	54,8
Güneş enerjisi kapasitesi (GW)	6,7	52,9
Rüzgâr enerjisi kapasitesi (GW)	8,8	29,6

Plan'da, Türkiye'nin doğal gaz enerjisi kurulu kapasitesini artırmayı planladığı, fakat doğal gaz ve kömür santrallerinde üretilen toplam elektrik miktarının azaldığı dikkat çekmektedir. Orta vade olarak kabul edilen 2035 yılı projeksiyonları düşünüldüğünde elektrik üretiminde fosil yakıtların (kömür ve doğal gaz) toplam üretim içindeki payının 2020 yılındaki %57,6 seviyesinden %34,2'e düşeceği anlaşılmaktadır (ETKB, 2023c). Türkiye'nin 2053 yılında net sıfır sera gazı emisyonlu bir ekonomiye sahip olması hedefi düşünüldüğünde, Enerji Planı'nda 2035 yılı için öngörülen elektrik üretiminde fosil yakıt oranının oldukça yüksek olduğu çıkarımı yapılabilir. Bununla birlikte, Plan'da 2035 yılına kadar rüzgâr kurulu gücünde yaklaşık 2,4 kat, güneş enerjisi kurulu kapasitesinde ise yaklaşık 8,9 kat artışın öngörüldüğü de belirtilmelidir. 2035 yılına kadar karasal rüzgâr kapasitesindeki artışın yanı sıra 5 GW kapasiteli deniz üstü rüzgâr enerjisi kapasitesinin kurulmasının planlandığı anlaşılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimindeki artışla birlikte, sistem esnekliğinin bataryalar, talep tarafı katılımı ve elektrolizörler yoluyla sağlanması planlanmaktadır.

Plan dahilinde 2035 yılına kadar arz, talep ve kapasite gelişimi belli bir detayda sunulmakla birlikte, 2053 yılı için genel bir öngörü sunulmuştur. Plan'da uzun dönemde (2053) kömür santrallerinden elektrik üretiminin azalmasına rağmen devam edeceği belirtilmektedir. Bununla birlikte, kömür santrallerinin işletme ömürleri dolmadan devreden çıkmayacağı, üretime katkılarının azalsa da rezerv kapasite olarak devrede kalmalarının planlandığı belirtilmektedir. Kömür santrallerinin üretime katkısındaki bir diğer önemli faktörün ise karbon fiyatı olduğu açıklanmaktadır. Fakat Plan dahilinde karbon fiyatları için detaylı bir açıklama verilmemiştir. Ulusal Enerji Planı'nın 2053 yılına kadar daha detaylı bir versiyonunun yayımlanması ile sektörel beklentiler ve yönelimlerin nasıl şekilleneceği açıklık kazanabilir. Bununla birlikte, özellikle karbon fiyatlarının hangi sektörlerde ve ne şekilde uygulanacağı; elde edilen karbon gelirinin ise nasıl kullanılacağı ile ilgili daha detaylı bir çalışma da beklenmektedir.

3.2.5 Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası

Hidrojen, özellikle karbondan arındırılması zor sektörlerde emisyon azaltımı için önemli bir bileşen olarak görülmektedir. Enerji verimliliği, elektrifikasyon ve yenilenebilir enerji; elektrik üretimi, alan ısıtma-soğutma, kısa mesafe taşımacılık ve ulaştırma sektörlerinden kaynaklanan emisyonların azaltılmasına yardımcı olurken, imalat sanayisindeki yüksek sıcaklıktaki prosesler ve özellikle uzun mesafe taşımacılık gibi sektörlerin karbonsuzlaştırılması için tek başına yeterli olmamaktadır. Hedeflenen net sıfır emisyonlar için gerekli olan ileri teknoloji, e-yakıtlar ve yeşil hidrojen gibi alternatif yakıt türlerinin araştırılmasına öncülük etmiştir. Yeşil hidrojen ve türevleri, sürdürülebilir ve düşük karbonlu bir enerji sisteminin oluşturulmasında kilit bir role sahiptir (SHURA, 2023a).

Enerji sistemi bütüncül olarak incelendiğinde hidrojene karşı artan bir ilgi vardır ve çeşitli uluslar hidrojen teknolojisi için yerel yol haritaları ve stratejiler hazırlamaktadırlar. Türkiye de enerji stratejisinin bir parçası olarak hidrojenin yerel olarak üretilmesini ve ihracını da kapsayan bir yol haritasını hazırlayarak bu endüstrinin gelişmesi için ilk önemli adımı atmıştır (ETKB, 2023b). SHURA 2021 yılında iki hidrojen çalışması yürütmüştür (SHURA, 2021b; SHURA, 2021c). Bu analizlere göre hidrojen, imalat, binalar (konut, ticari ve kamu) ve ulaştırma dahil olmak üzere çeşitli son kullanım sektörlerde enerji karışımına katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Türkiye, çelik ve çimento gibi dökme malzeme üretimindeki ilk 10 ülkeden biridir ve bu durum Türkiye'nin nihai enerji tüketiminde sanayinin payını büyük ölçüde artırmaktadır

(SHURA, 2023b). Bununla birlikte ulaştırma sektöründe de artan enerji talebi ve yüksek fosil yakıt bağımlılığı (bknz. Şekil 12 - sağ) elektrifikasyon ile birlikte alternatif yakıtlara olan ilgiyi artırmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından yeşil hidrojen üretimi, Türkiye'deki son kullanım sektörlerinin enerji dönüşümüne tamamlayıcı bir etki sağlayacaktır. SHURA'nın 2021 yılında yayımladığı "Türkiye'nin Ulusal Hidrojen Stratejisi için Öncelik Alanları" raporunda incelendiği üzere, Türkiye'nin imalat sanayinde 2,1 milyon Mtep, karayolu taşımacılığında 1,8 Mtep ve doğal gaz şebekesinde doğal gaz ile harmanlanacak şekilde 0,6 Mtep yeşil hidrojen potansiyeli bulunmaktadır. Aynı çalışmada imalat sanayi, doğal gaz ve ulaştırma sektörlerinde kullanılan fosil yakıtların yeşil hidrojenle ikame edilmesi durumunda Türkiye'de 2050 yılı için 1,9 milyon ton (Mt) yurt içi yeşil hidrojen talebi oluşacağı hesaplanmıştır. Bu iç talebin düşülmesinden sonra çalışma kapsamında 2050 yılı için Türkiye'nin ihracat kapasitesinin 1,5 ile 1,9 Mt arasında olacağı öngörülmektedir.

SHURA'nın 2021 yılında yayımladığı ikinci hidrojen çalışması olan "Türkiye'nin Yeşil Hidrojen Üretim ve İhracat Potansiyelinin Teknik ve Ekonomik Açıdan Değerlendirmesi" çalışmasında, hidrojen potansiyelinden yararlanmak için 12,1 GW kurulu elektrolizör kapasitesine ve elektroliz için de 36,3 GW elektrik kaynağına ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Bu yatırımların sonucunda Türkiye'deki yıllık yeşil hidrojen üretimi 3,4 Mt seviyesine ulaşacaktır. Fakat bu kapasiteye ulaşılması için gerekli olan ciddi bir yatırım miktarı söz konusudur. Yapılan hesaplamaya göre bu senaryo kapsamında yıllık 3,4 Mt yeşil hidrojen üretimine ulaşılabilmesi için 2050 yılına kadar yıllık 3 ile 4 milyar ABD Dolar arasında yatırım gerekli olacaktır.

Son olarak SHURA'nın 2023 yılında yayımladığı "Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü için Yol Haritası" çalışmasında 2053 yılında toplam enerji tüketiminin %15'inin yeşil hidrojen ve e-yakıtlar tarafından karşılanacağı değerlendirilmiştir.

Türkiye'de Hidrojen

Hidrojen teknolojisi, 2 Mayıs 2007 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan "Enerji Verimliliği Kanunu" mevzuata girmiştir. Hidrojen teknolojisi her ne kadar enerji verimliliği mevzuatı ile Türkiye'nin gündemine girdiyse de, 7 Haziran 2011 tarihli ve 27957 sayılı Resmî Gazete'de[13] yayımlanan "Hidrojen ile Çalışan Motorlu Araçların Tip Onayına İlişkin Yönetmelik" ile hidrojenin ulaştırma sektöründe kullanımına yönelik ilk yasal düzenleme belirlenmiştir. Yine ulaşım sektöründe, motorlu araçların birim yakıt tüketiminin düşürülmesi ve enerji verimliliğinin artırılması kapsamında yayımlanan "Ulaşımda Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik"[14] ile hidrojen, fosil yakıtlara alternatif olarak teşvik edilmesi planlanan alternatif yakıtlar arasında yer almıştır.

Son olarak, Ocak 2023 tarihinde ETKB tarafından yayımlanan "Türkiye Hidrojen Teknolojileri Yol Haritası ve Stratejisi" raporu ile Türkiye'nin uzun dönemli ekonomik büyüme hedefleri ve 2053 net sıfır emisyonlu ekonomiye geçiş sürecine uyumlu bir şekilde hidrojen üretimi ve kullanımı incelenmiştir.

[13] Resmi Gazete (2011), https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/06/20110607-4.htm
[14] Resmi Gazete (2019), https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/05/20190502-5.htm

Yayımlanan Hidrojen Yol Haritası'nda hidrojen teknolojisinin yurt içinde üretimini gerçekleştirmek için gerekli araştırma, destek ve uygulama programları ile ilgili hedeflere de yer verilmektedir. Yerel olarak üretilmesi planlanan düşük karbonlu hidrojenin çeşitli sektörlerde (ulaşım, petrokimya, demir-çelik, gübre ve çimento vb.) kullanılmasıyla, enerji arz güvenliği sağlanırken, çevresel sürdürülebilirlik ve yaşam kalitesinin artırılmasına da katkıda bulunulacaktır.

Yol Haritası'nda sanayideki emisyonları en düşük seviyeye indirebilmek için öncelikle doğal gaz, hidrojen ve sentetik metan karışımının kullanılmasının ve enerji talebini karşılamak için hidrojenin öncelikle yerinde kullanılmasının hedeflendiği belirtilmektedir (ETKB, 2023b). Yayımlanan Yol Haritası'nda hidrojen teknolojisinin geliştirilmesinde dikkate alınan temel hedefler:

- Yeşil hidrojenin üretim maliyetinin 2035 yılına kadar 2,4 ABD$/kgH seviyesinin; 2053 yılına kadar ise 1,2 ABD$/kgH seviyesinin altına düşürülmesi,
- Toplam kurulu elektrolizör kapasitesinin 2030 yılında 2 GW, 2035 yılında 5 GW ve 2053'te 70 GW seviyesine çıkarılması

şeklindedir.

Hidrojen Yol Haritası özellikle 2035 yılına kadar hidrojen teknolojisinin geliştirilmesi, yerel olarak üretilmesi ve kullanımı için çeşitli detaylar vermekle birlikte, bu Plan doğrultusundaki hedeflerin gerçekleştirilmesi için hangi politikaların uygulanacağı ve ilgili yatırımların finansmanının ne şekilde sağlanacağı konularında belirsizlikler bulunmaktadır.

3.2.6 Orta Vadeli Program ve 12. Kalkınma Planı Kapsamında Enerji Sektörü

2023 yılında yayımlanan ve Türkiye merkezi yönetim bütçe sürecini başlatan Orta Vadeli Program (2024 – 2026) ile ileriye dönük ulusal kalkınma hedeflerinin belirlendiği 12. Kalkınma Planı (2024 – 2028) kapsamında iklim değişikliğinin çevresel ve ekonomik boyutları doğrultusunda yeşil ve dijital dönüşüm temaları incelenmektedir. 6 Eylül 2023 tarihli ve 32301 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Orta Vadeli Program dahilinde yeşil ve dijital dönüşüm odağında verimlik konusuna değinilmekte ve bu doğrultuda başta enerji, sanayi, ulaştırma ve tarım sektörleri olmak üzere tüm sektörlerde yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve elektrifikasyonun önceliklendirildiği vurgulanmaktadır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023). Program'ın uygulama dönemi boyunca, Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçiş hedefi ve ulusal kalkınma öncelikleri doğrultusunda yeşil dönüşüm sürecinin hızlandırılacağı değerlendirilmektedir. Bu hedefler bağlamında rekabetçiliğin ve verimliliğin ön planda olduğu, adil geçiş ilkelerinin gözetildiği ve uluslararası finansman kaynaklarından faydalanarak ulusal teşvik mekanizmalarının geliştirilmesinin planlandığı anlaşılmaktadır. Bu doğrultuda iklim değişikliği ile mücadele kapsamındaki uygulamaların bütüncül bir şekilde ele alınacağı mevzuat hazırlığının tamamlanması hedeflenmektedir. Karbon fiyatlandırması konusunda, Orta Vadeli Program'da sera gazı emisyonlarının izlenmesi ve fiyatlandırılması için bir altyapının oluşturulması ve Ulusal Emisyon Ticaret Sistemi'nin (ETS) hukuki altyapısının tamamlanması hedefleri de yer almaktadır. Bu hedeflerin yanı sıra, hem enerji sektörünü hem de son kullanım sektörlerini ilgilendiren ve enerji dönüşümünü odağına alan çeşitli politika önerileri ve tedbirler de Program dahilindedir.

İklim değişikliği ile mücadele bağlamında enerji dönüşümünü destekleyen bir diğer bütüncül politika ise 1 Kasım 2023 tarihli ve 32356 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 12. Kalkınma Planı'dır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023a). 12. Kalkınma Planı kapsamında da yeşil ve dijital dönüşüm temaları incelenmiş ve enerji arzının 2053 yılı net sıfır emisyon hedefleriyle örtüşen, sürdürülebilir, ekonomik ve güvenli bir şekilde temini için enerji kaynaklarının çeşitlendirilerek, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının azami seviyede kullanılması gerekliliği üzerinde durulmuştur. Plan doğrultusunda enerji sektörü kapsamında:

- enerji piyasası tasarımında yapılacak iyileştirmeler,
- enerjiyi yoğun kullanan son kullanım sektörleri başta olmak üzere enerji verimliliğinin artırılması,
- yenilenebilir enerji kaynaklı elektrifikasyonun artırılması,
- deniz üstü rüzgâr enerjisi gibi Türkiye'de henüz uygulaması olmayan yeni teknolojilerin kullanımı ve yenilenebilir enerji kapasitesinin artırılması,
- elektrik şebekesinin geliştirilmesi,
- enterkonneksiyon kapasitesinin artışı dahil farklı esneklik seçeneklerinin uygulanması,
- nükleer enerji kapasitesinin artırılması

gibi çeşitli hedef, politika ve tedbirler belirlenmiştir. 12. Kalkınma Planı'nda yer alan 2028 yılı hedefleri kapsamında birincil enerji talebinin 2028 yılında, 2022 yılına oranla %19,1 artarak 190 milyon ton eşdeğer petrol (Mtep) olacağı öngörülmektedir. 2028 yılı elektrik talebinin de 2022 yılına göre %29,9 artarak 430 teravat saat (TWh) olması hedeflenmektedir. Türkiye elektrik kurulu gücünün 2028 yılında 136.000 megavat (MW) olacağı, bu kapasitenin %13,2'sinin (18.000 MW) rüzgâr enerjisi, %22'sinin (30.000 MW) ise güneş enerjisi santralleri tarafından oluşacağı değerlendirilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının ise 2028 yılında %50 seviyesine çıkması hedeflenmektedir. Artan değişken yenilenebilir enerji kapasitesini dengelemek için şebeke esnekliğinin artırılacağı ve bu bağlamda 2028 yılına kadar toplam 5.000 MW batarya depolama kapasitesinin kurulmasının planlandığı değerlendirilmektedir.

3.3 Elektrik Sektöründe İyileştirmeye Açık Alanlar

Türkiye'nin 2021 yıl sonunda Paris İklim Anlaşması'nı onaylaması ve akabinde 2053 yılına kadar net sıfır sera gazı emisyonlu bir ekonomiye geçeceğine dair taahhüdü, Türkiye'nin uzun dönemli enerji ve iklim politikalarını uygulamaya almasını gerektirmektedir. Bu politikaların temelini fosil yakıtlı üretimden yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan üretime geçiş, enerji verimliliği ve elektrifikasyon potansiyellerinden azami seviyede yararlanılması ve yeni teknolojilerin (örneğin yeşil hidrojen) kullanımını içeren enerji dönüşümü oluşturmaktadır. Türkiye, enerji dönüşümü ile geleneksel merkezi ve tek yönlü bir elektrik sisteminden, tüketicilerin odak noktası olduğu daha dağıtık ve etkileşimli bir sisteme geçiş yapacaktır. Mevcut durumda, dağıtık enerji Türkiye'de çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Sisteme yüksek kapasitelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının entegre edilebilmesi ve sistemin güvenirliği açısından dağıtık enerji sistemleri de dahil çeşitli esneklik uygulamalarının da kullanılması gerekmektedir.

Türkiye'nin enerji dönüşümünü gerçekleştirirken ekonomik olarak büyümeye devam edeceği öngörülmektedir (SHURA, 2023a). "Net Sıfır 2053: Elektrik Sektörü için Yol Haritası" çalışmasında görüldüğü üzere Türkiye'nin artan ekonomik faaliyetlerine paralel olarak 2030 yılına kadar toplam enerji talebi artmaktadır. Bununla birlikte, bu tarihten sonra artan elektrifikasyon ve enerji verimliliğinin etkileriyle 2053 yılındaki toplam enerji talebi 2020 yılı seviyelerine gerilemektedir. Türkiye'nin 2053 yılındaki toplam elektrik talebi 2020 yılı seviyesinin 2,4 katı kadar olacağı hesaplanmaktadır. Artan elektrik talebi ve yenilenebilir enerji kapasitesi ile, dönüşüm süresince iletim ve dağıtım hatlarının modernizasyonu ve iyileştirilmesi de gerekecektir. Bu nedenle orta ve uzun vadede, hem elektrik üretiminde gerekli kapasitelere ulaşılmasında hem de sistemin modernizasyonuna yönelik yatırımların artırılmasını önceliklendiren yeni finansman modellerine ihtiyaç duyulacaktır.

Net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçişte, ekonominin tüm sektörlerinde elektrifikasyon, enerji verimliliği ve yeni teknolojilerin kullanımı bir zorunluluktur. Mevcut durumdaki mevzuatlar ve uygulamalar düşünüldüğünde, 2053 yılı net sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi için başta elektrik sektöründe iyileştirilmesi ve geliştirilmesi gereken yönler ortaya çıkmaktadır. Net sıfır hedeflerine ulaşılması için elektrik sektörünün karbonsuzlaştırılmasında öne çıkan potansiyel iyileştirme alanları Tablo 4'te özetlenmiştir.

Tablo 4: *Elektrik sektöründe iyileştirilebilecek alanlar*

Ana Başlık	Konu	İyileştirme alanlarının tanımları
Elektrik piyasasının mevcut koşulları	Piyasa iyileştirmeleri	Tam rekabetçi ve serbest piyasa işleyişine henüz geçilememiş olunması.
	Talep tarafı katılımı ve bağımsız talep toplayıcılar	Talep tarafı katılımının ve bağımsız talep toplayıcılarının henüz piyasaya erişimi bulunmamaktadır ve sorumlulukları tanımlanmamıştır.
	Sistem esnekliği	Mevcut durumda uygulanan asgari-azami fiyat limitleri ve sistem maliyetlerini yansıtmayan dengesizlik cezaları gibi uygulamalar esnek temiz teknoloji entegrasyonunu sınırlamaktadır.
	Tarife yapıları	Çok zamanlı ve dinamik tarife uygulamaları bulunmamaktadır.
	Fiyat bölgeleri	Türkiye'de tek bir ulusal fiyat uygulanmakta ve fiyat bölgeleri bulunmamaktadır.
	Fiyat öngörülebilirliği ve şeffaflık	Mevcut piyasa yapısında fiyat öngörülebilirliği yapılamamaktadır. Şeffaflık konusunda tüm paydaşları kapsayan tam rekabetçi ortam henüz oluşamamıştır.
Elektrik sektöründe uygulanan teşvik ve sübvansiyonlar	Perakende elektrik fiyatlarına uygulanan sübvansiyonlar	Mevcut durumda özellikle konutlara önemli oranda sübvansiyon uygulanmaktadır.
	Kapasite mekanizması uygulaması	Elektrik üretiminde kapasite mekanizmasına katılımda santraller için belirlenmiş bir CO_2 emisyon limiti veya verimlilik oranı bulunmamaktadır.
	Yerli kömür alım garantisi uygulaması	Yerli kömür kullanan termik santrallere uygulanan alım garantileri serbest piyasa işleyişini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.
Elektrik şebekesi	Dağıtım hatlarındaki yüksek kayıp-kaçak oranı	Türkiye'de dağıtım hatlarında yaşanan kayıp-kaçak oranlarının gelişmiş ülke ortalamalarından yüksek gerçekleşmektedir.
	Elektrifikasyonun artışıyla şebekeye gelecek yeni yükler	Dağıtım şebekelerinin, enerji dönüşümüyle gelecek yeni yüklere (örneğin elektirkli araçlar, ısı pompaları, çatı üstü GES uygulamaları) hazırlanması gerekmektedir. Bununla birlikte dağıtım şebekelerinin, gelecek bu yeni yüklere göre genişleme planlarının oluşturulması gerekmektedir. Mevcut durumda, bu gibi yeni yükleri içeren strateji dökümanları henüz oluşturulmamıştır.
	Enterkonneksiyon kapasitesi	Türkiye komşularıyla sınırlı bir enterkonneksiyon kapasitesine sahiptir. Bununla birlikte piyasa eşleşmesi de bulunmamaktadır.
	Altyapının iyileştirilmesi	Mevcut şebeke gelişim planı Türkiye enerji dönüşümü için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Bununla birlikte, güvenilir ve istikrarlı bir şekilde enerji arzının devamlılığının sağlanması için, planlanan yeni yatırımların sisteme entegrasyonunda, şebekenin ihtiyaçlarını göz önünde bulunduran ve yatırımcıları yönlendiren şeffaf bir şebeke genişleme planı bulunmamaktadır.

Yenilenebilir enerji proje finansmanı	Proje finansmanına sınırlı erişim	Mevcut yatırımların çoğu 'proje finansmanı' kapsamından daha düşük kapasitelerdedir. Proje finansmanı kapsamına giren büyük kapasiteli projeler ise önceden tanımlanmış sosyal, çevresel ve teknik standartları karşılamakta zorlanabilmektedir.
	Uzun vadeli finansman seçeneklerinin yetersizliği	Mevcut finansman seçeneklerinin genellikle kısa vadeli olmasına rağmen geliştirilen projelerin geri ödeme sürelerinin çoğunlukla uzun dönemli olması finansmana erişimde sorunlara neden olabilmektedir.
	Yenilenebilir enerji projeleri için uygun fiyatlı finansman	Proje finansmanı kapsamındaki kredilerde yüksek nominal faiz oranlarının uygulanması.
	Proje geliştirmeye odaklı mali destek sistemleri	Yenilenebilir enerji projelerinin hayata geçirilmesinde sağlanması gereken uzun vadeli finansmana erişimde yaşanan sorunlar nedeniyle proje geliştirme aşamasında ilave desteklere ihtiyaç oluşabilmektedir.
Yenilenebilir enerji proje geliştirme	Lisans ve izin süreçleri	Özellikle lisanslı yenilenebilir enerji projeleri için birden fazla kurumdan 'olur' alınması gerekmektedir. Gerekli izinlerin tamamlanması için uzun sürelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum projelerin tamamlanmasında gecikmelere ve beklenmeyen maliyetlerin doğmasına neden olabilmektedir.
Karbon fiyatlandırma mekanizması	Karbon fiyatlandırma mekanizması uygulaması	Emisyon kaynaklı çevresel zararların önlenmesi, hedeflenen emisyon azaltımlarına ulaşılması ve uluslararası rekabetçiliği koruyacak kapsamda bir karbon fiyatlandırma mekanizması bulunmamaktadır.
	Karbon gelirleri	Enerji piyasası yapısı çerçevesinde, ekonomik büyüme ve kalkınma hedefleri de düşünülerek elde edilecek karbon gelirlerinin ne şekilde kullanılacağı üzerine bir strateji bulunmamaktadır.
Dağıtık enerji	Dağıtık enerji kaynaklarına uygun yenilikçi piyasalar	Elektrifikasyonun esneklik potansiyelinin kullanılabileceği ve bu potansiyelin teklif olarak sunulabileceği; kabul edilen teklifler karşısında esneklik potansiyeli sunan tarafların ödüllendirileceği bir piyasa yapısı bulunmamaktadır.
	Mevzuat	Konutlarda ve diğer tüm binalarda kullanılacak dağıtık enerji üretimi sistemlerinin ısı pompası, soğutma sistemleri, elektrikli araç şarj istasyonları ve batarya depolama teknolojileri ile entegrasyonu gerekmektedir. Tüm bu sistemlerin optimum bir şekilde yönetilmesi için ilgili standartlar ve bu standartlara dayanan bir bina mevzuatı eksikliği bulunmaktadır.
	Akıllı sayaçlar	Akıllı sayaçlar, dağıtım kaynaklı kayıp-kaçakların azaltılması, tüketicilerin yük kaydırma gibi olanaklarla piyasaya katılımını sağlayarak sistem esnekliğine katkı sunmasını kolaylaştıracaktır. Akıllı sayaçların yaygınlaştırılmasını da içerecek şekilde düzenlenen bir eylem planı eksiliği bulunmaktadır.
	Mikro şebekeler	Mikro şebekelerde üretilecek ve tüketilecek elektriğin ticaret mekanizmaları (örneğin P2P ticareti) henüz tanımlanmamıştır. Mikro ve akıllı şebekelerin gelişimine yönelik strateji ve yol planı bulunmamaktadır.
Enerji verimliliği	Mevzuat	Enerji verimliliği yükümlülükleri ve yarışmalarıyla ilgili bir mevzuat eksikliği bulunmaktadır. Bununla birlikte enerji verimliliği ölçme, doğrulama ve tahkim konularında ikincil bir mevzuat ihtiyacı bulunmaktadır.
	Finansman	Mevcut durumda enerji verimliliği yatırımlarının finansmanı ayrı bir alan olarak tanımlanmamaktadır. Ayrıca bu yatırımların finansmanında teminatlandırma konusunda eksiklikler de bulunmaktadır.
Dolaylı elektrifikasyon[15]	Mevzuat	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Ocak 2023 tarihinde Türkiye'nin 2053 yılına kadarki uzun dönemli yeşil hidrojen yol haritasını sunmuştur. Bununla birlikte, bu yol haritasını destekleyecek politika ve stratejileri içeren mevzuat henüz belirlenmemiştir.
	Şebeke	Yeşil hidrojen ve türevlerinin bir karışım olarak doğal gaz şebekesinde kullanılması için AR-GE çalışmalarının yürütülmesi ve şebekenin geliştirilmesi için yatırım ihtiyaç planlama ve uygulaması bulunmamaktadır.

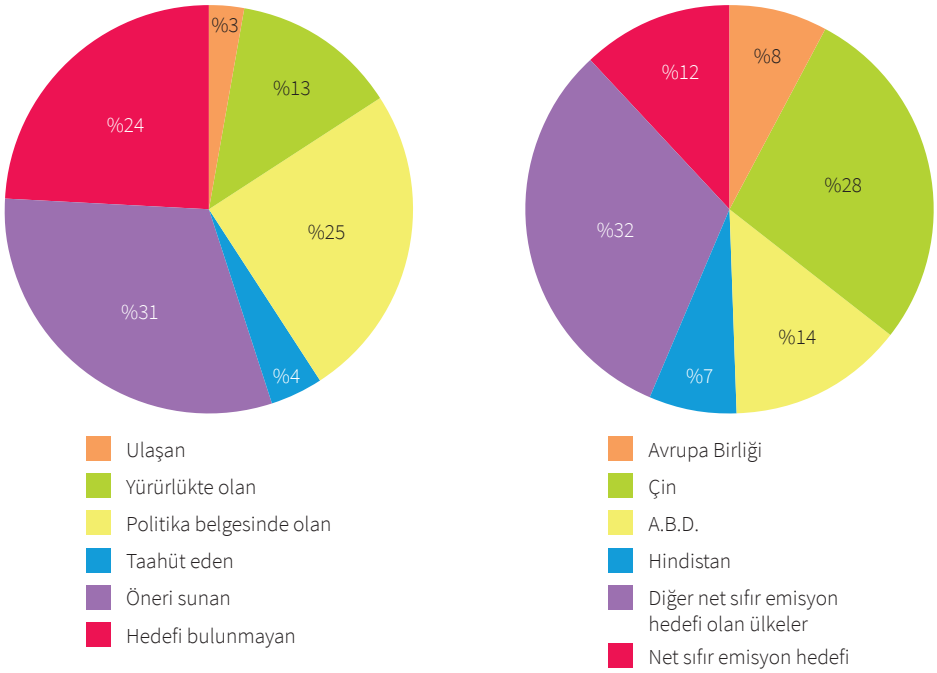
[15] Yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtlar



4. Küresel İklim Politikaları ve Uluslararası İyi Uygulamalar

İklim değişikliğiyle mücadelede dünya ülkeleri, ekonominin tüm sektörleri için çeşitli politikalar geliştirerek sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedefleyen stratejik planlar geliştirmektedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamında, 2015 yılında imzalanan ve 2016 yılında yürürlüğe giren Paris Anlaşması'nın temel hedefi, küresel sıcaklık artışlarını 2 santigrat derece (°C) altında sınırlandırmak ve mümkünse bu artışı 1,5 °C altında tutmaktır. Paris Anlaşması'na taraf olan ülkeler net sıfır sera gazı emisyonlu bir ekonomiye geçiş için gerekli iklim ve enerji politikaları ile yol haritalarını belirleyerek, bunları uygulamayı kabul etmişlerdir. Bu kapsamda Paris Anlaşması'na taraf ülkelerin çoğunluğu yüzyıl ortasına (2050) kadar karbon nötr olma hedefleri belirlemişlerdir. Küresel olarak ülkelerin %76'sı net sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda çalışmaktadır (Şekil 19-sol) ve bu hedefleri koyan ülkelerin küresel emisyonlardaki payı yaklaşık %88'e denk gelmektedir (Şekil 19-sağ).

Şekil 19: *Ülkelerin net sıfır emisyon hedef durumları (sol) ve net sıfır emisyon hedefi koymuş ülkelerin küresel emisyonlardaki payları (sağ)*

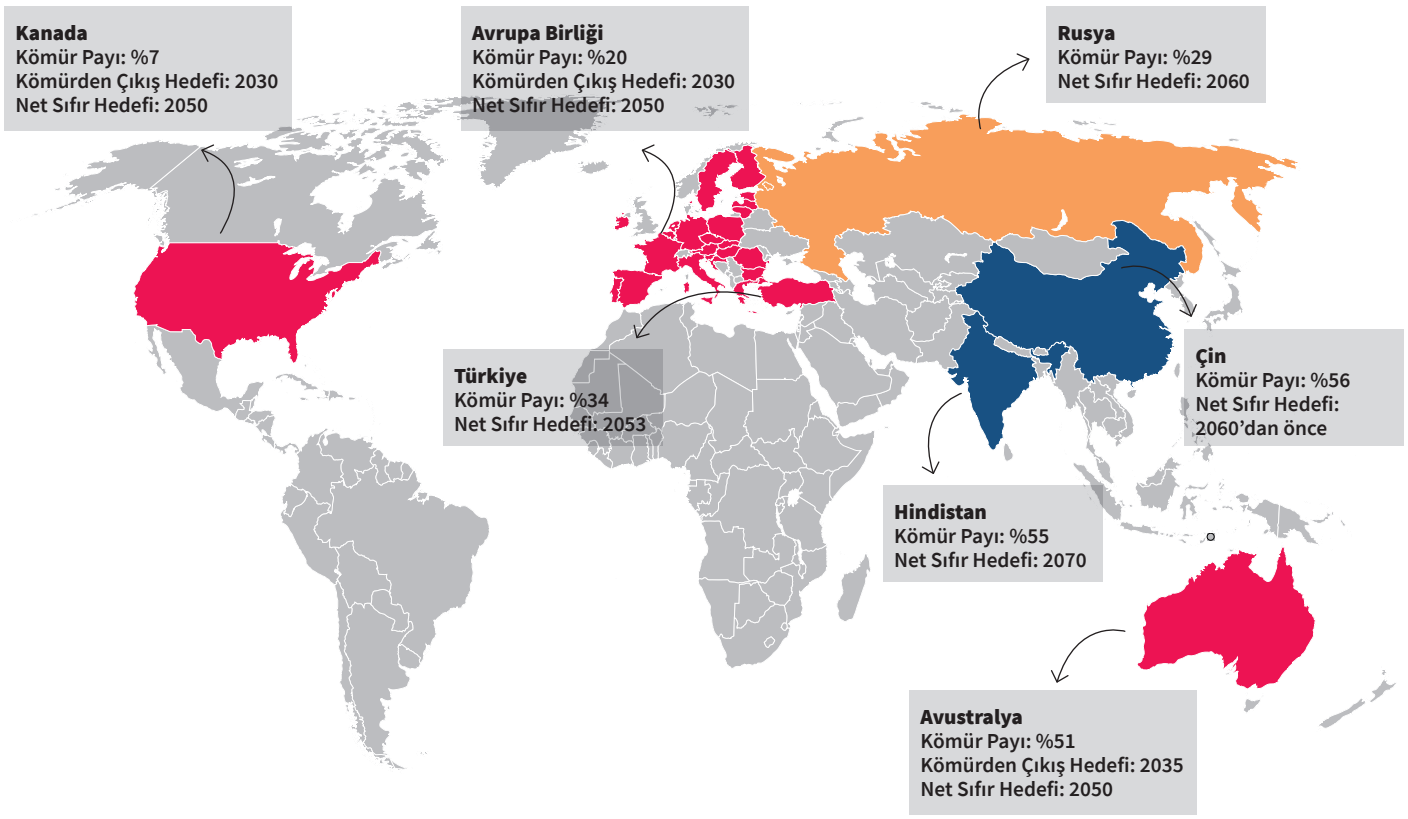


Kaynak: Climate Action Tracker, 2023

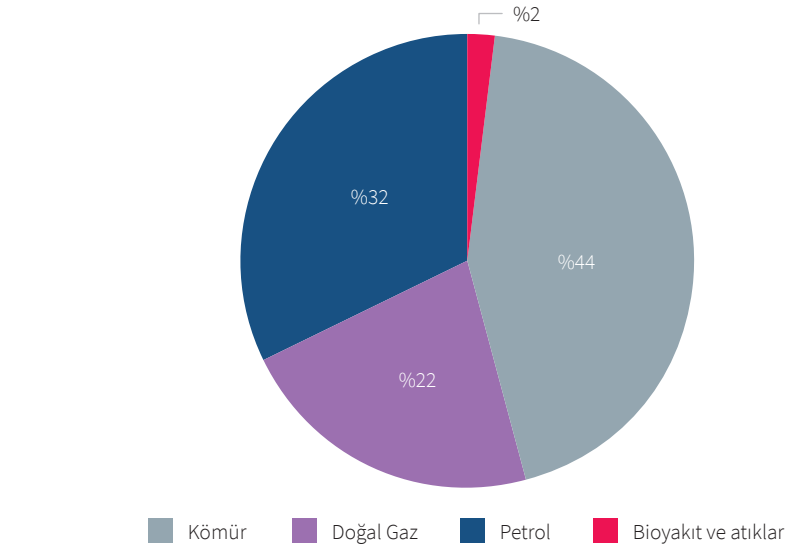
Paris Anlaşması'nın imzalanmasından itibaren birçok ülke, karbon nötr ekonomiye ulaşmak için hedefler koymuş ve buna yönelik olarak uzun dönemli politikalar tasarlamıştır (Şekil 20). Bununla birlikte, Covid-19 salgını sonrası toparlanma döneminde yaşanılan emtia krizi ve fosil yakıtlarda yaşanılan emsali görülmemiş fiyat artışları ile derinleşen enerji krizi, Şubat 2022 tarihinde başlayan Rusya – Ukrayna savaşı ile etkilerini daha da artırmıştır (IEA, 2022). Bu küresel gelişmelerle birlikte, ülkelerin enerji arz güvenliği ve enerji dönüşümünün önemi tekrar ön plana çıkmıştır.

Dünya enerji arzının yaklaşık %80'lik bir kısmı fosil yakıtlardan meydana gelmektedir (IEA, 2023). Şekil 21, 2021 yılında fosil yakıt kaynaklı küresel sera gazı emisyonunun %44'ünün sadece kömürden kaynaklandığını göstermektedir. Bu nedenle, adil dönüşüm ilkeleriyle kömürden çıkışın sağlanması, net sıfır hedeflerine ulaşılmasında önemli bir role sahip olacaktır.

Şekil 20: *Ülkelerin elektrik üretiminde kömür kullanımı, tahmini emisyon zirve yılları, kömürden çıkış hedefleri ve net sıfır emisyon hedefleri*



Şekil 21: *2021 yılı küresel sera gazı emisyonlarının fosil kaynak bazında dağılımı*



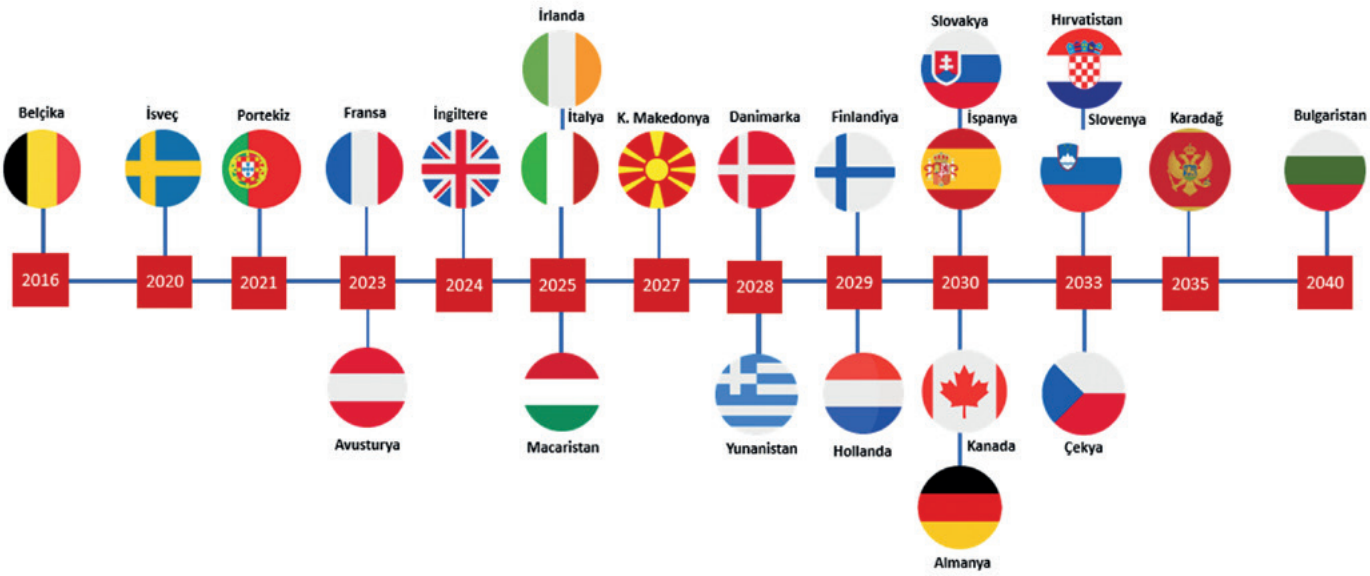
Kaynak: IEA, 2023

Elektrik sektörünün diğer sektörlerden daha önce net sıfır emisyona ulaşması tüm enerji ekosisteminin karbonsuzlaşmasında önemli olacaktır (SHURA, 2023a). SHURA'nın Net Sıfır 2053 senaryosu kapsamında, 2050 yılında net sıfır hedefine ulaşan elektrik sektörü, akabinde negatif emisyonlara ulaşarak, ulaştırma ve sanayi sektörlerinden kaynaklanan artık emisyonları da telafi etmektedir. Elektrik sektörünün 2053 yılı öncesinde net sıfır emisyona ulaşmasındaki temel faktörlerden ilki, elektrik üretiminde kömür kullanımının kademeli olarak azaltılarak orta vadede (2035) tamamen durdurulmasıdır. Bununla birlikte, çalışmada 2035 yılından itibaren doğal gaz boru hatlarında da kademeli olarak e-yakıt karışımı (yeşil hidrojen, sentetik gaz ve biyogazlar) kullanılacağı ve projeksiyon dönemi sonunda şebekenin tamamının net sıfır emisyonlu bir şekilde işletileceği modellenmektedir. Türkiye'nin 2053 yılına kadar net-sıfır emisyon hedefine ulaşabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme azami entegrasyonu ve son kullanım sektörlerinde elektrifikasyon ile enerji verimliliğinin yüksek seviyelere çıkması tüm ekosistemin karbonsuzlaşmasında anahtar role sahiptir.

4.1 Uluslararası Emisyon Azaltım Hedefleri

Dünya çapında pek çok ülke enerji dönüşümü yol haritaları kapsamında kademeli olarak kömürden çıkış stratejileri geliştirmektedir (Şekil 22). 2015 yılında İngiltere, 2025 yılında kömürden çıkışı hedefleyen ilk ülke olmuştur. 2016 yılında Kanada kömürden çıkış hedeflerini 2030 yılı itibarıyla gerçekleştireceğini açıklamıştır. 2017 yılında Almanya'nın Bonn kentinde düzenlenmiş 23. Birleşmiş Milletler Taraflar Konferansı'nda (COP23), İngiltere ve Kanada tarafından "Kömür Kullanımının Azaltılması İttifakı" (Powering Past Coal Alliance, PPCA) kurulmuştur. PPCA, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ve AB ülkelerini 2030 yılına kadar, dünyanın geri kalanını ise 2040 yılına kadar kademeli olarak kömürden çıkmaya teşvik etmektedir. PPCA kurulduğunda ülke, il, eyalet ve şehir düzeyinde toplam 27 otorite deklarasyonu imzalamış ve kömür kullanımını aşamalı olarak azaltmayı desteklediklerini beyan etmişlerdir. Ekim 2022 tarihi itibarıyla PPCA ittifakında, 48 ülke, 48 yerel hükümet ve 71 küresel organizasyonu kapsayan toplam 167 üye bulunmaktadır (PPCA, 2022). Tablo 5, Avrupa Birliği, seçilmiş Avrupa ülkeleri ve diğer ulusların belirlediği net sıfır hedefleri ve karbon azaltım stratejilerini özetlemektedir.

Şekil 22: *Ülkelerin hedefledikleri kömürden çıkış tarihleri*



Tablo 5: *Uluslararası sera gazı emisyon azaltım hedefleri*

Ülke/Bölge	Hedef Yıl	Hedef Alan	Hedefler ve Geliştirilen Mekanizmalar
Avrupa Birliği[16]	2025	Yenilenebilir Enerji	• REPowerEU Planı kapsamında 320 GW güneş kapasitesi kurulumu
	2030	Yenilenebilir Enerji	• REPowerEU kapsamında enerji karışımının %45'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması • REPowerEU Planı kapsamında 592 GW güneş, 510 GW rüzgâr enerjisi kapasitesinin sağlanması • Avrupa Çatı Üstü Güneş Enerjisi Girişimi kapsamında belli binalar için çatı üstü GES kurulumunun zorunlu hale getirilmesi
Almanya	2030	Sera gazı Emisyonları	• Kömürden kademeli çıkışın sağlanması
		Yenilenebilir Enerji	• 215 GW güneş enerjisi kurulu kapasitesi (Aurora, 2023) • 30 GW deniz üstü rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi (Ocean Energy Resources, 2023)
	2040	Yenilenebilir Enerji	• 160 GW karasal rüzgâr kapasitesi (Clean Energy Wire, 2022)
İspanya	2025 – 2035	GHG Emisyonları	• 2025 yılına kadar kömürden kademeli olarak çıkış • 2030 yılına kadar fosil yakıtlara bağımlılığın %51 seviyesine gerilemesi • 2035 yılına kadar kademeli olarak nükleer santrallerin kapatılması • 2030 yılında 1990 yılı sera gazı emisyon seviyesine oranla %32 emisyon azaltımının sağlanması (Avrupa Komisyonu, 2023).
		Yenilenebilir Enerji	• 2030 yılına kadar nihai enerji tüketiminin %48'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması • 2030 yılına kadar elektrik üretiminin %81'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması (Avrupa Komisyonu, 2019).
	2050	Yenilenebilir Enerji	• Elektrik üretiminin %100'ünün yenilenebilir enerji tarafından karşılanması
İtalya	2025	Sera gazı Emisyonları	• Elektrik üretiminde kömürden çıkış (Avrupa Komisyonu, 2022)
	2030	Elektrifikasyon - Ulaşım	• Kamunun alacağı yeni araç filolarının 85%'inin elektrikli veya hibrit olması (Avrupa Parlamentosu, 2021)
	2030	Yenilenebilir Enerji	• Nihai enerji tüketiminin %40,5'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması • Elektrik üretiminin %65'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması • 28,1 GW rüzgâr enerjisi (2,1 deniz üstü RES olmak üzere) ve 79,9 GW güneş enerjisi kurulu kapasitesine ulaşılması
Birleşik Krallık	2023	Hidrojen	• 2023 yılında elektrolitik hidrojen üretim kapasitesinin 250 MW seviyesine ulaştırması (Endüstriyel Dekarbonizasyon ve Hidrojen Gelir Desteği, Industrial Decarbonisation and Hydrogen Revenue Support - IDHRS)
		Elektrifikasyon	• 2022 – 2025 yılları arasında geçerli olan 450 milyon İngiliz Sterlin bütçeli "Boiler Upgrade Scheme" (Kombi Yenileme Tasarısı) programı ile binalarda ısı pompasına geçiş (Ofgem, 2023).
	2024	GHG Emisyonları	• Kömürden kademeli çıkışın sağlanması
	2030	Hidrojen	• Düşük karbonlu hidrojen üretim kapasitesinin 10 GW olması (Department for Energy Security and Net Zero, 2023).
	2030	Yenilenebilir Enerji	• Deniz üstü RES kapasitesinin 50 GW seviyesine ulaşması (Yüzen deniz üstü RES kapasitesi 5GW) (DNV, 2023).
	2030	Elektrifikasyon (Ulaşım)	• Yeni benzinli veya dizel araba satışının yasaklanması
	2030	Sera gazı Emisyonları	• Karbon yakalama, kullanma ve depolama (CCUS) yoluyla yılda 20-30 milyon ton karbondioksit eşdeğeri ($MtCO_{2e}$) seviyesinde karbon azaltımı (NSTA, 2023).
ABD	2026	Sera gazı Emisyonları	• 2026 yıl sonuna kadar kömür kapasitesinin 159 GW (2011 yılı kapasitesinin yarısı) seviyesine gerilemesi planlanmaktadır (IEEFA, 2023).
Çin	2025	Yenilenebilir Enerji	• Yıllık yenilenebilir enerji üretiminin 3.300 TWh'a ulaşması • Elektrik tüketiminin %33'ünün yenilenebilir kaynaklardan sağlanması (Enerdata, 2022).
	2030	Yenilenebilir Enerji	• Rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu kapasitesinin 1.200 GW sevyesine çıkması • Enerji tüketiminin %25'lik kısmının fosil olmayan kaynaklardan karşılanması (Min, 2022)
Hindistan	2025 – 2026	Hidrojen	• 2026 yılına kadar yerli elektrolizör üretim kapasitesinin sağlanması ve artırılması • 2030 yılına kadar yıllık 5 milyon ton (mt) yeşil hidrojen üretimi (Government of India Ministry of New and Renewable Energy, 2023).
	2030	Yenilenebilir Enerji	• Deniz üstü RES kurulu kapasitesinin 30 GW seviyesine çıkması (Government of India Ministry of New and Renewable Energy, 2019).
Japonya	2030	Yenilenebilir Enerji	• Toplam kapasite içerisindeki yenilenebilir enerji payının %36 - %38 seviyesine çıkması
	2050	Sera gazı Emisyonları	• Enerji arz güvenliğinin ve enerjiye ekonomik erişimin sağlandığı net sıfır karbon emisyonlu bir ekonomiye geçiş (IEA, 2022c).
Kanada	2023	Enerji Verimliliği, Elektrifikasyon	• Yeşil Evler Girişimi (Greener Homes Initiative) ile bina tadilatları, yeni enerji ve ısıtma sistemlerine (ısı pompası vb) geçiş gibi konular için hibe, kredi vb finansal desteklerin sağlanması (Government of Canada, 2023).
	2030	Sera gazı Emisyonları	• Kömürden kademeli çıkışın sağlanması
	2035	İletim Sistemi	• Elektrik şebekesinin net sıfır emisyonlu bir şekilde işletilmesi (Pembina Institute, 2022).

[16] IEA, 2023. https://www.iea.org/policies/15691-repowereu-plan-joint-european-action-on-renewable-energy-and-energy-efficiency

Tablo 5'de özetlenen Avrupa Birliği'nin uyguladığı politikalar detaylı olarak Bölüm 4.2'de verildiğinden burada açıklanmamıştır.

Almanya

Almanya'nın enerji ve iklim değişikliği politikalarının temelini Energiewende (enerji dönüşümü) adı verilen uzun dönemli enerji ve iklim stratejisi oluşturmaktadır. Strateji'ye göre 2030 yılında sera gazı emisyonlarında 1990 yılına kıyasla %65, 2040 yılında ise %88 oranında bir azaltım hedeflenmektedir. 2045 yılında ise ekonominin tümüyle net sıfır karbon emisyon hedefine ulaşacağı öngörülmüştür. Bu hedeflere ulaşılmasında yenilenebilir enerji politikaları önemli bir rol oynayacaktır. Mevcut planlar kapsamında 2045 yılına kadar yıllık olarak 10 GW karasal rüzgâr, 22 GW ise güneş enerjisi santrali kapasitesinin devreye girmesi hedeflenmektedir. Bunun yanında 2045 yılında toplam deniz üstü rüzgâr kurulu gücü ise 70 GW olacaktır. Yenilenebilir enerjide beklenen bu artışlara paralel bir şekilde Almanya, kömürden çıkış hedefini daha önceki 2038 yılından 2030 yılına çekmiştir (Aktan, 2021). Almanya'nın Energiewende politikaları hakkında daha detaylı bir analize Bölüm 4.3'te yer verilmiştir.

İspanya

Ekim 2018 tarihinde İspanya Hükümeti sendikalar ve madencilik şirketleri ile "Kömür Madenciliğinde Adil Geçiş ve Maden Bölgelerinin Sürdürülebilir Kalkınmasına İlişkin Çerçeve Anlaşması" imzalamış ve 2019 – 2027 tarihleri arasında kapatılacak kömür madenleri ve maden işçilerine yönelik finansal destek ve ilgili düzenlemeleri oluşturmuştur (Insitituta Para La Transicion Justa, 2022). Ayrıca İspanya 2021 yılında PPCA oluşumuna katılmış ve 2030 yılına kadar kömürden çıkmayı hedeflediğini açıklamıştır (Avrupa Komisyonu, 2022a). Fakat Haziran 2023 tarihinde yayımlanan "2023 - 2030 Ulusal Entegre Enerji ve İklim Planı - Güncellenen Taslak" dokümanında görüldüğü üzere, kömürden kademeli olarak çıkış tarihi 2025 yılı olarak güncellenmiştir (Avrupa Komisyonu, 2023). Güncellenen Taslak Entegre Plan'da, 2030 yılına kadar toplam 7 nükleer reaktörden dördünün kapatılması ve 2035 yılında nükleer enerjiden tamamen çıkılmasının hedeflendiği de açıklanmıştır. Fosil yakıtlardaki bağımlılığın ise 1990 yılındaki %79 seviyesinden 2030 yılında %51 seviyesine gerilemesinin planlandığı görülmektedir. Aynı taslak planda, 2030 yılına kadar enerji tüketiminin %48'inin, 2050 yılına kadar ise %100'ünün yenilenebilir kaynaklardan karşılanmasının hedeflendiği anlaşılmaktadır.

İtalya

İtalya Haziran 2023 tarihinde yayımladığı "Ulusal Enerji ve İklim Entegre Planı" dahilinde 2025 yılına kadar kömür yakıtlı elektrik santrallerini kapatacağını belirtmektedir (Avrupa Komisyonu, 2023c). Bununla birlikte, Sardinya Adası için kömürden çıkışın en erken 2028 yılı olacağı belirtilmektedir. Sardinya Adası'nda kömürden çıkmadan önce yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumunun ve ana kara ile enterkonneksiyon kapasitesinin sağlanmasının gerekliliği bu gecikmedeki neden olarak gösterilmektedir. İtalya 2017 yılında PPCA'ya üye olmuştur ve bu Platform'da da kömürden çıkış tarihi olarak 2025 yılı öncesi olarak hedef belirlenmiştir. Güncellenen Ulusal Enerji ve İklim Entegre Planı'nda, 2030 yılında İtalya'nın nihai enerji tüketiminin %40,5'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasının hedeflendiği açıklanmaktadır. Bununla birlikte elektrik üretiminde yenilenebilir enerji payının %65 seviyesine çıkması da hedeflenmektedir. Bu değerlere ulaşabilmek için

kurulu gücün büyük bir kısmının rüzgâr ve güneş enerji santrallerinden oluşacağı anlaşılmaktadır. İtalya'nın 2030 hedefleri arasında elektrik kurulu kapasitesinin 28,1 GW'lık kısmının deniz üstü RES (2,1 GW seviyesinde) dahil rüzgâr enerjisi santrallerinden, 79,9 GW'lık kısmının ise güneş enerjisi santrallerinden oluşmasının hedeflendiği görülmektedir. Artan yenilenebilir enerji kapasitesi ise dijitalleşme, akıllı şebeke yönetimi ve pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri ile dengelenecek ve sistem esnekliği artırılacaktır. Ulaşım sektöründe, alternatif yakıtların (örn. e-yakıtlar) ve şarj altyapısının yanı sıra demiryolu ve denizyolu taşımacılığına yönelik girişimler de teşvik edilmektedir. 2030 yılına kadar, kamu tarafından alınacak yeni araç filolarının (otobüs, otomobil ve atık toplama araçları dahil) %85'inin elektrikli veya hibrit olması planlanmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2023c).

Birleşik Krallık

2015 yılında Birleşik Krallık, ülkenin enerji arzındaki önemli yerine rağmen 2025 yılına kadar kömür santrallerinin aşamalı olarak kapatılacağını ilan etmiştir. 2025 yılı olarak duyurulan kömürden çıkış hedef yılı daha sonra güncellenmiş ve 2024 yılına çekilmiştir.

Ekim 2021 tarihinde Birleşik Krallık "Net Zero Strategy: Build Back Greener"[17] stratejisini yayımlamıştır. Bu Strateji dokümanında Birleşik Krallık'ın 2050 yılına kadar net sıfır sera gazı emisyonlu bir ekonomi olma taahhüdünde bulunmuş ilk devlet olduğu belirtilmektedir. Yayımlanan Strateji dokümanına göre Birleşik Krallık 2035 yılına kadar tüm elektrik talebini düşük karbonlu kaynaklardan karşılayacaktır. "Net Zero Strategy: Build Back Greener" planı kapsamında belirlenen temel politikalar aşağıda özetlenmiştir:

- "Industrial Decarbonization and Hydrogen Revenue Support" (IDHRS) programı ile hidrojen üretimi ve sanayide karbon yakalama ve depolama teknolojilerini kullanan yenilikçi iş modelleri için finansal sermaye sağlanması hedeflenmektedir. IDHRS programının bütçesi 140 milyon İngiliz Sterlin'dir. Birleşik Krallık 2023 yılında IDHRS bütçesinin %70'lik kısmını (100 milyon İngiliz Sterlin) azami 250 MW kapasiteli elektrolitik hidrojen üretim kapasitesi kurulumları için ihale yoluyla tahsis edecektir. 2024 yılında bu konuda bütçe tahsis edilmeye devam edilecektir.
- Birleşik Krallık, 2030 yılına kadar toplam 5 GW kurulu kapasiteli düşük karbonlu hidrojen (mavi ve yeşil hidrojen) üretim tesisi kurmayı hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda Birleşik Krallık, 2022 yılında "Low Carbon Hydrogen Standard" ve "Hydrogen Business Model" tasarılarına nihai şeklini vererek, 240 milyon İngiliz Sterlini bütçeli "Net-Zero Hydrogen Fund" programını hayata geçirmeyi hedeflemektedir.
- İngiltere'nin öncelikli taahhütleri arasında 2030 yılına kadar sanayi sektöründe yıllık 6 $MtCO_2$, 2035 yılına kadar yıllık 9 $MtCO_2$ karbonun yakalanması için karbon yakalama, kullanma ve depolama (CCUS) tesisi kurulması yer almaktadır.
- 315 milyon İngiliz Sterlin'i bütçeli "Industrial Energy Transformation Fund" ve 1 milyar İngiliz Sterlin bütçeli "CCS Infrastructure Fund" programlarıyla sanayide enerji verimliliği ve yerinde karbonsuzlaşma desteklenecektir.
- Tüm binalarda 2035 yılına kadar yeni veya yenilenmiş doğal gaz kombi montajı durdurulacaktır.

[17] https://www.gov.uk/government/publications/net-zero-strategy

- Bina ve ısıtma sektörlerinde, 2030 yılına kadar 175.000 ve 2035 yılına kadar 240.000 "yeşil yakalı" işlerin desteklenmesi, en fazla yatırım gereksinimi olan bölgelere odaklanılarak gayri safi katma değerin 2030 yılına kadar 6 milyar İngiliz Sterlini'ne çıkarılması hedeflenmektedir.
- "Boiler Upgrade Scheme" (Kombi kapsamında, ısı ve bina sektörlerinde elektrikli ısı pompalarına geçiş için 3 yıl süreli ve 450 milyon İngiliz Sterlin bütçeli bir fon oluşturulmuştur. "Boiler Upgrade Scheme" (Kombi Yenileme Tasarısı) ile ev sahiplerine fosil yakıt bazlı kombi yerine ısı pompaları kurmaları için 5.000 İngiliz Sterlin tutarında hibe sağlanmaktadır (Government of UK, 2022).
- Birleşik Krallık'ta 2030 yılı itibarıyla yeni içten yanmalı motorlu araçların (araba ve kamyonetler) satışı yasaklanacak ve 2035 yılından itibaren egzoz emisyonları tamamen sonlandırılacaktır.
- 2030 yılına kadar tarım faaliyetlerinin %85'inin düşük karbonlu uygulamalarla gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. "Farming Innovation Program" gibi sanayi öncülüğünde yürütülen araştırma ve geliştirme çalışmaları ile bahçecilik ve tarım sektörlerinde de net sıfır emisyona ulaşılması sağlanacaktır.

Elektrik sektörünün 2035 yılına kadar karbondan arındırılması hedefine paralel olarak "British Energy Security Strategy" açıklanmıştır. Bu Strateji kapsamında yeni rüzgâr, güneş, nükleer kurulu kapasite kurulumu yer alırken hidrojen kullanımı da öngörülmektedir. Bununla birlikte yerli petrol ve doğal gaz üretiminin de devam etmesi planlanmaktadır. Birleşik Krallık, enerji fiyatlarında düşme sağlandığı takdirde daha fazla karasal rüzgâr enerjisi santrali kurmayı da düşünmektedir (UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy,2022). Bununla birlikte 2030 yılında, yüzer deniz üstü RES kurulu kapasitesinin 5 GW, toplam deniz üstü RES kapasitesinin de 50 GW seviyesine gelmesi planlanmaktadır (DNV, 2023).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD)

Dünyanın en büyük kömür rezervlerinden biri de Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) bulunmaktadır. 2021 yılında ABD'nin uzun dönemli strateji planı "The Long-Term Strategy of the United States, Pathways to Net-Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050" açıklanmıştır. Bu Plan'a göre ABD'de 2010 ve 2019 yılları arasında toplam kurulu kapasitesi 102 GW olan 546'dan fazla kömür santrali devre dışı bırakılmıştır (The US Department of State and the US Executive Office of the President, 2021). 2025 yılına kadar toplam 17 GW kurulu güçteki kömür santralinin daha kapatılması planlanmaktadır. Böylelikle 2026 yıl sonunda kömür santrallerinin toplam kurulu kapasitesi 159 GW seviyesine gerileyerek 2011 yılında gözlemlenmiş pik kömür kapasitesinin yarısına gelmiş olacaktır. ABD'de 2020 ve 2022 yıllarında kömür kaynaklı elektrik üretimi de aynı şekilde, 2011 yılı üretiminin yarısına düşmüştür (IEEFA, 2023). Nisan 2021 tarihinde ABD Paris Anlaşması'na taraf olmuş ve 2030 yılı sera gazı emisyonları 2005 yılı seviyelerinin %50 - 52 altına düşürme hedefini taahhüt etmiştir. ABD, 2035 yılına kadar elektrik sektörünün tamamının iklim nötr olmasını planlamaktadır. Elektrik sektörü kapsamında alınmış bu hedef 2050 yılı net sıfır taahhüdünün yerine getirilmesinde elzemdir (The US Department of State and the US Executive Office of the President, 2021).

Çin

Mevcut durumda dünyanın kömür santrali kurulu gücünün yarısından fazlası Çin'de bulunmaktadır. Çin, aynı zamanda, dünyanın en büyük kömür üreticisi ve kullanıcısı konumundadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) 2021 yılında yayımladığı "An Energy Sector Roadmap to Carbon Neutrality in China" raporunda bahsedildiği üzere Çin, artan kömür kullanımını kontrol altına almak için 2015 yılında "kömür kapasitesini azaltma" adı altında bir girişimi hayata geçirmiştir (IEA, 2021a). Ancak, 2016 yılında ülke ekonomisinin yavaşlaması yeni kömür termik santralleri ve kömür kullanımı yoğun ağır sanayi yatırımları için büyük bir teşvik paketinin hazırlanmasına neden olmuştur. Bu nedenle, 2017 yılından itibaren Çin'de hem kömür üretimi hem de tüketimi artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın çalışmasında, Çin'in elektrik üretimi kaynaklı karbon emisyonu 2020 yılında 5,4 gigaton (Gt) seviyesinde olduğu ve bu seviyenin ülkenin enerji kaynaklı toplam emisyonlarının %47'sine denk geldiği belirtilmektedir (IEA, 2021a).

Haziran 2022 tarihinde Çin her 5 yıllık dönem için hazırladığı planların (Five-Year Plans, FYP) on dördüncüsünü yayınlamıştır. 14. FYP dahilinde Çin, 2025 yılına kadar yıllık yenilenebilir enerji üretimini 3.300 TWh'ye çıkarmayı ve 2030 yılına kadar 1.200 GW rüzgâr ve güneş enerjisi üretim kapasitesi kurmayı hedeflemektedir. Çin'in 2030 yılı hedefleri içinde, birincil enerji tüketiminin %25'ini fosil olmayan kaynaklardan sağlanması da bulunmaktadır (Min, 2022).

Hindistan

Hindistan, dünyanın en büyük beşinci kömür rezervine sahiptir (British Petroleum, 2022). 2021 ve 2022 yılları arasında Hindistan'da kömür kaynaklı elektrik üretimi %69,9 seviyesinde gerçekleşmiştir (Raj, 2022). Kömür, mevcut durumda Hindistan'ın enerji karışımının %55'ini oluşturmaktadır (Skidmore, 2022). Kömürün ülke ekonomisindeki bu önemli konumu nedeniyle, Hindistan'ın kömür kullanımını azaltması konusunda tartışmalar devam etmektedir.

Hindistan, Glasgow'da düzenlenmiş 26. Taraflar Konferansı'nda (COP 26), 2030 yılına kadar 500 GW kurulu yenilenebilir enerji kurulu kapasitesine ulaşmayı ve enerji talebinin %50'sini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamayı hedeflediklerini belirtmiştir (Lustig ve Duquiatan, 2022). Temmuz 2023 tarihi itibarıyla Hindistan'daki toplam yenilenebilir enerji kapasitesi 150 GW'ın üstündedir (Invest India, 2022). Toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü yaklaşık 43 GW iken, güneş kurulu gücü 67 GW seviyesine gelmiştir. Bununla birlikte, Hindistan 2030 yılında yaklaşık 30 GW kurulu güçte deniz üstü RES kapasitesi kurmayı hedeflemektedir (Government of India Ministry of New and Renewable Energy, 2019).

Hindistan sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar 1.000 milyon ton (Mt) azaltma ve ekonominin karbon yoğunluğunu 2005 seviyelerine göre %45 düşürme sözü vermiştir. Hindistan, aynı zamanda 2070 yılına kadar net sıfır emisyona ulaşmayı hedeflemektedir (CGEP, 2023).

Hindistan Hükümeti Yeni ve Yenilenebilir Enerji Bakanlığı tarafından yayımlanmış "Ulusal Yeşil Hidrojen Görevi"[18] raporuna göre, Hindistan 2030 yılına kadar 5 Mt yenilenebilir hidrojen üretmeyi hedeflemektedir. Aynı Plan'da, Hindistan'da yerli yeşil

[18] National Green Hydrogen Mission

hidrojen üretimi için gerekli elektrolizörlerin de yine Hindistan'da üretileceği ve değer zincirinin yerlileştirileceği belirtilmektedir (Government of India Ministry of New and Renewable Energy, 2023).

Japonya

Japonya, henüz PPCA'ya ulus olarak üye olmamış olsa da 2021 yılında Kyoto Şehri PPCA'ya üye olarak 2025 yılına kadar kömürden çıkmayı hedeflediğini beyan etmiştir (PPCA, 2022). Japonya küresel olarak sürdürülen iklimle mücadele kapsamında 2021 yılında 6. Stratejik Enerji Planı'nı açıklamış ve 2050 yılına kadar karbon-nötr olmayı hedeflediğini belirtmiştir (METI, 2021). Bununla birlikte Japonya iklim değişikliği ile mücadele ederken enerji arzı güvenliğini sağlayarak maliyetleri azaltmayı da hedeflemektedir (IEA, 2022c). Bu Plan dahilinde Japonya 2030 yılına kadar enerji arzının %36 ile %38'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamayı hedeflemektedir. Ayrıca Japon Hükümeti, madeni ve metal kaynaklarda arz sorunlarının önüne geçilebilmesi için çeşitli önlemler de almayı planlamaktadır. Bu önlemler arasında maden kaynaklarının çıkarılmasına yönelik yatırımlar için finansmanın sağlanması, geri dönüşümün en üst seviyeye çıkarılması, teknoloji gelişimi için destek sağlanması ve son olarak olası kısa vadeli tedarik sorunları için stoklama sisteminin güçlendirilmesi bulunmaktadır (IEA, 2022c).

Kanada

2022 tarihinde yayımlanan "2030 Emisyon Azaltım Planı" ile Kanada, 2030 yılına kadar 2005 yılı emisyon seviyesinin %40-%45 altında bir emisyon seviyesine ulaşmak için ekonomi genelinde uygulanacak emisyon azaltım önlemlerini açıklamaktadır (Government of Canada, 2022). Bu Plan kapsamında Kanada, 2030 yılına kadar adil geçiş prensipleriyle kömür kullanımını aşamalı olarak sonlandırmak için çalışmalarına devam etmektedir. Mevcut durumda Kanada elektrik şebekesi, elektrik üretimine bağlı emisyonları %80 oranında azaltmayı başarmış ve dünyanın en temiz şebekelerinden biri konumuna gelmiştir. Kanada'nın 2030 yılı hedefleri arasında elektrik üretimi kaynaklı emisyonların %90 oranında azaltılması da bulunmaktadır (Government of Canada, 2021).

Kanada'nın Paris Anlaşması çerçevesinde hedefi, 2050 yılına kadar net sıfır sera gazı emisyonlu bir ekonomiye ulaşmaktır (Government of Canada, 2021). Kanada, bu hedefle uyumlu olarak, ev sahiplerinin evlerinin enerji verimliliğinin (kapı ve pencere iyileştirmeleriyle ısı yalıtımı) artırılması, ısı pompası ve çatı üstü güneş enerjisi santralleri kurulumları dahil iyileştirmeler için "Yeşil Ev Hibesi"ni oluşturmuştur (Government of Canada, 2023).

4.2 Kapsayıcı Uluslararası Politikalar

Paris Anlaşması'na taraf ülkeler net sıfır sera gazı emisyonlu ekonomiye geçiş için çeşitli politikalar ve yol haritaları hazırlamaktadır. Avrupa Birliği (AB), Avrupa kıtasının net sıfır emisyona ulaşan ilk kıta olmasını hedeflemektedir, bu nedenle de emisyon azaltım politikaları açısından öncü bir rol üstlenmiştir. Bu kapsamda AB içerisinde ve tek tek üye ülkelerde ulusal bazda uygulamaya konan çeşitli politika araçları ve çerçeve politikalar bulunmaktadır.

AB'nin net sıfır emisyon hedefleri, Rusya - Ukrayna savaşı nedeniyle etkisini daha da artıran küresel enerji krizi ile birlikte güncellenmiş ve enerji dönüşümü hız kazanmıştır. AB'nin enerji dönüşümü ve net-sıfır hedeflerine ulaşmak için belirlediği politikaların temelinde:

- enterkonnekte Avrupa enerji piyasasının oluşumu,
- ekonomik ve güvenli enerji tedariği ve,
- yüksek yenilenebilir enerji kapasiteli elektrik sektörü

bulunmaktadır. Bu hedefler doğrultusunda 2020 yılında Avrupa Komisyonu, "Avrupa Yeşil Mutabakatı"nı yayımlamıştır. Avrupa Yeşil Mutabakatı ile AB, 2050 yılına kadar net sıfır emisyonlu modern, kaynak verimliliği yüksek ve rekabetçi bir ekonomiye geçmeyi hedeflemektedir (Avrupa Komisyonu, 2021c). Bu doğrultuda Avrupa Yeşil Mutabakatı,

- ekonominin ve kurumların dönüşümünü,
- ulaşımın sürdürülebilir olmasını,
- sanayide temiz teknolojiler ve ürünlerin kullanılmasıyla dönüşümün

sağlanmasını,

- elektrik sisteminde yenilenebilir enerji kapasitesinin, binaların renovasyonu ile binalardaki enerji verimliliğinin ve yeşil alanların artırılmasını

önceliklendirmektedir (Avrupa Komisyonu, 2021).

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın yanı sıra AB'nin net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda uyguladığı:

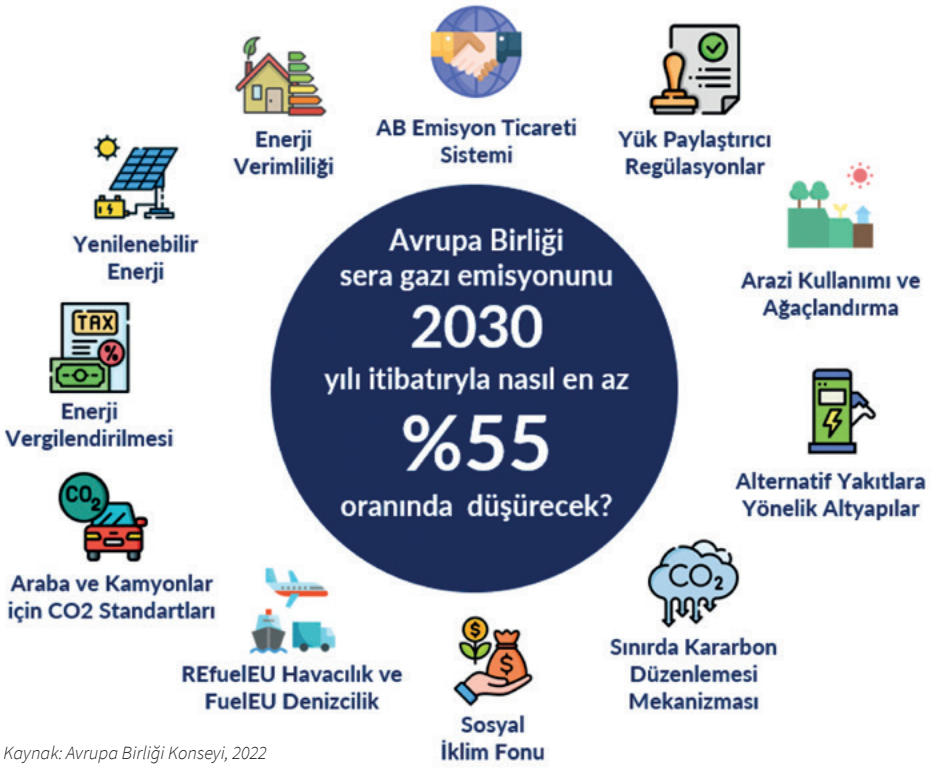
- Fit for 55 (55'e Uyum) Paketi,
- Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM),
- REPowerEU Planı,
- Avrupa Elektrik Piyasası Reformu,
- Net Sıfır Sanayi Yasası ve Kritik Hammaddeler Yasası
- Yenilenebilir Enerji Yönergesi

polikaları da incelenmiştir. Avrupa Birliği dışında 2022 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin uygulamaya koyduğu Enflasyonu Düşürme Yasası (Inflation Reduction Act) da ayrıca incelenmiştir.

4.2.1 Avrupa Birliği Politika Çerçevesi - Fit for 55

AB üye devletleri için ilk kilometre taşı, "Fit for 55" paketinde belirtildiği üzere, emisyonların 2030 yılına kadar 1990 yılı seviyelerine kıyasla en az %55 azaltılmasıdır (Avrupa Birliği Konseyi, 2022). Fit for 55 (55'e Uyum) Paketi, AB'nin izleyeceği iklim politikalarının Avrupa Birliği Konseyi ve Avrupa Parlamentosu tarafından onaylanan iklim hedefleriyle uyumlu olmasını sağlayacak bir dizi politika teklifini içermektedir (Avrupa Birliği Konseyi, 2022). Bu doğrultuda sunulan teklif paketi AB iklim mevzuatını güncellemeyi ve yeni girişimleri uygulamaya koymayı amaçlamaktadır (Şekil 23). Avrupa İklim Yasası gereğince ise, belirlenen bu hedefler Avrupa Birliği üyesi ülkeler açısından bağlayıcı niteliktedir. Bu nedenle de üye ülkelerin mevzuatlarındaki kurallar ve güncellemeler yeşil dönüşümü gerçekleştirebilecek nitelikte olmalıdır.

Şekil 23: *Fit for-55 Paketi ana başlıkları*



Kaynak: Avrupa Birliği Konseyi, 2022

Avrupa Komisyonu, mevcut AB Emisyon Ticareti Sistemi (ETS) üzerinde kapsamlı bir dizi değişiklik önermiştir. Bu değişiklikler genel olarak, ilgili sektörlerdeki emisyonların 2030 yılına kadar 2005 seviyelerine kıyasla %61 oranında emisyon azaltımını içermektedir. Teklif paketi özellikle aşağıdaki hedefleri amaçlamaktadır:

- AB ETS'ye deniz ulaşımı kaynaklı emisyonların dahil edilmesi,
- Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması kapsamına giren sektörlere ve havacılık sektörüne sağlanan emisyon izinlerinin ücretsiz olarak tahsisinin kademeli olarak sonlandırılması,
- Uluslararası havacılık için uygulanan küresel karbon dengeleme ve azaltma planının (CORSIA) AB ETS aracılığıyla uygulanması,
- Modernizasyon fonu (Avrupa Komisyonu, 2023a) ve inovasyon fonu (Avrupa Komisyonu, 2023b) tarafından sağlanan fonların artırılması,
- AB ETS'nin düzgün ve istikrarlı bir şekilde uygulanmasının devamlılığı için Piyasa İstikrar Rezervinin[19] güncellenmesi (UNEP, 2022).

Ayrıca Avrupa Komisyonu "Girişim Paylaşım Düzenlemesi"[20] çerçeve politikası kapsamında, AB üye devletlerinin ulusal iklim hedeflerine maliyet etkin bir şekilde ulaşmalarına destek olmak için binalar, karayolu taşımacılığı, tarım, atıklar ve küçük sanayi işletmelerini kapsayan yeni ve bağımsız bir Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) oluşturmayı önermektedir.

[19] Market Stability Reserve, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/market-stability-reserve_en
[20] Effort Sharing Regulation, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/effort-sharing-member-states-emission-targets/effort-sharing-2021-2030-targets-and-flexibilities_en

Aralık 2022 tarihinde Avrupa Birliği Konseyi ve Avrupa Parlamentosu, Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi tarafından kapsanan sektörlerin 2030 yılın emisyon azaltım hedefinin Komisyon'un önerdiği %61 seviyesinden %62'ye yükseltilmesi konusunda koşullu bir anlaşmaya varmıştır (Clean Energy Wire, 2023).

4.2.2 Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması

Avrupa Komisyonu'nun Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) önergesi uluslararası ticaret kurallarına tam uyum sağlamaktadır ve önergenin temel amacı, üretimin AB üyesi olmayan ülkelere[21] kaydırılması veya karbon yoğun ürünlerin ithalatının artırılması yoluyla AB sınırları dışındaki emisyonların artışının önlenmesidir (Avrupa Komisyonu, 2021a). SKDM, Avrupa'nın ithal edeceği ürünlerde AB ETS'sinin işleyişini tamamlayıcı bir şekilde ve ona paralel olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır. AB ETS'si öncelikle mevcut durumda uygulanan ve ücretsiz emisyon izin tahsislerini kademeli olarak kaldırılmasını sağlayarak bu mekanizmanın yerini alacaktır.

Aralık 2022 tarihinde, Avrupa Birliği Konseyi ve Avrupa Parlamentosu SKDM konusunda koşullu bir anlaşma sağlamıştır. SKDM mekanizmasının işleyişinde önemli iki husus:

- AB üye ülkesindeki ithalatçıların, ithal ettikleri ürünler eğer AB karbon fiyatlandırma kuralları kapsamında üretilmiş olsaydı, ödemeleri gereken karbon fiyatına denk "karbon sertifikası" satın alması;
- AB üye ülkelerinden olmayan üreticiler, Avrupa'ya ithal edecekleri ürünlerin üretimi için AB ETS ile uyumlu bir karbon bedeli ödediğini belgeledikleri takdirde, bu bedelin AB ithalatçılarından düşülmesi,

şeklindedir.

4.2.3 REPowerEU Planı

Avrupa Komisyonu, Rusya - Ukrayna savaşı ile birlikte derinleşen enerji krizi ve bozulan piyasa dinamiği üzerine Mayıs 2022 tarihinde REPowerEU Planı'nı sunmuştur (Avrupa Komisyonu, 2022b). Plan'ın temel hedefleri:

- Enerji tasarrufu,
- Enerjinin temiz üretimi,
- Avrupa enerji tedarik kaynaklarının çeşitlendirilmesi

başlıkları altında toplanmaktadır. Plan, Avrupa'da yeni bir enerji altyapısı kurulması için mali ve yasal tedbirlerin alınmasını da desteklemektedir.

REPowerEU Planı elektrik üretimi, sanayi, bina ve ulaşım sektörlerinde yenilenebilir enerji payının önemli oranda ve hızlı bir şekilde artırılmasını hedeflemektedir. Avrupa Komisyonu, 55'e Uyum (Fit for 55) Paketi'nde belirlenmiş 2030 yılı yenilenebilir enerjideki ana hedef olan %40'ı %45 seviyesine çıkarmayı önermektedir. Bu doğrultuda, REPowerEU Plan'ı da güncellenen bu hedefe ulaşılabilmesi için birçok yeni girişimi içermektedir. Bunlar:

- Hazırlanacak özel bir "AB Güneş Stratejisi" ile mevcut güneş kurulu kapasitesinin 2025 yılına kadar iki katına; 2030 yılına kadar ise 600 GW seviyesine çıkarılması,
- Aşamalı olarak yürürlüğe girecek "Çatı Üstü Güneş Enerjisi Girişimi" ile yeni kamu, ticari binalar ve konutlarda çatı üstü güneş santrallerinin kurulmasının yasal olarak zorunlu tutulması,

- Isı pompalarının kurulum hızının iki katına çıkarılması ve yenilenmiş bölgesel ve toplumsal ısıtma sistemlerine jeotermal ve güneş termal enerjisinin entegrasyonu için önlemler alınması,
- Yenilenebilir enerji projelerinde uygulanan karmaşık ve yavaş izin süreçlerinin önüne geçmek için bir "Komisyon Önerisi" oluşturulması ve yenilenebilir enerji projelerinin öncelikli kamu yararı kapsamında tanımlanması için Yenilenebilir Enerji Direktifi'nin tadil edilmesi,
- Üye Devletler tarafından düşük çevresel risklere sahip bölgelerin belirlenerek, bu bölgelerde yenilenebilir enerji santral kurulumu kapsamında kısaltılmış ve basitleştirilmiş izin süreçlerine tabi kaynak alanlarının[22] (go-to areas) oluşturulması,
- 2030 yılı itibarıyla 10 milyon ton (Mt) yerli hidrojen ve 10 Mt ithal hidrojen kullanımı (EU Observer, 2023)

şeklindedir.

4.2.4 Avrupa Elektrik Piyasası Reformu

Entegre bir AB enerji piyasası, güvenli, sürdürülebilir ve uygun maliyetli enerji arzı sağlamanın en maliyet etkin yolu olarak görülmektedir (Avrupa Birliği Konseyi, 2023). Ortak enerji piyasası kuralları ve enterkonneksiyon altyapısıyla, enerjinin bir AB ülkesinde üretilip başka bir ülkedeki tüketicilere sorunsuz ulaştırılabilmektedir. Bu sistem kapsamında adil rekabet sağlandığı ve tüketicilere enerji tedarikçilerini seçme imkânı tanındığı takdirde fiyatların serbest piyasada kontrollü şekilde oluşmasını sağlamaktadır.

Piyasalar, yenilenebilir enerji teknolojilerinin sisteme entegrasyonunu artıracak; talep tarafı katılımı ve enerji depolama gibi fosil yakıt kullanmayan ve değişken üretimi tamamlayıcı nitelikteki esnek teknoloji yatırımlarını artıracak şekilde uyarlanmalıdır. Aynı zamanda piyasalar, tüketicilerin elektrik sisteminde arz-talep dengesinin sağlanmasında daha aktif rol almaları için doğru teşvikler sunmalıdır.

2022 yılında Avrupa enerji piyasalarında gözlemlenen zorlukların (özellikle fiyatlardaki ciddi yükselme ve dalgalanmalar ile enerji arz güvenliğinde yaşanan sorunlar) ardından Avrupa Komisyonu, Mart 2023 tarihinde mevcut piyasa tasarımına dair revizyonları içeren ve AB'yi enerji toptan satış piyasalarında yaşanılabilecek manipülasyonlara karşı korumayı hedefleyen bir önerge hazırlamıştır. Önergenin temel amaçları:

- tüketiciler için daha iyi bir koruma oluşturulması,
- yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumlarının hızlandırılması ve enerji sistemine daha iyi entegre edilmesi,
- piyasa manipülasyonlarına karşı önlemlerin alınması,
- enerji maliyetlerinin istikrarının ve öngörülebilirliğinin artırılması ve
- AB endüstrisinin rekabet gücünün artırılmasıdır.

[21] AB üyesi olmayan ve uygulanan iklim politikalarının AB'dekine oranla daha az yaptırım gücü olan ülkeler.
[22] Avrupa Komisyonu bu "kaynak alanlarının" ivedilikle belirlenmesine destek olmak için, çevresel olarak hassas bölgelere ait veri setlerini enerji, sanayi ve altyapıya ilişkin coğrafi dijital haritalama aracının bir parçası olarak kullanıma sunmaktadır.

Bu önerge ile AB enerji piyasalarının daha dayanıklı hale getirilmesi ve Avrupalı tüketiciler ile şirketlerin enerji giderlerinin kısa dönemli elektrik piyasa fiyatlarından bağımsızlaşması amaçlanmıştır. Bu hedefler, uzun dönemli enerji tedarik anlaşmaları (PPA) ve yatırım desteğinin iki yönlü olarak yapılandırılması (örneğin, CfD[23]) yoluyla gerçekleştirilebilir.

Önerge, yasama süreci kapsamında tartışma ve müzakerelere tabi tutulmak üzere Avrupa Birliği Konseyi ve Avrupa Parlamentosu'na gönderilmiş olup, önergenin 2023 yılının sonuna kadar son haline getirilmesi beklenmektedir.

4.2.5 Net Sıfır Sanayi Yasası ve Kritik Hammaddeler Yasası

Net Sıfır Sanayi Yasası (Net Zero Industrial Act, NZIA) ve Kritik Hammaddeler Yasası (Critical Raw Materials Act) tasarıları, Avrupa elektrik piyasası reformları ile AB'nin yoğun olarak ithal ettiği ürün ve hammaddelere olan bağımlılığını azaltmak için bir çerçeve görevi görmektedir. Önerilen mevzuatlar özellikle sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlayacak temiz teknolojilere odaklanmaktadır. Bu teknolojiler arasında güneş fotovoltaik (PV) ve solar termal sistemler, karasal ve deniz üstü rüzgâr enerjisi, batarya ve diğer elektrik depolama sistemleri, ısı pompaları ve jeotermal enerji, elektrolizör ve yakıt hücreleri, biyogaz/biyometan üretimi, karbon yakalama, kullanım ve depolama (CCUS), şebeke altyapısını içermektedir (Avrupa Komisyonu, 2023a). NZIA'da tanımlanan bu Stratejik Net Sıfır Teknolojileri'nin üretim kapasiteleri, 2030 yılına kadar AB'deki kurulumların yıllık en az %40'ını karşılayacak şekilde artırılacaktır.

Kritik Hammaddeler Yasası, 2030 yılına kadar AB arzının çeşitlendirilmesinde ve stratejik hammadde tedarik zincirinde yerli üretim kapasiteleriyle ilgili kıstasları belirlemektedir. Bu doğrultuda, AB'deki kritik hammadde tüketiminin:

- Yıllık en az %10'unun AB içindeki madenlerden çıkartılması,
- Yıllık en az %40'ının AB içinde işlenmesi,
- Yıllık en az %15'inin AB içinde geri dönüştürülmesi,
- Stratejik öneme sahip hammaddelerin[24] tedariğinde tek ülkeye bağımlılıkların azaltılması hedeflenmektedir.

Temel malzeme sanayisindeki[25] uzun vadeli yatırım süreçleri göz önünde bulundurulduğunda, bu sektörlerde enerji dönüşümünün önemi daha da belirgin olmaktadır. Bu sektördeki enerji dönüşümü, birçok madenin küresel piyasanın bir parçası olduğu, dinamik ve rekabetçi bir piyasa ortamında gerçekleşecektir. Sanayideki enerji dönüşümü, sanayi ve enerji sektörlerinin azami entegrasyonuna dayalı yeni, dayanıklı, verimli ve döngüsel tedarik zinciri oluşturacağından, yenilikçi teknoloji ve ürünler ile iş modellerinin faydalarını gösterecektir.

Avrupa İklim Vakfı (ECF) tarafından yürütülen uluslararası bir araştırma projesinde temel malzeme sanayisi ve değer zincirlerinin enerji dönüşümünü başarılı bir şekilde tamamlamasına engel toplam 6 madde tanımlanmış ve bu engeller için çözüm önerileri tasarlanmıştır (Brussels School of Governance, 2019):

[23] Fark kontratları (CfD - Contracts for Differences) fiyat belli bir seviyenin altına ya da üstüne çıktığında alıcıdan satıcıya ya da satıcıdan alıcıya yönünde ödemelerin yapıldığı iki taraflı finansal anlaşmalardır.
[24] Her bir stratejik hammadde (ilgili hammaddenin işlemesinin herhangi bir aşaması dikkate alınarak) için Avrupa Birliği'nin yıllık tüketiminin en fazla %65'i tek bir üçüncü ülkeden temin edilebilir.
[25] Temel malzeme sanayisi hammaddelerin keşfi, madenlerin çıkarılması ve işlenmesi ile ilgilidir.

1. Temel araştırma ve geliştirme (AR-GE) faaliyetleri ile yeni teknoloji kurulumları arasındaki inovasyon boşlukları: Sanayinin iklim nötr olabilmesi için inovasyon temelli bir çerçeve oluşturularak düşük karbonlu ürün ve proseslere geçiş sağlanmalıdır.
2. Yetersiz döngüsel ve malzeme verimli ekonomi: Temel malzeme sanayinde kullanılacak gelişmiş bir döngüsel ekonomi modeli ve kaynak verimliliği tedbirleriyle emisyonlar düşürülebilir ve yüksek katma değerli ürünler üretilebilir.
3. Düşük karbonlu teknolojilerin önündeki piyasa engelleri: Düşük karbon teknolojileri ile üretilen ürünlerin piyasalarda rekabet edebilmesi için öncü piyasaların oluşturulması gerekmektedir.
4. Enerji ve sanayi sektörlerinde iklim nötr dönüşüm ile bu dönüşüm için gerekli altyapı ihtiyaçları arasındaki eksiklikler: Enerji ve sanayinin dönüşümünün daha iyi bir şekilde koordine edilmesi ve sanayi dönüşümü için gerekli altyapının sağlanması.
5. Yatırım ölçeklerinin büyütülmesinde karşılaşılabilecek olası darboğazlar ve yüksek karbon emisyonlarının devam etme riski: Dönüşüm sürecinde mevzuatlarda esneklikler yaratılarak ve AB ETS Modernizasyon Fonu'na erişim sağlanarak yatırımcılar desteklenebilir.
6. Farklı türde politika araçlarının, politika alanlarının ve yeterliliklerin entegrasyonuyla birbiriyle uyumlu bir sanayi stratejisi oluşturmada görülen zorluk: Sanayideki dönüşüm için entegre ve yeni bir idarenin oluşturulması gerekmektedir.

Bu temel prensiplerin ışığında somut uygulamaların oluşturulması gerekmektedir. Örnek olarak, Agora Energiewende çalışmasında düşük sıcaklıkta proses buharlı üretimlerde doğal gaz yerine ısı pompası ve elektrikli ark ocakları kullanıldığı takdirde, Almanya sanayisinde 2030 yılına kadar 90 TWh doğal gaz tasarrufu sağlanabileceğini ve 12,5 milyon ton CO_2 eşdeğeri (Mt CO_2e) emisyonunun önüne geçilebileceğini göstermektedir (Agora Energiewende, 2022). Bu örnekte de görüldüğü üzere sanayide elektrifikasyonun artırılması için büyük bir potansiyel bulunmaktadır.

4.2.6 Yenilenebilir Enerji Yönergesi

AB'nin temiz enerji kaynaklarına geçişini hızlandırma ihtiyacı ile birlikle Aralık 2018 tarihinde yürürlüğe giren ve Haziran 2021 tarihinden itibaren bağlayıcı olan "Yenilenebilir Enerji Yönergesi", jeopolitik gelişmeler doğrultusunda AB'nin fosil yakıt bağımlılığını azaltma ihtiyacının artması nedeniyle Ekim 2023 tarihinde revize edilmiştir. Genel hatlarıyla Yenilenebilir Enerji Yönergesi, AB ekonomisinin tüm sektörlerinde temiz enerji kaynaklarına geçiş ihtiyacına yönelik yasal bir çerçevedir (Avrupa Komisyonu, 2023d). Avrupa Komisyonu'na göre Yönerge, yenilenebilir enerji destek programları, yenilenebilir enerji üretim ve tüketim hakları ve biyokütle için sürdürülebilirlik kriterleri ile ilgili genel ilke ve kuralları belirlemektedir. Bununla birlikte Yönerge, yenilenebilir enerji teknolojilerinde yatırımları teşvik etmek, maliyetleri azaltmak ve engelleri kaldırmak için çeşitli kurallar belirlemektedir.

Yönerge kapsamında yapılan revizyonlarla, AB'nin toplam enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payını 2030 yılına kadar en az %42,5'e çıkarmayı hedeflemektedir. Yeni bağlayıcı hedef olan %42,5 seviyesinin 2030 yılına kadar %45'e çıkarılması da ayrıca hedeflenmektedir (Avrupa Komisyonu, 2023e).

Yönerge'de yapılan revizyon noktalarından biri yenilenebilir enerji projelerine yönelik uygulanması planlanan hızlandırılmış ve sadeleştirilmiş izin prosedürleridir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji projelerinin kamu yararı olan ve öncelikli projeler olarak değerlendirileceği de anlaşılmaktadır.

Yenilenebilir enerji entegrasyonunun daha düşük olduğu son kullanım sektörlerinde (örneğin ulaştırma, binalar ve sanayi), hedefler sektörel bazda güncellenmiştir. Yönerge'de son kullanım sektörleri için belirlenen bağlayıcı hedefler opsiyonel olarak sunulmaktadır. Örneğin, ulaştırma sektörü için AB Üye Devletleri bağlayıcı hedef olarak, 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kullanımına bağlı olarak sera gazı yoğunluğunun %14,5 oranında azaltılmasını ya da bu sektördeki nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerjinin payının en az %29 olmasını seçebileceklerdir (PV Magazine, 2023). Sanayi sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklı enerji kullanımının yıllık %1,6 oranında artırılması hedeflenmektedir (Avrupa Birliği Konseyi, 2023a). Aynı zamanda AB Üye Devletleri 2030 yılına kadar sanayide kullanılan hidrojenin %42'sinin biyolojik kökenli olmayan yenilenebilir yakıtlardan[26] üretilmesi üzerine fikir birliğine varmıştır. Enerji tüketimi yüksek bir diğer sektör olan binalarda ise Yönerge, 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kullanımının %49 seviyesine ulaşmasını hedeflemektedir. Özellikle binalarda ısıtma ve soğutma için kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları 2026 yılına kadar yıllık %0,8; 2026 – 2030 yılları arasında yıllık ortalama %1,1 seviyesinde artırılacaktır (Avrupa Birliği Konseyi, 2023a).

4.2.7 Amerika Birleşik Devletleri - Enflasyon Düşürme Yasası

2022 yılında ABD'deki mevcut bütçe açığını azaltmayı, yerli enerji üretimine yönelik yatırımları artırarak temiz enerji üretimini teşvik etmeyi ve enflasyonun önünü kesmeyi amaçlayan Enflasyon Düşürme Yasası (Inflation Reduction Act, IRA) federal bir yasa olarak yürürlüğe girmiştir (The White House, 2022). IRA kapsamında yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi, depolaması ve ilgili imalatta kullanılan kritik hammaddeler dahil olmak üzere çeşitli bileşenlerin yerli üretimini teşvik etmek amacıyla yeni bir "İleri İmalat Üretim Kredisi" mekanizması tesis edilmiştir (IEA, 2022b).

Yürürlüğe girdiği şekliyle IRA'nın toplam bütçesi 738 milyar ABD Dolar olmakla birlikte bu tutarın 391 milyar ABD Doları enerji ve iklim değişikliği kapsamında harcanacaktır. Yapılan çeşitli bağımsız analizlere göre, IRA'nın yürürlüğe girmesiyle birlikte ABD'nin 2030 yılı tahmini sera gazı emisyonlarının 2005 yılı seviyelerinin %40 altına düşeceği öngörülmektedir (The NYTimes, 2022). Ayrıca tüketicilerin enerji verimliliği yüksek teknolojilere yönlendirilmesi için gelir vergisi indirimleri ve vergi iadeleri şeklinde teşvikler sağlanacaktır.

Yasada tanımlanan iklim değişikliğiyle ilgili yatırımların 270 milyar ABD Doları, federal vergi hukuku kapsamına alınmıştır. Yasada temiz enerji teknolojileri kapsamında:

- Elektrikli araçların (EV) yaygınlaştırılması için 13 milyar ABD Doları teşvik,
- Konutlarda enerji verimliliği iyileştirmeleri için 14 milyar ABD Doları bütçe,
- Konutlarda enerji arzı iyileştirmeleri için 22 milyar ABD Doları,
- İleri imalat için 37 milyar ABD Doları,

[26] Biyolojik kökenli olmayan yenilenebilir yakıtlarla genellikle, biyokütle haricindeki diğer yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik ve ısı kullanılarak üretilen hidrojen ve diğer sentetik yakıtlar betimlenmektedir. Bunun dışında, amonyak üretimi sırasında havadaki azotla birleşen hidrojenden türetilen sentetik sıvı ve gaz yakıtlar ile baca gazı doğrudan hava yakalama ve doğal kaynaklardan elde edilen karbondioksit ile birleştirilmiş hidrojenden türetilen sıvı ve gaz yakırlarda bu tanım kapsamına alınmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2022c).

- Nükleer enerji yatırımları için 30 milyar ABD Doları ve
- Güneş enerjisi yatırımlarında vergi indirimlerinin[27] 10 yıla kadar uzatılması

sağlanmıştır (The U.S. Department of Energy, 2023).

4.3 Uluslararası İyi Uygulamalar

AB Üye Devletleri, 2021-2030 dönemi için 10 yıllık Ulusal Enerji ve İklim Planı (NECP) oluşturmakla yükümlüdürler. NECP'ler önemli bir planlama aracı olmalarının yanı sıra, Avrupa Birliği'nin ortak iklim hedefine ulaşılması için ülkelerde uygulanan politika ve regülasyonlara genel bir bakış sunmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2021b).

Her iki yılda bir Üye Devletler, Uygulama Yönetmeliği'nde belirtilen yapı, düzen, süreç ve teknik detayları içeren bir ilerleme raporu sunmakla yükümlüdür. Avrupa Komisyonu, enerji birliği raporu kapsamında AB'nin iklim hedeflerine ulaşma yolunda kaydettiği ilerlemeyi takip etmektedir. Bu planların daha yetkin bir şekilde tasarlanması ve uygulanması için üye ülkeler uygulamaların taslak hallerini yerel halka, işletmelere ve yerel yetkililere danışarak nihai hallerine getirmektedirler.

2020 yılında İdari Tüzük kapsamında üye devletlerden 2050 yılını hedefleyen uzun dönemli ulusal stratejilerini iletmeleri talep edilmiştir. İdari Tüzük 14. Madde kapsamında Üye Devletler güncellenmiş taslak NECP'leri 30 Haziran 2023 tarihine kadar Avrupa Komisyonu'na iletmişlerdir. Avrupa Komisyonu, ilgili güncellemenin kapsamı ve sürecinin açıklandığı bir kılavuz yayımlamıştır (Avrupa Komisyonu, 2021b).

Bu planlar doğrultusunda çeşitli AB üye devletlerinin özellikle dikkate aldığı konular ve ilgili iyi politika uygulamaları aşağıda özetlenmiştir:

Polonya: Temiz hava için ısı pompası uygulaması

2018 yılında Polonya, mevcut durumda kömüre dayalı ısıtma sistemlerinden daha temiz alternatiflere, özellikle de ısı pompalarına geçmek için 10 yıl vadeli ve toplam 23 milyar Euro bütçeli bir program başlatmıştır. Bu sübvansiyonlar hane geliri dikkate alınarak dağıtılırken, düşük gelirli hanelerin de yeterli desteğe erişimi sağlanmaktadır. Ayrıca hükümet kömür sobaları için kömür kalite standartları ve verimlilik standartları da getirmiştir. Son olarak, Polonya'nın birçok bölgesi, kömür sobalarını kademeli olarak devre dışı bırakmayı hedefleyen emisyon standartlarını yürürlüğe koymuştur.

Polonya'da izlenilen bu politikalarla ısı pompası satışlarında hızlı bir artış gözlemlenmiştir. Bu politikalar izlenmeden önce Polonya'da kısıtlı bir ısı pompası kullanımı varken, 2021 yılına gelindiğinde Polonya Avrupa'nın en hızlı büyüyen ısı pompası pazarına sahip olmuş ve ısı pompası kullanımında Avrupa genelinde sekizinci sıraya yerleşmiştir. 2021 yılında ısı pompası satışı 2020 yılına göre %67 oranında büyümüştür. 2022 yılında da ısı pompası satışları yükselen grafiğini sürdürmüş ve piyasa yılın ilk yarısı itibarıyla %86 oranında büyümüştür. Mevcut durumda, "Temiz Hava Programı" kapsamındaki teşviklerden yararlanan ısıtma sistemlerinin %60'dan fazlası ısı pompası sistemlerini kullanmaktadır.

[27] Konut güneş enerjisi federal kredisi, vergi mükellefi tarafından ödenen güneş PV sistem maliyetinin belli bir yüzdelik kısmı için federal gelir vergisi üzerinden talep edilebilen bir vergi indirimidir.

Polonya ısı pompası piyasasındaki bu kayda değer büyüme, ekonomik olarak daha avantajlı olan fosil yakıtlı teknolojilere rağmen sağlanmıştır. Polonya'daki ısı pompası yatırımları RAP tarafından ekonomik, çevresel, iklimsel ve enerji güvenliği açısından analiz edilmiş ve bu yatırımların baz alınan kriterler kapsamında uygun bir yatırım olduğu gösterilmiştir (RAP, 2022).

Isı pompaları, hem mevcut yüksek perakende fiyat ortamında hem de tavan fiyat uygulamalarının kaldırıldığı durumda artması muhtemel fiyat ortamlarında, piyasada ekonomik bir seçenek olarak rekabet edebilmektedir. Bununla birlikte, yeni tedarik zinciri yatırımları gerçekleştikçe ve uygun politikalar uygulanarak ısı pompalarının işletme giderlerinin kömür ve doğal gazla rekabet edecek düzeye getirilmesiyle, bu yatırımların maliyetlerinin de düşmesi beklenmektedir. Bu beklentilerin yanı sıra, ilerleyen dönemlerde de özellikle hava kalitesinin iyileştirilmesi için ısı pompalarına olan talebin artacağı öngörülmektedir (RAP, 2022a).

Hollanda: Konutlarda Doğal Gazdan Çıkış

Mevcut durumda Hollanda'daki birçok ev, işyeri, okul, hastane veya diğer binaların neredeyse tamamında önemli seviyelerde karbon emisyonuna sebep olan doğal gaz kullanılmaktadır. Paris İklim Anlaşması çerçevesinde Hollanda, 2030 yılına kadar karbon emisyonlarını yarıya indirmeyi; 2050 yılına kadarsa sadece yenilenebilir enerji kullanmayı taahhüt etmiştir. Bu kapsamda Hollanda doğal gaz yerine güneş, rüzgâr ve su[28] gibi daha sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanacaktır. Bununla birlikte Gröningen'de devam eden doğal gaz çıkarımı da kademeli olarak durdurulacaktır.

Hollanda, ulusal çaptaki "Doğal Gaz Kullanmayan Mahalleler" (Natural Gas-Free Neighbourhoods) Programı kapsamında 2018 ve 2030 yılları arasında kullanılmak üzere 430 milyon Euro'luk bir bütçe ayırmıştır. Bu bütçenin yaklaşık 380 milyon Euro'luk kısmı doğal gaz kullanmayan yaşam alanları oluşturmayı hedefleyen pilot projelere ayrılmıştır. Pilot projeler dışında gerçekleşecek yatırımların ise teşvik programları veya özel yatırımlar vasıtasıyla finanse edileceği değerlendirilmektedir.

Paris İklim Anlaşması'na göre Hollanda 2030 yılına kadar 1,5 milyon binanın (ev ve diğer binalar dahil) sürdürülebilir olacağını taahhüt etmiştir (Government of the Netherlands, 2019). Uzun dönemli hedefler düşünüldüğünde ise, 2050 yılına kadar toplam 8 milyon binada (7 milyon ev, 1 milyon diğer binalar) doğal gaz kullanımının durdurulması planlanmaktadır. "The Living Labs"[29] Programı ile 50.000 ev, ofis ve ticarethanenin doğal gaz şebeke bağlantısı kesilerek daha sürdürülebilir bir hale getirilmesi hedeflenmektedir (Government of the Netherlands , 2022).

Program kapsamındaki ilk 27 bölge 2018 yılının Ekim ayında belirlenmiştir. Ekim 2020 tarihinde toplam 19 yeni 'living labs' bölgesi daha seçilmiş ve 2021 yılında Gröningen Güçlendirme Çalışması'na ek olarak yeni 4 bölge daha eklenmiştir. Son 14 'living labs' bölgesi, 2022 yılı Mart ayında seçilmiştir (Government of the Netherlands , 2020). Bu Program, idari yetkililere mahallelerde 2050 yılına kadar doğal gazdan çıkış konusunda rehberlik sağlamaktadır.

[28] Nehir tipi hidroelektrik santralleri, dalga ve gelgit enerjisi santralleri
[29] "Living labs" Programına katılan belediyeler, konut ve diğer binalarda doğal gaz kullanımının yakın gelecekte durdurulması için çalışmaktadırlar. Doğal Gaz Kullanmayan Mahalleler Programı, çeşitli devlet dairelerinin iş birliğiyle yürütülmektedir.

Bu Program dışında Hollanda'da, Paris İklim Anlaşması hedeflerine ulaşmak için uygulanan farklı politikalar da bulunmaktadır. Örnek olarak, Hollanda'da 2018 sonrasında yapılan evlerin doğal gaza erişimleri bulunmamaktadır. Isınma Ödeneği (Heat Fund), çeşitli teşvikler ve vergi sistemleri ile ev sahiplerinin evlerini yenileyerek daha sürdürülebilir hale getirmeleri için çeşitli finansal araçları kullanmaktadır.

Birleşik Krallık: Bağımsız Sistem Operatörü

İngiltere hükümeti iletim sistemi operatörü olan Ulusal Şebeke'nin (National Grid) yerini alacak bağımsız bir sistem operatörü (Future System Operator, FSO) kurmayı planlamaktadır (Government of UK, 2023).

FSO, Birleşik Krallık'ın güvenli, düşük karbonlu ve düşük maliyetli bir sisteme geçiş yapması için akıllı, verimli ve esnek bir sistem inşa etmesini sağlayacaktır. Bu yeni kamu kuruluşu, elektrik ve doğal gaz şebekelerinin ve potansiyel yeni teknolojilerin planlamalarını tek bir kurum bünyesinde toplayacaktır. FSO hali hazırdaki iletim sistemi operatörünün (transmission system operator, TSO) işlevlerini ve teknik yeteneklerini temel alarak elektrik sistemini gerçek zamanlı olarak işletecek ve geleceğe dönük yatırımları yönetecektir. FSO bunlara ek olarak, doğal gaz ağının stratejik planlanması, uzun dönemli tahminlerin yapılması ve piyasa stratejisi gibi konulardan da sorumlu olacaktır.

FSO oluşumunu önemli bir yönü ise şebeke mülkiyetinin iletim sistemi operatöründen ayrılmasıdır (RAP, 2023). Enerji piyasası düzenleyicisi Ofgem, Ulusal Şebeke'nin hem elektrik şebekesinin mülkiyetine sahip olması hem de ileriye dönük şebeke iyileştirme planlarının oluşturulmasında tavsiye vermesinin finansal açıdan bir çıkar çatışmasına neden olabileceğine dair endişelerini belirtmiştir (The Guardian, 2021). FSO'nun kurulmasını sağlayacak yasa tasarısı, TSO'nun mevcut yetki ve fonksiyonlarının FSO'ya devredilmesini sağlayan bir transfer şemasını da içermektedir. FSO ile planlanan önemli bir diğer yenilik ise, net sıfır emisyonlu, arz güvenliğinin sağlandığı, verimli ve ekonomik bir şekilde şebekenin işletilmesi için FSO'ya çeşitli işlev ve fonksiyonları yürütme görevinin de tanımlanmasıdır. Bununla birlikte, geleneksel olarak TSO'nun sahip olduğu toplumsal hedefler genişletilmektedir.

Almanya: Energiewende Enerji Politikası Vizyonu

Energiewende olarak bilinen Alman Enerji Dönüşümü, 2045 yılına kadar Almanya enerji sistemini iklim nötr bir hale getirmeyi hedefleyen uzun dönemli bir enerji ve iklim stratejisidir. Hazırlanan strateji, dönüşümün ekonomik ve toplumsal etkilerinin etik kurallar çerçevesinde incelendiği çeşitli bilimsel çalışmalar sonucunda oluşturulmuş geniş kapsamlı ekonomik ve ekolojik bir projedir (Agora Energiewende, 2022). Hazırlanmış stratejinin uzun dönemli olmasından dolayı, günümüzden başlayarak bundan sonra kurulacak tüm hükümetlerce benimsenecek ve yürütülecektir. Bu özelliğiyle hazırlanmış strateji etkileyici bir temiz enerji vizyonu örneği teşkil etmektedir.

Almanya'nın Energiewende taahhüdü,

- 2030 yılında 1990 yılı seviyelerine göre sera gazı emisyonunda %65 azaltım,
- 2040 yılında en az %88 sera gazı emisyonu azaltımı ve,
- 2045 yılında net sıfır sera gazı emisyonlu bir ekonomiye geçişi

içermektedir. Bu hedefler İklim Değişikliği Yasası'nda da açık bir şekilde belirtilmiştir.

2050 yılından itibaren Almanya, ormanlar ve toprak gibi doğal yutak alanları da kullanarak negatif bir emisyon dengesine sahip olmayı hedeflemektedir. İklim Değişikliği Yasası ekonominin tüm sektörlerinde (enerji, binalar, ulaşım, sanayi ve tarım) orta ve uzun vadeli hedeflerin yanı sıra tüm sektörler için yıllık emisyon azaltım hedeflerini de ortaya koymaktadır.

Almanya'nın 2020 yılı için hedeflediği emisyon azaltımı 1990 yılı emisyonlarının %40 altına denk gelmektedir. Ancak 2021 yılında Almanya'nın emisyon seviyesi 1990 yılı emisyonlarının %38 altında seyretmiş ve bu nedenle de ülke iklim hedeflerinin gerisinde kalmıştır. 2022 yılında Alman İklim Konuları Uzman Konseyi, önerilen acil durum programı ile inşaat sektöründe önemli miktarda emisyon azaltımı sağlamasının yanı sıra, özellikle ulaşım sektörü odaklı ek önlemlerin alınmasının Almanya'yı iklim hedeflerine yaklaştıracağını belirtmiştir.

Almanya her ne kadar 2020 yılı itibarıyla, linyit ve taşkömürü santrallerinin işletme kapasitelerini 15 gigavat (GW) seviyesine, 2030 yılı itibarıyla ise linyit kapasitesini 9 GW; taşkömürü kapasitesini ise 8 GW'a düşürmeyi hedeflemiş olsa da zamanla bu hedefini yükseltmiştir (Clean Energy Wire, 2019). Güncel olarak Almanya 2030 yılına kadar yeni bir kömür madeni veya santrali inşa etmeden tüm kömür santrallerini kapatmayı hedeflemektedir (Aktan, 2021). İşletmecilerin tazmini için, taşkömürü enerji santralleri açık eksiltme yoluyla; linyit enerji santralleri ise karşılıklı anlaşmalarla kapatılacaktır. 2022 yılında Rusya'dan ithal edilen doğal gaz tedariğinde yaşanılan sorunlar nedeniyle Almanya yenilenebilir enerji hedefini güncellemiş ve 2030 yılına kadarki hedefini %65'ten %80'e çıkarmıştır (Lewis, 2022). Bu plan kapsamında, 2030 yılına kadar 30 GW, 2045 yılına kadar ise 70 GW deniz üstü rüzgâr kurulu gücüne ulaşılması hedeflenmektedir. Bununla birlikte, 2045 yılına kadar yıllık 10 GW karasal rüzgâr ve 22 GW güneş enerjisi santrali (2026 yılından itibaren) kurulumu hedeflenmektedir (Clean Energy Wire, 2022). Almanya "Karasal Rüzgâr Enerjisi Yasası" ile 18 MW kurulu güce kadar olan rüzgâr ve 6 MW kurulu güce kadar olan güneş enerji projeleri için ihale sürecini devreden çıkarmıştır (Reuters, 2022). Bu yasa ile birlikte 2035 yılına kadar 157 GW, 2040 yılına kadar da 160 GW karasal rüzgâr enerjisi kapasitesine ulaşmak için ülkenin toplam arazisinin %2'si ayrılmaktadır (Ichiyanagi, 2022).

Belçika – Deniz Üstü Rüzgâr Enerjisi Planlaması

Denizlerde yenilenebilir enerji üretimi, nakliyat, balıkçılık, kaynak çıkarımı ve doğayı koruma gibi birçok faaliyet kısıtlı bir alan içinde yürütülmektedir. Bu ekonomik, ekolojik ve sosyal aktivitelerin uzlaştırılması ve her bir aktivite için denizde uygun yerlerin sağlanması için Deniz Mekânsal Planlarına (Marine Spatial Plan, MSP) ihtiyaç duyulmaktadır. Belçika, bilime dayalı ve geniş paydaş katılımıyla MSP'lerin oluşturulmasında hem Avrupa'da hem de küresel olarak etkin bir konumdadır. MSP'lerin hazırlanması Belçika'nın Kuzey Denizi'nde ikinci deniz üstü rüzgâr enerjisi bölgesinin oluşturulmasında önemli bir rol oynamıştır.

Kuzey Denizi Bakanı tarafından görevlendirilen Deniz Çevre Servisi (Marine Environment Service), ilk deniz mekânsal planını 2014-2020 dönemi için hazırlamıştır. MSP'ler birbirini takip eden 6 yıllık dönemlere göre hazırlanmaktadır. 2020-2026 yıllarını kapsayan Plan, 20 Mart 2020 tarihinde yürürlüğe girmiştir (FPS,2023).

MSP'lerin hazırlanmasında ilgili tüm paydaşlarla iş birliğinin sağlanması gerekmektedir. Belçika'da hazırlanan ilk dönem MSP için sivil toplum kuruluşları (STK), kamu kuruluşları, işletmeler ve yerel halk danışma sürecinde önerilerini ve yorumlarını yetkililere iletmişlerdir. Plan'ın sürdürülebilirlik yönü Stratejik Çevresel Değerlendirme (SEA) çalışmaları ile güçlendirilmiştir.

Belçika Kuzey Denizi'nde bulunan deniz üstü RES yatırımcıları ve sahiplerinin oluşturduğu Belçika Deniz Üstü Platformu (Belgian Offshore Platform) ve çevre organizasyonları koalisyonu olan 4Sea (Greenpeace ve WWF dahil olmak üzere), Kuzey Denizi'nin biyolojik çeşitliliğin korunması ve artırılması için birlikte çalışmaktadır (BOP, 2021). 2020-2026 MSP'de planlanan yeni deniz üstü RES alanlarının bir kısmı Natura 2000 koruma alanlarında yer alması sebebiyle bu gibi iş birliklerinin yürütülmeleri planlanan yatırımların hayata geçirilmesi için oldukça önemlidir.



5. Politika Önerileri

5.1 Elektrik Sektörü

5.1.1 Toptan Elektrik Piyasası Tasarımı

Yenilenebilir enerji, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasını ve net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçişini sağlayacak en önemli etkenlerden biridir. Rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji santrallerinin değişken üretime sahip olması nedeniyle bu teknolojilerin elektrik sistemine entegrasyonunu hızlandırmak için sisteminin esnekliğini artırmak gerekir. Bu noktada, sistem esnekliği bataryalar, pompaj depolamalı hidroelektrik santraller, esnek üretim gibi teknolojik seçenekler yoluyla artırılabilir. Bununla birlikte, organize toptan elektrik piyasasında yapılacak bazı iyileştirmeler ile sistem esnekliğinin artması sağlanabilir (SHURA, 2021). 2053 yılı net sıfır emisyonlu bir elekrik sistemine geçiş için toptan elektrik piyasasında yapılabilecek iyileştirme önerileri aşağıda özetlenmiştir:

- 'Yerli Kömür Alım Garantisi' ve 'Kapasite Mekanizması' uygulamalarının yeniden değerlendirilmesi önerilmektedir. Yerli kömürden üretilen elektriğe yönelik olan 'Yerli Kömür Alım Garantisi'[30] ve 'Kapasite Mekanizması' uygulamaları ile eski, verimsiz ve esnek olmayan bazı santrallerin işletmeye devam etmeleri desteklenmektedir. Santrallerin bu teşviklerden yararlanması için getirilecek 'verimlilik', 'yıllık azami emisyon değeri' ve 'esneklik' gibi standartlarla bu mekanizmalar tekrar düzenlendiği takdirde, hem elektrik üretimi kaynaklı emisyonlar düşecek hem de sistemin esnekliği artırılabilecektir.
- Şeffaflığın ve veri paylaşımının artırılması tavsiye edilmektedir. Elektrik piyasasında rekabeti bozmayacak fakat bununla birlikte piyasadaki öngörülebilirliği artıracak olası verilere ulaşımın kolaylaştırılması ile piyasanın şeffaflığı, öngörülebilirliği ve verimliliği artırılacaktır.
- Dengeleme Güç Piyasası (DGP) ve dengesizlik cezalarının iyileştirilmesi önerilmektedir. DGP ile arz güvenliğinin sağlanması ve son kullanıcı elektrik talebinin daha etkin bir şekilde karşılanması teşvik edilmektedir. Mevcut durumda oluşan dengesizliklerin giderilmesi için 60 dakikalık bir süre uygulanmaktadır. Bu uygulamanın 30 veya 15 dakikaya indirilmesi ile katılımcılara doğru maliyetlerin yansıtılması sağlanacak ve sistem operatörünün sistemi işletmesi kolaylaşacaktır. Bu yaklaşım, aynı zamanda dengesizliğin azaltılmasına katkıda bulunan piyasa katılımcılarını ödüllendiren ve sistem dengesizliğini artıran katılımcıları cezalandıran fiyatlandırma yapısına geçişi de hızlandıracaktır.
- Gün İçi Piyasası'nda (GİP) kapı kapanış sürelerinin gerçek zamana yakınlaştırılması tavsiye edilmektedir. Mevcut durumda GİP'te uygulanan kapı kapanış sürelerinin 60 dakikadan, önce 30 dakika sonra da 15 dakikaya getirilmesi ile değişken üretim yapan santrallerin üretim tahminleri gerçek zamana yaklaştıkça iyileşmesi ve sistemin daha verimli ve esnek bir şekilde işletilmesi sağlanabilir.
- Türkiye'de tek bir Piyasa Takas Fiyatı (PTF) uygulanmaktadır. Bölgesel fiyatlandırma sistemine geçilmesiyle, ilgili bölgedeki arz talep durumlarına bağlı olarak farklı fiyat bölgeleri oluşturulabilir. Bu sistem, dengesizliklerin yönetilmesinde ve bölgeler arasındaki fiyat farklarına göre üreticilerin ve tüketicilerin bölge gerçeklerine göre stratejilerini oluşturmasına katkı sağlayacaktır. Alıcılar ve satıcılar için şebekenin fiziksel özelliklerini yansıtan bölgesel bir fiyatlandırma sistemine kademeli olarak

[30] 'Yerli Kömür Alım Garantisi' 2022 yılından itibaren uygulanmamakla birlikte, ilerleyen yıllarda yeniden yürürlüğe girme ihtimaline karşı bu öneri sunulmaktadır.

geçiş sağlanarak sistem esnekiği artırılabilir. Bölgesel fiyatlandırmanın bir sonraki aşamasında ise trafo merkezi bazlı (nodal pricing) bir fiyatlandırma modeline geçiş yapılabilir.

- Halihazırda toptan satış piyasasında uygulanan asgari ve azami fiyatları sistem esnekliğini desteklememektedir. Taban fiyatın kaldırılması, başka bir deyişle eksi fiyat oluşumuna izin verilmesi ile esnekliği az olan santraller üretimlerini azaltmak veya eksi fiyatlara ilişkin maliyetleri üstlenmek zorunda kalacaktır. Uygulanan azami fiyatların ise kayıp yük değeri (Value of Lost Load, VoLL) ile belirlenerek tavan fiyatların kademeli olarak bu değere yükseltilmesi sistem esnekliğini artırıcı bir rol oynayacaktır.
- Yan Hizmetler Piyasası'nda iyileştirmeler yapılarak daha küçük kapasiteli, esnek, dağıtık enerji kaynaklarının piyasaya katılımı önceliklendirilebilir. Mevcut durumda Yan Hizmetler Piyasası'na katılım için gerekli asgari limit 30 megavat (MW) olarak belirlenmiştir. Bu limitin kademeli olarak birkaç yüz kilovat'a (kW)[31] düşürülmesi ile dağıtık enerji kaynaklarının da bu piyasaya katılımı sağlanarak sistem daha verimli bir şekilde işletilebilecektir (Dentons, 2023). Bu kapsamda atılabilecek ilk adım Yan Hizmetler Piyasası'na katılım şartının 1 MW seviyesine düşürülmesi olabilir. Böylelikle batarya sistemleri ve talep tarafı katılımı gibi farklı dağıtık enerji kaynakları da doğrudan piyasaya katılma fırsatı bulabilir ve sistem esnekliği artırılabilir.
- Talep tarafının Yan Hizmetler Piyasası'na katılımı sistemsel önemli faydalar sağlayacaktır. Tek başlarına piyasalara katılımı olmayan küçük ölçekli dağıtık enerji kaynakları, talep toplayıcılar vasıtası ile organize piyasalara katılım sağlayabileceklerdir. Piyasa düzenlemeleri ile talep tarafı katılımının üçüncü taraflarda esnek yüklerin toplanması sağlanabilir. Ayrıca, talep tarafı katılımının DGP, Yan Hizmetler, GİP ve Gün Öncesi Piyasası'nda (GÖP) katılımına izin verilmesi durumunda bu kaynaklar arz tarafı kaynaklarıyla eşit bir şekilde rekabet edebileceklerdir.
- Türkiye'de son kullanıcı sübvansiyonları (bknz. Bölüm 3.1.2) başta olmak üzere enerji sektörünü kapsayan çeşitli sübvansiyonlar uygulanmaktadır. Son kullanıcılara uygulanan sübvansiyonların, toplumun sadece en kırılgan kesimlerini[32] kapsayacak şekilde düzenlenmesi önerilmektedir. Bu bağlamda, yüksek enerji fiyatlarından en çok etkilenen hanelerin belirlenmesi ve sübvansiyon uygulamalarında önceliklendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamın dışında kalan tüketici gruplarına uygulanan sübvansiyonların kaldırılması ile piyasada enerjinin tüketildiği yerde üretilmesi ve enerji verimliliği uygulamalarının artırılması teşvik edilebilecektir.

Toptan elektrik piyasası ile ilgili daha detaylı analizler için SHURA'nın 2021 yılında yayımladığı "Yenilenebilir Enerji Entegrasyonunu Hızlandırmak için Türkiye Organize Toptan Elektrik Piyasalarında İyileştirmeler " çalışması incelenebilir (SHURA, 2021).

5.1.2 Karbon Fiyatlandırması

Karbon fiyatlandırma mekanizmaları tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de emisyonların azaltılması ve yüzyıl ortasına kadar iklim nötr olma hedefine ulaşılmasında kritik bir öneme sahiptir. Karbon fiyatlandırma mekanizmalarının

[31] Avrupa elektrik piyasası tasarımı reformunda bu değer 100 kW'a düşürülmüştür. (Dentons, 2023)

[32] Mevcut durumda, ulusal elektrik tarifesinde Şehit Aileleri ile Muharip Malul Gaziler için konut tarifesine indirim uygulanmaktadır. Bununla birlikte, T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı tarafından gelir düzeyi çok düşük ve düzenli sosyal yardım alan ihtiyaç sahibi ailelere hane nüfusuna göre ayda 150 kWh'e kadar elektrik bedeli PTT şubeleri üzerinden destek olarak sağlanmaktadır (T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2023).

başarılı bir şekilde uygulanması için belirli bir yaptırım iradesinin oluşması, karbon fiyatlandırmasının faydaları konusunda paydaşlar arasında bir farkındalık yaratılması ve ölçülebilir, raporlanabilir ve doğrulanabilir sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Karbon fiyatlandırmasının en önemli özelliği "kirleten öder" ilkesi doğrultusunda bir mekanizma oluşturulmasıdır (Dünya Bankası, 2022). Karbon fiyatlandırması için uygulanan başlıca politika araçları şunlardır:

- **Karbon Vergisi:** Karbon vergisi, hükümetlerin salınan her bir ton sera gazı için birim fiyat belirlediği ve emisyona neden olan tarafların belirlenmiş bu tutara dayalı olarak neden oldukları emisyona göre bir ödeme yapması prensibine dayanmaktadır (Center for Climate and Energy Solutions, 2021). Uygulanan bu vergi ile son tüketicilerin ilave bir ücret ödememek için sera gazı emisyonlarını azaltıcı önlemler alması teşvik edilmektedir.
- **Emisyon Ticaret Sistemi (ETS):** ETS, hükümetlerce belirlenmiş emisyon hedeflerine ulaşmak için kullanılan bir mekanizmadır. Bu mekanizmaya göre, emisyon salımı yapan aktörlere belli bir düzeyde emisyon salım hakkı tanınmaktadır. Bu salım düzeyinin altında kalanlarla, izin verilen salım düzeyinden fazla emisyon yapanlar arasında, emisyona dayalı bir piyasa oluşmakta ve yine emisyon üzerinden ticaret yapılabilmektedir (UNFCCC, 2023). ETS kapsamında iki temel uygulama türü vardır, bunlardan ilki "emisyon üst sınırı ve ticaret sistemi"[33], bir diğeri ise "referans ve kredi sistemi"dir[34] (OECD, 2023). Emisyon üst sınırı ve ticaret sisteminde, emisyonlar için bir üst sınır belirlenir ve "emisyon tahsisatları"[35] belirlenmiş parametre ve kriterlere göre ya açık artırma/ihale ya da ücretsiz olarak dağıtılır. Referans ve kredi sisteminde ise emisyonlar için belirlenmiş bir üst sınır bulunmamaktadır. Bunun yerine, ulaşmaları gereken emisyon azaltım seviyesinden daha düşük emisyona yol açan katılımcılar aradaki fark kadar bir kredi kazanmış olurlar ve bu katılımcılar emisyonlarını istenilen düzeyde azaltamayan oyunculara bu krediyi satabilmektedirler (OECD, 2023).
- **Gönüllü Karbon Kredi Mekanizmaları:** Bu mekanizma, gönüllü olarak uygulanan emisyon azaltım faaliyetleri ile azaltılan her birim ton karbondioksit eşdeğeri (tCO_2e) için ticareti yapılabilir karbon kredilerinin üretildiği sistemi ifade etmektedir (Dünya Bankası, 2022). Bu mekanizmalar çerçevesinde işletmeler/şirketler sebep oldukları emisyonlar için ödeme yapmaktansa, yürüttükleri karbon azaltım faaliyetleriyle karbon kredisi üretebilmekte ve bu kredileri hem kendi faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonları dengelemek hem de ilave bir gelir elde etmek amacıyla kullanabilirler.

Türkiye'de henüz uygulamaya konulmuş bir karbon fiyatlandırma mekanizması bulunmamaktadır. Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı (Partnership for Market Readiness, PMR), Türkiye'de karbon fiyatlandırma mekanizmasının uygulanmasına yönelik bir çalışmayı 2013 yılından beri yürütmektedir. PMR Türkiye tarafından yapılan çalışmada karbon fiyatlandırma mekanizmaları hakkında kapasite geliştirme, farkındalık yaratma ve eğitim çalışmaları da yürütülmektedir. Yapılan çalışmalarda Türkiye için en uygun karbon fiyatlandırma mekanizmasının emisyon ticaret sistemi (ETS) olduğu değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda ETS'nin Türkiye'ye uygulanabilirliğini hızlandıracak çeşitli politikalar önerilebilir:

[33] Cap-and-trade system
[34] Baseline-and-credit systems
[35] Emisyon tahsisatları, ETS ile belirlenen üst sınırlar dahilinde şirketlere/kuruluşlara dağıtılan emisyon izinleridir.

- ETS'nin işlerlik kazanabilmesi caydırıcı bir karbon fiyatının belirlenmesi önerilmektedir. Elektrik üreticileri de dahil olmak üzere farklı aktörler için belirlenecek karbon sınırlarının ve bu sınırlar aşılırsa ödenecek cezaların bu husus dikkate alınarak oluşturulması yerinde olacaktır. Caydırıcı olmayan bir karbon fiyatı, üreticilerin oluşan ek maliyetleri tolere etmesine veya son kullanıcıya yansıtmasına neden olabilir. 2026 yılından itibaren AB Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (EU CBAM) uygulamasını başlatacaktır. Türkiye'nin ihracatının bu uygulamadan olumsuz etkilenmesinin önüne geçilebilmesi için "Ulusal Karbon Fiyatlandırma Mekanizması"nın AB'deki fiyatlar ile uyumlu olması da önemli olacaktır.
- Karbon Fiyatlandırma Mekanizması'nın Dünya Bankası ve OECD'nin uyguladığı FASTER[36] prensiplerine dayalı bir şekilde oluşturulması önerilmektedir (Dünya Bankası ve OECD, 2015).
- Ulusal Karbon Fiyatlandırma Mekanizması için gerekli düzenlemelerinin, Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Sistemi (YEK-G), Yeşil Tarife ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın gerekliliklerini içerecek şekilde oluşturulması önerilmektedir. Bu mekanizmanın uygulama yönteminin, önerilen yönetmeliğe tabi gruplara öncelik verilerek kamuoyuna açıklanması önerilmektedir.
- ETS veya Karbon Vergisi kapsamında toplanan "karbon gelirinin" özellikle enerji dönüşümü faaliyetleri için kullanılmasını önceliklendiren yasal bir çerçevenin oluşturulması önerilmektedir.

5.1.3 Yenilenebilir Enerji

Özellikle son on senede yenilenebilir enerji teknoloji maliyetleri dünya çapında düşüş göstermiş ve bu teknolojilerin piyasadaki rekabet gücü artmıştır. Bu gelişmeye paralel olarak geçtiğimiz yıllarda Türkiye'de de yenilenebilir enerji kurulu gücünde önemli bir artış gerçekleşmiştir. Bununla birlikte yenilenebilir enerji kapasite tahsisi için uygulanan mekanizmalar (bknz Bölüm 3.1.1) ve proje izin süreçlerinde yapılacak iyileştirmeler ile yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye elektrik sistemine entegrasyonu hızlanabilir. Türkiye'de lisansa tabi yeni rüzgâr ve güneş enerjisi kapasite tahsisleri için kullanılan YEKA yarışmaları kapsamında önerilen iyileştirmeler şunlardır:

- Yarışmaların, bir taraftan tedarikçi için en uygun fiyatı garanti ederken öte yandan yatırımcı için finansmana erişimi sağlayacak rasyonel bir fiyat seviyesinin belirlenmesi için gerekli dengeyi sağlaması şarttır. Bu açıdan YEKA yarışmalarına katılacak yatırımcıların, projeyi gerçekleştirebilecek ekonomik ve teknik kriterleri sağladıklarının garanti edilmesi önerilmektedir (SHURA, 2019). Aksi takdirde yarışma ile tahsis edilen kapasitenin hayata geçmediği ya da gecikmeli olarak devreye alındığı görülmekte; lisans iptalleri ya da bu lisansların devredilmesi gündeme gelmektedir.
- YEKA yarışmalarının önceden belirlenmiş bir takvim kapsamında ve yatırımcılar için öngörülebilir bir yapıda yürütülmesi önerilmektedir (SHURA, 2019). Yarışmaların periyodik bir şekilde düzenlenmesi ve yarışmaya girecek bölge, kapasite, teknoloji vb. konuların önceden duyurulması ile yatırımcılar için öngörülebilir ve güvenli bir yatırım ortamı sağlanabilecektir.
- YEKA yarışmalarının duyurulması ile tekliflerin verilme tarihi arasındaki süre proje geliştiricilerin hazırlıklarını tamamlayabilmesi için yeterli olmalıdır. Teklif süresinin yeterince uzun olması, teklif verenlerin projeleri titizlikle değerlendirebilmelerine ve rekabetçi teklifler sunabilmelerine olanak tanıyacaktır.

[36] FASTER prensipleri, karbon fiyatlandırma stratejilerinin emisyon hedefleriyle uyumlu, istikrarlı ve öngörülebilir mekanizmalar ile desteklenen, maliyetlerin ve gelirlerin adil bir şekilde dağıldığı bir mekanizma oluşturulmasını dikkate almaktadır. Bu prensipler karbon fiyatlandırması uygulamalarında şeffaflığın sağlanması için bir kılavuz işlevi görmektedir.

- Yarışmaları kazanan projelerin ön lisans sürecinde tamamlaması gereken çeşitli kamu görüş ve izinlerinin tek bir noktadan koordinasyonunu sağlayacak ayrı ve bağımsız bir kurumun oluşturulması projelerin izin süreçlerinin daha hızlı yürümesine yardımcı olacaktır. Aynı zamanda geçmiş ve mevcut yarışmalara ilişkin bilgilerin bu kurum tarafından oluşturulacak bir platformda paylaşılmasıyla ihale ve yarışma süreçlerinin şeffaflığı artacaktır.
- Birleşik Krallık'ta uygulanan Fark Sözleşmeleri (Contract for Difference, CfD) sisteminde, sözleşmelerin geçerli olduğu dönem boyunca yatırımcının kurduğu santralden elde ettiği gelirin seviyelendirilmiş elektrik maliyetinden (Levelised cost of electricity, LCOE) düşük olması durumunda, bir piyasa uzlaştırma fiyatı sağlanarak aradaki fark telafi edilmektedir (UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy, 2022). Türkiye'de YEKDEM ve YEKA taban fiyatlarının LCOE seviyesinde belirlenmesi yatırımcıların alacağı riski azaltacaktır. Aynı zamanda YEKDEM ve YEKA kapsamındaki alım garantisi sürelerinin rüzgâr ve güneş gibi "olgun" olan teknolojiler için de 15 yıla çıkarılması yatırımcılar için teşvik edici bir faktör olacaktır.
- Yarışmayı kazanan fiyat rekabetçi ortamda oluşmalı ve yatırımın hayata geçmesini önleyecek kur ve enflasyon risklerine karşı korunmalıdır. Yarışmalardaki alım garantisi fiyatlarının döviz bazlı olarak belirlenmesi finansmana erişimi kolaylaştıracaktır. Alım garantisi fiyatlarının TL bazlı olarak belirlendiği durumlarda ise fiyat eskalasyon formüllerinin döviz kuru riskini minimize edecek şekilde belirlenmesi önemli olacaktır. Alternatif olarak bazı YEKA yarışmalarında uygulanan minimum döviz bazlı taban fiyat koruması uygulaması da önerilebilir. Ayrıca belirlenecek yarışmaya esas tavan fiyatın da katılımcılar için alacakları risklere karşılık finansman bulmalarına yardımcı olacak ve makul oranda finansal getiri sunacak şekilde belirlenmesi önemli olacaktır.
- Yarışmalara konu bağlantı kapasitelerinin sistem odaklı bir yaklaşımla belirlenmesi önerilmektedir. SHURA'nın 2022 yılında yayımladığı "Türkiye Elektrik Sistemine Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Entegrasyonu" raporunda da değerlendirildiği üzere, yeni yenilenebilir enerji kapasite dağılımlarının, sadece en iyi kaynak ya da piyasa potansiyeline göre değil, genel olarak sistemin bu kapasiteyi en verimli şekilde kullanabileceği ve talebin yüksek olduğu lokasyonlara göre belirlenmesi önceliklendirilmelidir.
- Cezai yaptırımlar dikkatli bir şekilde tasarlanmalı ve etkin bir şekilde uygulanmalıdır. Cezalar yarışma sürecinin sağlıklı ilerlemesi ve projelerin hayata geçmesi için caydırıcı nitelikte olmalıdır. Projelerin zamanında devreye alınamadığı durumlarda, her gecikilen ay için belirli bir ceza uygulanabilir. Projelerin hiç hayata geçememesi durumunda, belirlenen finansal ceza doğrudan uygulanabilir ve proje geliştiricisinin sonraki yarışmalara girmesi engellenebilir.

Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği'ne tabi bir şekilde kurulan ve genellikle dağıtık enerji kaynaklarını konu alan santraller için de çeşitli iyileştirmeler yapılabilir. Genel hatlarıyla lisanssız yenilenebilir enerji santrali kurulumları için yapılabilecek iyileştirmeler aşağıda özetlenmiştir:

- Çatı üstü güneş enerjisi santralleri (GES) genel olarak sanayi tesislerinde, ticarethanelerde ve konutlarda kullanılan ve öztüketim amaçlı sistemlerdir. Bu amaçla kurulması planlanan çatı üstü GES uygulamalarının hızlanması için yalınlaştırılmış bir izin prosedürünün hazırlanarak uygulanması önerilmektedir. Bununla birlikte, konutlar gibi düşük enerji tüketimi olan ve bireysel olarak bu gibi

sistemlerin kurulumu ve işletilmesi için yeterli kaynağa sahip olmayan tüketicilere kamu tarafından doğrudan finansman desteği sağlanabilir.

- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği'nin 5. Maddesinin 1. Fıkrasına eklenen (h) bendinin "yerinde üretimi" teşvik eden ve sistem dengesinin korunması önceliklendiren bir çerçevede tekrar değerlendirilmesi önerilmektedir. Mevcut düzenleme ile çatısında yeterli alanı olmayan tüketicilerin farklı ölçüm noktalarında yatırım yapmalarına ve tüketici sözleşme gücünün iki katı kadar kapasite kurmalarına izin verilmektedir. Aynı zamanda tüketicilerin, bir önceki yıl gerçekleştirdikleri elekrik tüketimi kadar elektriği aylık mahsuplaşma yoluyla satmalarına izin verilmektedir. Ancak bu santrallerin dengelemeden sorumlu olmamaları sistem güvenliği için bir risk teşkil etmektedir. Aylık mahsuplaşma, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla yaygınlaşması için kullanılan önemli bir politika aracıdır. Fakat yenilenebilir enerjide belirli bir entegrasyon seviyesine ulaşıldıktan sonra, aylık mahsuplaşma uygulamasının sistem dengesizliğine olan etkisinden dolayı Faturalandırma[37] (net-billing) veya Al-Sat[38] (Buy-all Sell-all) gibi farklı fiyatlama uygulamalarına geçilmesi değerlendirilebilir. Bu uygulamalar şebeke ve piyasa maliyetlerinin lisanssız üretim yapan santrallere, yarattıkları maliyet oranında yansıtılmasını sağlayacaktır (SHURA, 2021d). Yenilenebilir dağıtık üretimin piyasalara katılımı ise talep toplayıcıları aracılığıyla sağlanabilir.
- Lisanssız santrallerin veri takibinin iyileştirilmesi (bknz. Bölüm 5.1.8) önerilmektedir. Böylelikle lisanssız santrallerce üretilen elektriğin dengeleme gruplarına satılmasının önünü açılarak, sistem esnekliğine katkı sağlanabilir.
- Çatı üstü GES'leri apartman kapsamında da yaygınlaştıracak yeni uygulamaların hayata geçirilmesi önerilmektedir. Bu uygulamalara örnek olarak Almanya'daki "Ev Sahibinden Kiracıya" sistemi gösterilebilir. Bu sistem öztüketimi konu almaktadır ve 2017 yılında uygulanmaya başlanmıştır. Uygulama kapsamında hem ev sahiplerine hem de kiracılara çeşitli avantajlar sağlanmıştır. Sistem kapsamında, ev sahipleri kurulu kapasitesi 100 kilovat'ı (kW) geçmeyecek şekilde çatı üstü GES kurulumunu üstlenmektedir. Bununla birlikte evlerini kiraya vermeleri durumunda, kiracılar üretilen enerjiyi tükettiklerinde, şebeke elektriğine uygulanan çeşitli vergi ve harçlardan muaf tutulmaktadır. Ev sahipleri ise kurdukları çatı üstü GES'ler ile kiracılarına sağladıkları her kilovat-saat (kWh) elektrik için teşvik almaktadır. Fazla üretim durumunda şebekeye elektrik satmak da mümkündür. Buna ek olarak, ölçüm sistemine ve bağlantı türüne bağlı olarak, binadaki herkes eşit şekilde elektrik tüketebilirken, bu sistemin dışında kalmayı tercih eden daireler ulusal tarife üzerinden elektrik satın alabilmektedir (Federal Ministry for Economics Affairs and Climate Action, 2022). Türkiye'de benzer bir uygulama, sanal mahsuplaşma (virtual net metering), Faturalandırma (net-billing) ve Al-Sat (Buy-all Sell-all) gibi diğer yöntemler de değerlendirilerek uygulamaya alınabilir.
- Öz tüketim amaçlı depolamalı çatı üstü GES kurulumlarını teşvik etmek için konut sahiplerine özel finansal teşviklerin sağlanması önerilmektedir. Bu doğrultuda, perakende elektrik tarifelerine uygulanan sübvansiyonlar kaldırılarak, çatı üstü GES kurulumlarını teşvik amacıyla ayrı bir finansal kaynak olarak kullanılabilir.

Yenilenebilir enerji santrallerinin teknoloji maliyetlerinin küresel ölçekte azalmış olması, bu teknolojilerin piyasadaki rekabet gücünü artırmıştır. Bu bağlamda, teşviklere tabi olmayan ve bunun yerine uzun vadeli "Yenilenebilir Enerji Tedarik

[37] Faturalandırma (net-billing), tüketim fazlası elektriğin şebekeye perakende satış fiyatından farklı bir fiyatla satıldığı bir uygulamadır (SHURA, 2020a).
[38] Al-sat yönteminde aynı faturalandırma dönemi içinde şebekeden alınan ve şebekeye verilen elektrik ayrı ayrı değerlendirilir. Bu yöntemde elektriğin fiyatı zamana bağlı olarak değişkenlik gösterdiğinden, üreticiye sistem maliyetleri yansıtılabilmektedir (SHURA, 2021d).

Anlaşmaları" (YETA) ile projelerin geliştirilebilmesi yenilenebilir enerji yatırımlarını artıracaktır. Türkiye'de YETA'ların geliştirilmesinde etkili olabilecek uygulamalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Elektrik piyasasında öngörülebilirlik ve şeffaflığın artması ile özel sektörün YETA uygulamalarını daha hızlı benimseyeceği değerlendirilmektedir.
- YETA'ların geliştirilmesi için YEKA benzeri bir uygulama izlenerek YETA alanları/bağlantı kapasiteleri belirlenebilir. Bu projelerin geliştirilebileceği alanları belirlemede daha önce ihalesi yapılmış ama gerçekleşmemiş proje alanları kullanılabilir.
- YETA'lar için sözleşme çerçevesinin kapsamlı bir şekilde oluşturulması gerekmektedir. Bu bağlamda, kamu kurumları, elektrik üreticileri ve sektör uzmanları gibi ilgili paydaşlardan oluşan bir istişare heyetinin kurulması önerilmektedir.

Yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumu için gereken finansmana erişim için de çeşitli zorluklar bulunmaktadır. Hem öztüketim hem de şebeke ölçeğindeki projelerin finansmana erişimi konusunda aşağıdaki öneriler uygulanabilir:

- Yenilenebilir enerji projelerinin geri ödeme süresinin beş (5) yıl ve üstüne yayılabilmesi, orta-uzun vadeli finansmana erişimi önemli kılmaktadır. 2021 yıl sonuna kadar olan dönemde yenilenebilir enerji projeleri hem kalkınma finansmanı kuruluşları hem de gelişmiş ülkelerin ihracat kredisi finansmanı kapsamındaki kaynaklarından ve yerli bankaların sendikasyon yoluyla temin ettiği kaynakların plasmanından yararlanarak uygun koşullarda orta-uzun vadeli kredilere erişebilmiştir. Bu dönemde döviz bazında ve görece yüksek fiyatlı enerji satın alma garantileri içeren birinci YEKDEM uygulaması finansman kuruluşlarının bu projelere yönelmesini kolaylaştırmıştır. 2022 sonrasında ise bir yandan makroekonomik ortamda artan güçlükler finansmana erişimi zorlaştırırken diğer yandan mevcut olan finansman kaynakları artan oranda karbonsuz enerjiye yönelmektedir. SHURA tarafından yapılan çalışmalar yenilenebilir enerji gibi iklim finansmanı kapsamında yer alan yatırımlar için Türkiye'ye sağlanan orta-uzun vadeli kredi kaynaklarının çeşitlenerek artabileceğini ancak ihtiyaç duyulan yatırımların tamamını finanse etmeye yeterli olmayacağını göstermektedir. Dolayısıyla yatırımcıların banka kredilerine ek olarak yeşil tahvil, özel özsermaye finansmanı, refinansman gibi alternatif finansman araçlarına yönelmesi yenilenebilir enerji kapasitelerinin hızlı bir şekilde devreye alınmasına yardımcı olacaktır (SHURA, 2022d).
- Proje finansmanı kapsamına giren şebeke ölçeğindeki büyük proje yatırımcıları bu projeler için tanımlanan sosyal, çevresel ve teknik standartları karşılamakta zorlanabilmektedir. Bu noktada, yatırımcıları yönlendirecek çeşitli kılavuzların hazırlanması projelerin yüksek standartlarda geliştirilmesinde yardımcı olacaktır.
- Bir diğer konu ise mevcut yatırımların çoğunun 'proje finansmanı' kapsamından daha düşük kapasitelerden oluşmasıdır. Bankaların düşük kurulu kapasiteli projeleri (özellikle çatı üstü GES'ler) kısa vadeli tüketici kredisi kapsamında değerlendirmesi, bu gibi projelerin hayata geçmesinde zorluklara neden olmaktadır. Hanehalkının kurmayı planladığı öztüketime dayalı dağıtık enerji projeleri için daha uzun vadeli bir kredilendirme sağlanması bu uygulamaların artmasını ve elektriğin üretildiği noktada tüketilmesini sağlayacaktır. Böylelikle

şebeke kayıpları düşecek ve sistem esnekliğine de katkıda bulunulacaktır. Bu noktada, bankaların talep toplayıcılara sağlayabileceği yeni kredi araçları da düşünülebilir.[39]

5.1.4 Enerji Depolama

Net sıfır hedefleri doğrultusunda değişken üretim yapan güneş ve rüzgâr enerji santrallerinin şebekeye entegrasyon hızı, şebekenin esnekliğine bağlı olarak değişkenlik gösterecektir. Şebeke esnekliğinin artırılması için enerji depolama sistemlerinin kullanımı büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda Türkiye'de enerji depolama sistemlerinin kurulumlarını hızlandırmayı hedefleyen çeşitli politika önerileri aşağıda özetlenmiştir:

- Enerji depolama kapsamında orta ve uzun vadede bölgesel, teknolojik (batarya veya pompaj depolamalı hidroelektrik santrali) ve öngörülen kapasite tahsisini içeren planlamaların yapılması önerilmektedir.
- Uzun dönemli depolama imkânı sunan pompaj depolamalı hidroelektrik santrallerin Türkiye'de kurulmasını sağlamak için yürütülen araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yanı sıra pilot bölgeler seçilerek, bu bölgelerde kurulacak santraller için teknik ve finansal fizibilite çalışmalarının yürütülmesi önerilmektedir. Buna ek olarak, yatırımcıları bu projelere teşvik etmek için çeşitli vergi indirimleri de uygulanabilir.
- Enerji depolama mevzuatında yatırımcılar için muğlak alanların netleştirilmesi önerilmektedir. 9 Mayıs 2021 tarihinde yayımlanmış "Enerji Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği" ile mevzuatın ana hatları belli olmuştur. 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 7. Maddesinde yapılan değişiklik çerçevesinde enerji depolama tesisleri için ikincil mevzuat değişiklikleri Eylül 2022 tarihinde görüşe sunulmuştur. 19 Kasım 2022 tarihinde yapılan değişikliklerle depolama tesislerinin ön lisans başvuru değerlendirme süreci belirlenmişken, sistem kullanım bedeli ve dağıtım bedelleri konusunda belirsizlikler devam etmektedir. Üretici veya tüketici statüsündeki bağımsız depolama tesislerinin maliyetlerinin hangi yönden (sisteme veriş ya da çekiş) değerlendirileceği ve vergilendirme konuları henüz netleşmemiştir (SHURA, 2022c). İkincil mevzuatın bu konuları da içerecek şekilde güncellenmesi önerilmektedir.
- Mevzuatın, "yenilenebilir enerji santrallerine bütünleşik kurulacak depolama tesisleri" için bu tesislerinin kurulum amacına göre projelendirilmesine olanak sağlayacak şekilde iyileştirilmesi önerilmektedir. Mevcut mevzuat, bütünleşik depolama tesis kapasitelerinin o tesisin en az 1 saat boyunca sistemde kalmasını sağlayacak (1 MW: 1 MWh) şekilde projelendirilmesine izin vermektedir. Bütünleşik depolama tesisleri eğer yenilenebilir enerji santrallerinin şebeke üzerindeki dengesizliğini yönetmek amacıyla kurulacaksa, dengesizlik cezalarının da şebeke maliyetlerini yansıtacak şekilde belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu durumda, mevzuatın da kurulacak depolama tesisinin yatırımcının kendi dengesizliğini yönetecek ölçüde projelendirmesine olanak sağlayacak şekilde iyileştirilmesi gerekecektir. Bu bağlamda, yatırımcının mevzuatta belirtilen kapasiteden (1 MW: 1 MWh şartı) daha düşük bir kapasitede depolama tesisi kurmasının önü açılabilir. Eğer kapasite kriteri değişmezse, dengesizlik yönetiminden arta kalan kapasitenin Yan Hizmetler Piyasası'nda veya farklı piyasalarda kullanabilmesi sağlanmalıdır.

[39] SHURA finansman çalışmaları kapsamında hazırlanan "Entegre Enerji Yönetimi Finansmanı Yaklaşımı: Son Kullanıcı Odaklı Finansman Çözüm Önerileri" ve "Dağıtık Enerji Kaynakları ve Yeni Teknoloji Yatırımlarına Yönelik Finansman Önerileri" bu konuda detaylı önerilere yer vermektedir.

Eğer planlanan bütünleşik depolama tesisleri, yenilenebilir enerji santrallerinin baz yük santrali gibi kullanılması amacıyla kurulacaksa, tesislerin asgari 2 saat ve üstü sistemde kalmasını sağlayacak şekilde tasarlanması teşvik edilmelidir. Bu doğrultuda, yatırımcılara çeşitli finansal teşvikler (örneğin alım garantisi, vergi muafiyet vb) sağlanması, bu yatırımların hayata geçirilmesinde yardımcı olacaktır.

- Hem sayaç arkası hem de şebeke ölçeğindeki depolama tesislerinin Dengeleme Güç Piyasası (DGP) ve Yan Hizmetler Piyasası gibi farklı piyasalara katılımına izin verilmesi sağlanarak bu yatırımların gelir kaynaklarının çeşitlendirilmesi tavsiye edilmektedir. Sekonder frekans kontrolü (SFK) ile ilgili maliyetler 2021 yılından itibaren keskin bir şekilde artmaktadır. Bu bağlamda, depolama tesislerinin spot piyasalar yerine Yan Hizmetler Piyasası'na katılımı, sistem dengesizliklerinin yönetilmesinde ve maliyetlerin düşürülmesinde daha verimli olabilir. Depolama sistemleri için mevcut durumda belirlenen Yan Hizmetler Teknik Kriterleri, bu sistemlerin Yan Hizmetler Piyasası'na özellikle de Sekonder Frekans Kontrolü (SFK) kapsamında katılımını oldukça zorlaştırmaktadır. Mevcut kriterlere göre Primer Frekans Kontrolü (PFK) için bir depolama tesisinin depolama kapasite/kurulu güç oranı en az 1,25 olmalıdır. 5 saatlik SFK için ise bu oran az 11,25 olmalıdır. Bu durumda 100 MW/100 MWh kurulu gücünde bir batarya SFK kapsamında 8,8 MW teklif verebilmek için, 100 MWh kapasitesinin tümünü ayırmak durumundadır. Belirlenen katsayıların bu sistemlerin Yan Hizmetler Piyasası'na katılımını kolaylaştıracak şekilde güncellenmesi önerilmektedir.
- Depolama tesislerinin, piyasada yapılacak iyileştirmelerle arbitraj imkanından yararlanması önerilmektedir. Mevcut durumda piyasada uygulanmakta azami ve asgari fiyat limitleri gibi uygulamalar arbitraj potansiyelini kısıtlamaktadır. Piyasada oluşan fiyatların maliyetleri yansıttığı bir ortamda ve negatif fiyatlara izin verilmesi durumunda arbitraj imkânı da artacaktır.
- İletim ve dağıtım hatlarındaki kısıtların ve tıkanıklıkların azaltılması için depolamalı sistemlerin kullanıldığı "Sanal Güç Hatları" (Virtual power lines, VPL) kurulumları önerilmektedir. Bu yeni uygulamanın geliştirilmesi için öncelikle örnek pilot proje bölgeleri seçilip sonrasında daha büyük ölçeklerde denemeler yapılabilir. VPL kapsamında hem üretim hem de tüketim noktalarında depolama tesisleri kurularak, yenilenebilir enerji kaynaklı dalgalanmaların ve şebekede oluşan yüklenmelerin depolama tesisleri ile dengelenebilmesi sağlanabilir.
- Çatı üstü güneş enerji sistemleri (GES) için uygulanan aylık mahsuplaşma uygulaması, sayaç arkası batarya kurulumlarının gelişimini kısmen sınırlamaktadır. Belirli bir yenilenebilir enerji entegrasyonundan sonra, sayaç arkası batarya sistemlerinin teşvik edilebilmesi için Faturalandırma (net-billing) ve Al-Sat Yöntemi (Buy-all Sell-all) gibi fiyatlandırma modellerine geçilmesi önerilmektedir. Bu yöntemlerle sistemin gerçek maliyeti elektrik üreten ve tüketen "prosumers" grubuna yansıtılacağından, dengesizlik yönetimi önceliklendirilecektir. Bununla birlikte sistem esnekliği de artırılabilecektir (SHURA, 2021d).
- Şebeke dışı uygulamalarda (küçük ölçekli aydınlatma, tarımsal sulama vb.) batarya depolama sistemlerinin teşvik edilmesi önerilmektedir. Bu bağlamda kurulacak dağıtık enerji kaynakları ve bataryalar için vergi indirimleri, düşük faizli krediler gibi çeşitli finansal teşvik mekanizmaları kullanılabilir.
- Enerji depolama tesis kurulumlarını teşvik etmek için çeşitli finansal enstrümanların (örneğin düşük faizli krediler, vergi muafiyetleri, hibe uygulamaları vb.) sağlanması önerilmektedir. Doğrudan finansal enstrümanların yanında teknoloji bazlı teşvikler de uygulanabilir. Gün içinde bataryaların şarj ve deşarj sıklığı nedeniyle oluşacak verimlilik kayıpları kaynaklı maliyetleri telafi etmek için finansal bir sübvansiyon mekanizması tasarlanabilir.

5.1.5 Talep Tarafı Katılımı

Talep tarafı katılımı düşük ilk yatırım maliyetleri, sistem esnekliğine katkıları ve elektrik sektörü kaynaklı emisyonlar üzerindeki etkisi ile ön plana çıkmaktadır. Birinci Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nda (2017 – 2023) talep tarafı katılımı, esnek yüke sahip elektrik tüketicilerinin esnekliğinden faydalanarak puant talebin yönetilmesine olanak sağlayan mekanizma olarak tanımlanmaktadır (ETKB, 2017). Bununla birlikte, On Birinci Kalkınma Plan (2019 – 2023) kapsamında talep tarafı katılımını mümkün kılacak bir piyasa altyapısının oluşturulması değerlendirilmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019).

Türkiye'nin talep tarafı katılımı potansiyeli yüksek olmasına ve artan ilgiye rağmen bu potansiyelin hayata geçmesi için gerekli yasal çerçeve ve ilgili destek mekanizmaları henüz tam olarak netlik kazanmamıştır (SHURA, 2021a). Talep tarafı katılımının işlerlik kazanmasında çeşitli uygulamalar dikkate alınabilir:

- Son kullanım sektörlerindeki tüketicilerin, talep tarafı katılımı ve piyasaya katılımları ile ilgili eğitim ve bilgilendirmelerin yapılması önerilmektedir. Talep tarafı katılımı kapsamında açılacak ihalelerin yapısının tüketiciler tarafından anlaşılması için sağlanacak eğitimlerin yanı sıra sanal pilot uygulamalarla deneyim kazanmaları faydalı olacaktır.
- Türkiye'de enerji mevzuatının tüketici merkezli bir bakış açısıyla tekrar gözden geçirilmesi, gerektiğinde iyileştirmeler yapılması önerilmektedir. Bununla birlikte, sistem esnekliğinin artmasında kilit rol oynayan dijitalleşmenin de mevzuat kapsamında tanımlanarak, uygulama yöntemlerinin belirlenmesi önerilmektedir.
- Gerçek zamanlı piyasaların yapısındaki değişikliklerin yanı sıra spot piyasalarda uygulanan azami ve asgari fiyat limitlerinin gerçek sistem maliyetlerini yansıtacak şekilde yeniden değerlendirilmesi ve kademeli olarak bölgesel fiyatlandırma sistemine geçilmesi ile talep tarafı katılımı teşvik edilebilir (SHURA, 2022).
- Düzenlemeye tabi perakende tarifelerinin aşamalı olarak kaldırılması ile talep tarafı katılımı potansiyeli artırılabilir. Piyasada oluşan fiyatların maliyetleri yansıttığı bir ortamda talep tarafı katılımı artacak ve oluşan piyasa koşullarında talep tarafı katılımının etkin bir şekilde kullanılması sağlanacaktır. Perakende elektrik tarifeleri aşamalı olarak kaldırılırken, sosyal tarifeden yararlanan kırılgan tüketiciler için yeni bir tarife uygulanması gerekecektir.
- Talep tarafı katılımının yaygınlaştırılması için öncelikle akıllı sayaçlar ve çok zamanlı tarifelere geçişi kolaylaştıracak mevzuatsal düzenlemelerin ve teşviklerin belirlenmesi önerilmektedir. Tüketicilerin talep tarafı katılımı uygulamalarından faydalanabilmesi için en az saatlik çözünürlüğe sahip, güvenilir ve hızlı iletişim sağlayan bir akıllı sayaç sistemine geçilmesi gerekmektedir. Akıllı sayaçların kullanımının artırılması için çeşitli finansal teşvikler uygulanabilir. Çok zamanlı tarife, sanayi ve ticarethaneler gibi küçük tüketici grupları için varsayılan seçenek olarak belirlenebilir. Konut tipi tüketiciler için hacimsel bir ölçüm fiyatına dayalı bir tarife veya bu tüketicilere belirli kullanım zamanı ya da dinamik tarife seçenekleri sunulabilir. Elektrikli araçlar ve ısı pompaları gibi yeni teknolojiler kontrol edilebilir yük sunduklarından, hacimsel çok zamanlı ve bölgelere göre değişen fiyat tarifelerine tabi olabilirler (SHURA, 2022c).
- Elektrik talebi yüksek olan sanayi ve alt sanayi sektörleri için talep tarafı katılımı ile sağlanabilecek potansiyel tasarrufların gösterildiği bir "Tasarruf Atlası"nın oluşturulması önerilmektedir. Benzer bir uygulama sonrasında konutlar için de düzenlenebilir.

- Talep toplayıcıların, talep tarafı katılımı kapsamında da hizmet vermesini sağlayacak mevzuatsal düzenlemelerin yapılması önerilmektedir. İlgili mevzuatta, talep toplayıcıların görev ve sorumluluklarının kesin bir şekilde açıklanması gerekmektedir.

5.1.6 Elektriğin Form Değiştirmesini Sağlayan (Power-to-X) Teknolojiler

Elektrolizör yöntemiyle, yeşil hidrojen ve e-yakıt üretimi elektriğin form değiştirmesine örnek olarak verilebilir. Üretilen hidrojen ya da e-yakıtın son tüketim alanlarından enerji taşıyıcısı ve hammadde olarak kullanılabileceği gibi, aynı zamanda elektrik sektöründe kullanılmak üzere mevsimsel enerji dengesinin sağlanabilmesi için uzun dönemli olarak depolanabilir (SHURA, 2023a). Özellikle net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda yüksek kapasitelerde kurulması planlanan güneş enerjisi santralleri (GES) mevsimsel geçişlere ihtiyaç duyabilir. Bu dengesizliklerin yönetilmesinde, üretim fazlası elektriğin yeşil hidrojen üretiminde kullanılması ve depolanması, sonrasında tekrar elektriğe çevrilerek kullanılması değerlendirilebilir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın yayımladığı Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası kapsamında Türkiye'nin elektrolizör kapasite hedefleri açıklanmıştır (ETKB, 2023b). Bununla birlikte elektrik sektöründe elektriğin form değiştirmesini sağlayan teknolojilerin kullanılmasını artırmak için çeşitli politika enstrümanları gereklidir. Bunlara örnek olarak aşağıdaki uygulamalar düşünülebilir:

- Yeşil hidrojenin elektrik ve son kullanım sektörlerindeki uygulamalarını ve kullanımını açıklayan yasal bir mevzuatın oluşturulması önerilmektedir. Oluşturulacak mevzuat kapsamında, hidrojen faaliyetleri ve uygulamalarından sorumlu ve özel sektör-kamu iş birliklerinin planlanmasını yürüten bir kamu biriminin oluşturulması da önemli olacaktır.
- Yeşil hidrojen için üretim ve depolama teknik standartlarının oluşturulması önerilmektedir. Elektrolizörlerin hidrojenin tüketileceği noktalara yakın yerlerde kurulması, yeşil hidrojen ve sentetik yakıtların maliyet etkin kullanımını kolaylaştıracaktır.
- Üretilen hidrojenin yenilenebilir enerji kaynaklı olduğunun ispatlanması için bir sertifikalandırma programı kurulabilir (IRENA, 2020). Oluşturulan yeni sertifikaların YEK-G benzeri bir yapıda işlerlik kazanması durumda, hidrojen piyasasının oluşmasına katkı sağlayabilir.
- Elektrolizör verimliliğinin artırılması ve elektrolizör maliyetlerinin düşürülmesi için elektrolizör tasarımının optimize edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, elektrolizör tasarımlarının geliştirilmesi için araştırma-geliştirme (AR-GE) faaliyetlerinin yürütülmesi ve bu faaliyetlere finansal teşviklerin sağlanması önerilmektedir (IRENA, 2020).
- Yeşil hidrojen yatırımlarını teşvik etmek için çeşitli finanasal araçlar (örneğin direkt teşvikler, vergi muafiyetleri vb.) geliştirilebilir. Bu destekler için gerekli mali kaynaklar küresel kalkınma ajanslarından ve/veya ETS kaynaklı toplanacak karbon gelirlerinden sağlanabilir. Elektrolizör kurulumları için vergi muafiyetleri; üretilen yeşil hidrojen ve türevleri için de geliştirilecek yeni satın alım garantileri uygulanabilir.
- Elektrolizörlerin, Yan Hizmetler Piyasası'na katılımının sağlanması önerilmektedir (IRENA, 2020). Böylelikle elektrolizörlerin özellikle güneş üretiminin yüksek olduğu öğlen saatlerinde sistem esnekliğine katkı sağlamasının önü açılabilecektir.
- Doğal gaz şebekesi ve altyapısının yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtların bir karışımını kullanacak şekilde iyileştirilmesi için araştırma – geliştirme projelerinin

yürütülmesi ve bu dönüşümün gerçekleşmesi için bir yol haritasının hazırlanması önerilmektedir. Böylelikle orta ve uzun vadede gaz şebekesinde doğal gaz miktarı kademeli olarak düşürülerek emisyonsuz gaz karışımının eklenmesi sağlanabilir ve şebeke gazının emisyon miktarı düşürülebilir.

5.1.7 İletim Şebekesi ve Enterkonneksiyonlar

2053 yılına kadar net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçiş sürecinde gerçekleşecek enerji dönüşümü ile elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının artan payı ve son kullanım sektörlerinde artacak elektrifikasyon ile şebeke altyapısının güçlendirilmesi ve esneklik seçenekleriyle sistem güvenilirliğinin artırılarak elektrik arz güvenliğinin sağlanması büyük önem arz etmektedir (SHURA, 2022). Bu doğrultuda iletim hatları ve uluslararası elektrik ticaretini mümkün kılan enterkonneksiyon hatlarının ileriye dönük planlaması öne çıkan konular arasındadır. SHURA'nın 2022 yılında yayımladığı "Türkiye Elektrik Sistemine Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Entegrasyonu" raporunda da değerlendirildiği üzere, mevcut elektrik şebeke gelişim planı enerji dönüşümü için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Şebeke gelişimi ve uluslararası elektrik ticaretini mümkün kılan enterkonneksiyon hattı kapasitelerinin geliştirilmesi için destekleyici politika ve düzenlemelere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu bağlamda uygulanabilecek potansiyel politika önerileri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Şebeke gelişim planlamasının sistem odaklı bir şekilde düzenlenmesi önerilmektedir. Yeni yenilenebilir enerji kapasitesi tahsisinin hem talebe yakın olduğu noktalara hem iletim sisteminin koşulları dikkate alınarak planlanması önemli olacaktır.
- İlerleyen dönemlerde 2053 yılı net sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi bağlamında, kömür santrallerinin devreden çıkarılmasının, adil dönüşüm prensipleri çerçevesinde ve elektrik şebekesi koşulları dikkate alınarak hazırlanmış bir konumsal plan dahilinde ele alınması önerilmektedir.[40]
- Dağıtık enerji kaynaklarının geliştirilmesinde şebeke kapasitesi ve bağlantı noktalarını içeren "kapasite barındırma haritaları" oluşturulması ve yatırımcıların bu doğrultuda yönlendirilmesi önerilmektedir (SHURA, 2022c).
- Sınır ötesi elektrik ticareti hacminin artırılması için orta ve uzun dönemde enterkonneksiyon hattı kapasitelerinin geliştirilmesi önerilmektedir. Komşu ülkelerle elektrik alış verişinin artması, puant yük ve sistemsel kısıt yönetiminde sistem esnekliği açısından maliyet etkin bir yöntemdir. Bununla birlikte, piyasa eşleştirme (market coupling) ve dengesizlik uzlaştırma gibi uygulamalarla sınır ötesi elekrik ticaret hacmi artırılabilir.

5.1.8 Dağıtım Sistemi ve Dijitalleşme

Enerji dönüşümü ile şebeke yapısı üreticiden tüketiciye doğru ilerleyen merkezi ve tek yönlü bir yapıdan, tüketicilerin odak noktası olduğu daha dağıtık ve daha etkileşimli bir yapıya dönüşmektedir. Bu durum son kullanıcıların hem elektrik üreten hem de tüketen "prosumers" statüsünde piyasaya katılımlarını sağlar. Elektrik tüketicilerinin dağıtık enerji sistemleri ve talep tarafı katılımı ile piyasaya katılması, elektrik sektöründe dijitalleşmeyi ve dağıtım altyapısının da bu yönde geliştirilmesini gerektirecektir. Bu bağlamda uygulanabilecek çeşitli politikalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

[40] Türkiye adil dönüşüm çerçevesi önerisi için SHURA'nın "Enerji Dönüşümünde Ana Ekesen: Adil Dönüşüm" başlıklı çalışması incelenebilir.

- Dağıtık üretim kapasitesinde öngörülen artışla birlikte elektrik sisteminin güvenirliğinin korunması için dağıtım sistemi operatörleri (Distribution System Operator, DSO) ve iletim sistemi operatörü (Transmission System Operator, TSO) arasındaki iş birliğinin ve veri paylaşımının geliştirilmesi önerilmektedir. Bu bağlamda, DSO'lar ve TSO arasındaki iş birliğinin düzenlenmesi için yeni bir regülasyon oluşturulabilir ve bu çerçevede kurumlar arası SCADA veri akışının sağlanmasında standart bir veri protokolü hazırlanabilir. Merkezi bir veri platformunun oluşturulması ile ortak planlama ve koordinasyon mekanizmalarının geliştirilmesi gibi konular da değerlendirilebilir (SHURA, 2022c).
- DSO'ların orta/uzun vadede "esneklik piyasaları" oluşturmalarına izin verilmesi önerilmektedir. DSO'lar mevcut durumda yan hizmetler bünyesinde bulunan Primer Frekans Kontrolü (PFK), Sekonder Frekans Kontrolü (SFK) ve black-start gibi hizmetleri dağıtım bölgesi bazlı olarak sağlayabilirler. Uygulamanın test edilmesi için seçilecek pilot bölgelerde ilgili DSO'ların dağıtım bölgesi bazlı Yan Hizmet Piyasası işletmesi sağlanabilir. Yan hizmetlerin DSO'lar tarafından sağlıklı bir şekilde işletilmesi ile TSO'nun sistemi yönetmesi kolaylaşacaktır.
- Dağıtım kaynaklı elektrik kayıp ve kaçaklarının önüne geçilmesi için akıllı sayaçların yaygınlaştırılması ve akıllı şebeke yönetimine geçilmesi önerilmektedir. Akıllı sayaçların yaygınlaşmasıyla, dağıtım şebekesinde kapsamlı bir ölçüm altyapısı oluşturulabilir. Sayaçlardan elde edilen veriler doğrultusunda dağıtım bölgelerindeki yük tahminlerinin ve arıza tespitlerinin hassasiyetinin artacağı değerlendirilmektedir. Akıllı sayaçların yaygınlaştırılması için çok zamanlı tarifelerin uygulanmasının yanı sıra yeni kredi imkanları ve finansal teşvikler sağlanabilir.
- Enerji hizmet sağlayıcılarının akıllı şebeke sisteminin kurulması için gerekli yatırımları (akıllı sayaç, enerji yönetim sistemleri vb) gerçekleştirebilmeleri amacıyla finansal teşviklerin tanımlanması önerilmektedir (SHURA, 2022a).

5.2 Son Kullanım Sektörleri

Net sıfır emisyonlu bir ekonomiye geçişte, tüm sektörler için fosil yakıtlı kaynaklardan yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına geçişin sağlanması gerekmektedir. Son kullanım sektörlerinde kullanılan fosil yakıtların, mümkün olduğu ölçüde temiz kaynaklardan üretilen elektriğin kullanılması yoluyla, mümkün olmadığı durumlarda da yeni teknolojilerle (yeşil hidrojen vb.) ikame edilmesi önemli bir karbonsuzlaşma stratejisidir. Bu bağlamda, son kullanım sektörlerinde enerji dönüşümünü gerçekleştirmek için kullanılabilecek temel stratejiler sektörel bazda aşağıdaki tabloda gösterilmektedir:

Tablo 6: *Son kullanım sektörlerinde sektörel bazda uygulanabilecek temel stratejiler*

Son kullanım sektörleri	Karbon fiyatlandırma	Enerji verimliliği	Kaynak Verimliliği	Elektrifikasyon	Dolaylı Elektrifikasyon ve Yeni Teknolojiler
Sanayi	X	X	X	X	X
Konutlar		X		X	
Üçüncül (Hizmetler ve Tarım)		X		X	
Ulaştırma	X	X		X	X

5.2.1 Sanayi

Türkiye'de enerji tüketiminin en yüksek olduğu sektör sanayi sektörüdür (SHURA, 2023). 2021 yılı Enerji Denge Tabloları'na göre, toplam enerji talebinin %34'ünü sanayi sektörü oluşturmaktadır (ETKB, 2022). SHURA'nın 2023 yılında yayımladığı "Türkiye'de Konut ve Sanayi Sektörünün Elektrifikasyonu" raporunda incelendiği üzere, sanayi sektörünün 2021 yılındaki toplam fosil yakıt tüketimi 287,4 teravat saat (TWh) seviyesinde gerçekleşmiştir. Sanayi alt sektörleri düşünüldüğünde yüksek ısı prosesleri içeren demir-çelik ve çimento sanayilerinin, toplam fosil enerji talebinin %52'sini oluşturduğu görülmektedir. Bu sektörler sanayide kullanılan kömürün %77'sini tüketmektedir. Bu bağlamda, sanayide kademeli olarak yürürlüğe girecek bir Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) ve karbon vergisi mekanizması ile sanayi kaynaklı sera gazı emisyonlarında ciddi bir düşüş meydana geleceği öngörülebilir. Bununla birlikte sanayide elektrifikasyon, eneji verimliliği ve kaynak verimliliği uygulamalarının azami seviyelerde kullanılması gerekmektedir. Karbonsuzlaşması zor sektörlerde ise kademeli olarak yeşil hidrojen kullanımı sayesinde net sıfır hedeflerine ulaşmak mümkün olabilir (SHURA, 2023a). Sanayinin karbonsuzlaşmasında temel bir diğer faktör de sanayi kompozisyonun Türkiye'nin kalkınma planları doğrultusunda katma değeri yüksek ve karbon yoğunluğu düşük sektörlere yönelmesidir. Bu bağlamda sektörlerin yalnız tekil olarak değil, ekonomideki diğer bağlantıları ve ekosistemleriyle birlikte ele alınması etkinliği artıracaktır (SHURA, 2023a).

Karbon Fiyatlandırması

- Farklı sanayi sektörleri için üst emisyon sınırlarının belirlenmesi ve belirlenen bu sınırların periyodik olarak aşağı yönlü olarak güncellenmesi önerilmektedir. Belirlenen üst emisyon limitler, 2053 yılına kadar azami 5 yıllık süreçlerde güncellenerek kademeli olarak düşürülebilir. Bu yolla, sanayide sektörel bazda emisyon hedefleri ve yol haritaları oluşturulabilir.
- Kurulacak ETS ile farklı sanayi sektörleri için emisyon üst limitlerinin (azami emisyon limiti) belirlenerek, bu limitler doğrultusunda emisyon tahsisatlarının dağıtılması gerekmektedir. OECD, emisyon tahsisatlarının ücretsiz olarak değil, bir ihale yoluyla yapılmasını önermektedir (OECD, 2023). Dünya Bankası'nın incelemelerine göre Almanya, kademeli olarak devreye almayı planladığı ETS uygulamasında, 2021 – 2025 yılları arasında sabit bir fiyattan emisyon tahsisatı yapacaktır (Dünya Bankası, 2022). 2026 yılı itibarıyla, belirlenmiş bir taban-tavan fiyat aralığında (55 EUR/tCO_2e – 65 EUR/tCO_2e) tahsisatlar ihaleye açılacaktır. 2025 yılında eğer farklı bir fiyat aralığı önerilmezse, 2027 yılı itibarıyla emisyon tahsisatları için fiyatlarının piyasa tarafından belirlenmesi planlanmaktadır. Benzer bir uygulamanın Türkiye için de uyarlanabileceği değerlendirilmektedir.
- Kurulacak ETS uygulamasındaki tüm katılımcıların ilgili mevzuat ve düzenlemelere uymasını sağlamak için periyodik olarak ölçme ve raporlandırma standartlarının getirilmesi önerilmektedir. Böylelikle, katılımcıların performansları daha yakından takip edilebilecektir. Belirlenen üst limitlerden daha fazla emisyon salımı gerçekleştiren işletmeler için birim ton karbon eşdeğeri (tCO_2e) üzerinden bir aşım ücretinin uygulanması da değerlendirmeye alınabilir.
- Düzenlenecek karbon vergisi ve ETS için sanayi tesislerinde anlık emisyon ölçme sistemleri kurulması ve denetleyici kamu otoritesine sunulmak üzere aylık performans raporlarının hazırlanması önerilmektedir.

- Sanayi sektörü özelinde ETS'yi tamamlayıcı nitelikte bir karbon vergisi uygulanabilir. Karbon vergileri, yakıtlara uygulanan harçlar ve diğer tüketim vergileri gibi mevcut vergilendirme yöntemleriyle uygulanabileceğinden, Emisyon Ticaret Sistemi'ne (ETS) oranla daha hızlı bir şekilde devreye alınabilir (IRENA, 2022). Karbon vergisi tutarı belirlenirken, karbonun toplumsal maliyeti, kullanılan yakıtların karbon yoğunluğu, piyasa rekabet düzeyi ve sektörel bazlı üretim hacimleri ile emisyon değerleri gibi çeşitli parametreler kullanılmalıdır. Sektörel bazda belirlenen ve kademeli olarak artırılacak olan karbon vergisi ile sanayi sektörlerinin temiz teknolojilere yönelmeleri hız kazanacaktır. Karbon vergisi gelirlerinin bir bölümü sanayinin karbonsuzlaşmasına yönelik enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, elektrifikasyon ve proseslerde fosil yakıtlardan hidrojen ve diğer e-yakıtlara geçiş gibi dönüşüm yatırımlarına aktarılabilir. Bu kapsamda dönüşümden etkilenecek istihdamı da kapsayacak bir adil dönüşüm fonu oluşturulabilir.
- AB Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (EU CBAM) da dikkate alınarak karbon fiyatlandırmasının sanayi üzerindeki çok yönlü etkilerinin tespiti için kapsamlı çalışmalar yapılması ve fiyatlandırmanın rekabet gücü, ekonomik kalkınma ve sanayi stratejisi boyutlarını dikkate alarak saptanması önem taşımaktadır. Bu bağlamda bir plan dahilinde kademeli olarak artış içeren orta vadeli fiyatlandırma stratejisinin ilan edilmesi önerilmektedir.

Enerji Verimliliği

- Sanayi için sektörel bazda enerji verimliliği standartları belirlenmeli ve kuruluşların bu standartları uyguladıkları periyodik olarak denetlenmelidir. Enerji verimliliği standartları belirlenirlen her sanayi sektörü için mevcut en iyi teknolojiler ve uygulamalar belirlenmelidir. Bununla birlikte, enerji verimliliğini destekleyen piyasa temelli politika mekanizmalarının (enerji verimliliği yükümlülükleri ve yarışmaları) tasarlanması önerilmektedir.
- Sanayi kuruluşlarının enerji verimliliği potansiyelinin belirlenmesinde ve enerji verimliliği yönetim sistemlerinin oluşturulmasında yardımcı olacak bir Ulusal Enerji Yönetimi Programı'nın hazırlanması tavsiye olunur.
- Sanayide kullanılan aydınlatma ve motor sistemlerinin (fan, pompa, soğutma sistemleri, basınçlı hava sistemleri vb) enerji verimliliği yüksek yeni sistemlerle değiştirilmesi için finansman araçlarının oluşturulması önerilmektedir. Bu sektörlerdeki enerji verimliliği yatırımları için vergi indirimleri, hibe veya düşük faizli krediler sağlanabilir. Bununla birlikte, elde edilen enerji tasarrufuna göre çeşitli finansal teşvikler uygulanabilir.

Kaynak Verimliliği

- Sanayide döngüsel ekonomiyi desteleyecek bir stratejinin oluşturulması önerilmektedir. Bu strateji kapsamında sanayide kaynakların verimli kullanımı ve sanayi bazlı atıkların en az seviyeye indirilmesi için bir yol haritasının hazırlanması sanayi sektörü için çok yönlü faydalar sağlayacaktır. Önerilen strateji kapsamında sanayi dalları için atık azaltım ve sürdürülebilir malzeme kullanımı gibi hedefler de belirlenmelidir. Hedefler doğrultusunda performans gösteren kurumlara çeşitli finansal teşviklerin sağlanması da sanayide döngüsel ekonomi pratiğinin benimsenmesinde yardımcı olacaktır.

- Hammadde çıkarmadan nihai ürün üretimine kadarki tüm tedarik zinciri boyunca sera gazı emisyonlarını azaltmada etkili olacak "yeşil satın alma" ve "tedarik zinciri katılım programları" gibi uygulamaların devreye alınması önerilmektedir. Bu bağlamda sanayide sürdürülebilir malzeme kullanımı ve/veya imalatta kullanılan malzemelerin belirli bir yüzdesinin geri dönüştürülmüş olmasını gerektiren "teşvik programları" hazırlanabilir.

Elektrifikasyon

- Sanayide ısı pompalarının[41] ve diğer elektrikli teknolojilerin (elektrikli ark ocakları vb) yaygınlaştırılması için ilk yatırım finansmanı yardımı dahil olmak üzere çeşitli finansman paketlerini içeren iş modellerinin ve hizmetlerinin geliştirilmesi önerilmektedir (SHURA, 2023b). Bu bağlamda, hizmet olarak enerji (Energy as a Service, EaaS) kapsamında sanayide ısı pompalarına geçişi hızlandırmak için ısı pompası teknik fizibilitesi, teknoloji kurulumu, şebeke bağlantısı ve talep tarafı katılımı ile ilgili alt yapı oluşturma hizmetleri sağlanabilir.
- Ağır sanayide, özellikle demir-çelik sektöründe, elektrifikasyon potansiyelinin katma değerli üretim ve ihracata geçiş ile birlikte planlanması, elektrikli ark ocaklarına yapılacak yatırımlarda mevcut uzun ürün kapasitesinin artışından ziyade, katma değerli yassı ve özellikli ürün üretimine ağırlık verilmesi önerilmektedir.

Dolaylı Elektrifikasyon[42] ve Yeni Teknolojiler

- Karbonsuzlaştırılması zor sektörlerde yeşil hidrojen kullanımının başlatılması ve yaygınlaşması için sanayi dallarına göre ve belirli dönemlerde güncellenecek şekilde uzun dönemli bir yol haritasının hazırlanması önerilmektedir. Hidrojen, demir-çelik, kimya, gübre ve rafineri gibi bazı sanayilerde yaygın olarak kullanılabilmektedir. Bu sektörlere uygulanacak asgari yeşil hidrojen kullanım yükümlülükleri de bu yol haritasına eklenerek yeşil hidrojene talebin uzun dönemli olarak artırılması ve hidrojen için bir piyasanın oluşturulması sağlanabilir (SHURA, 2022c).
- Sanayide kullanılacak yeşil hidrojenin üretimi, depolanması, taşınması ve kullanılması için teknik ve güvenlik standartlarının yasal bir çerçeve kapsamında düzenlenmesi önerilmektedir.
- Sanayide ve diğer binalarda (kamu, ticari, konut vb) yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtların bir karışım olarak doğal gaz şebekesinde kullanımının sağlanması için araştırma – geliştirme projelerinin hazırlanması önerilmektedir. Böylelikle orta ve uzun vadede yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtların doğal gaza karışıtırılarak şebekede kullanılmasının ve aşamalı olarak doğal gaz miktarının azaltılmasıyla şebeke gazının karbonsuzlaştırılmasının önü açılacaktır.
- Sanayide fosil kaynaklardan üretilen hidrojenin kullanımının aşamalı olarak azaltılması ve yeşil hidrojen kullanımının artması için aradaki maliyetin finansal bir teşvik kapsamında sanayicilere sağlanması önerilmektedir (IRENA, 2022).

[41] Isı pompaları, 150 – 200 santigrat dereceye (^{0}C) kadar olan ısıtmada ve düşük ısı (<200 ^{0}C) gerektiren endüstriyel proseslerde doğrudan kullanılabilecek bir teknolojidir. Bununla birlikte ısı pompaları yüksek ısı gerektiren endüstriyel proseslerde fosil yakıt tüketimini azaltmak için ön ısıtıcı olarak da kullanılabilir.
[42] Rapor kapsamında dolaylı elektrifikasyon yeşil hidrojen ve türevlerini (sentetik metan, biyogaz vb) ifade etmektedir.

5.2.2 Konutlar

SHURA'nın (2023) yayımladığı "Net Sıfır 2053: Elektrik Sektörü için Yol Haritası" raporunda incelendiği üzere konutlarda enerji tüketiminin uzun dönemde düşmesini, artan elektrifikasyon ve enerji verimliliği uygulamaları sağlamaktadır. Konutlarda yenilenebilir enerji, enerji verimlliği ve elektrifikasyonu finansmanıyla birlikte bütünleşik olarak ele alan "entegre enerji yönetimi" yaklaşımının yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda, yeni binalar neredeyse sıfır enerjili (nSEB) olarak tasarlanabilir, toplu konut ve siteler, pilot bölgeler ve düşük gelirli haneler için farklı proje ve finansman paketleri geliştirilebilir ve bunlara yerel yönetimlerin de katılımı sağlanabilir (SHURA, 2022e). Buna paralel olarak, kentsel dönüşüm projeleri ve deprem sonrası inşa edilecek yeni binalarda aşağıda özetlenen önerilerin uygulanması konutlar için bir fırsat olarak değerlendirilebilir.

Enerji Verimliliği

- Mevcut durumda var olan ve yeni yapılan binalar için enerji verimliliği hedef performanslarının belirlenerek, periyodik olarak performanslarının ölçülmesi için bir denetleme mekanizmasının geliştirilmesi önerilmektedir. İlgili ölçüt ve kriterler bina yönetmelikleri ve bina standartlarına eklenebilir. Mevzuat kapsamında belirlenecek hedef enerji verimliliği performans değerleri ve kriterleri uzun dönemde periyodik olarak güncellenerek sıkılaştırılabilir. Bu doğrultuda, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın hazırladığı "Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar" (nSEB) programı kılavuz olarak kullanılabilir (ÇŞİDB, 2020).
- Konut stokunun renovasyon oranının uzun vadede kademeli olarak artırılması önerilmektedir. Bu doğrultuda yapılacak renovasyonlarda dış cephe yalıtım, dağıtık enerji üretim tesislerinin kurulumu, en yüksek enerji verimliliğine sahip elektrikli aletler ve sürdürülebilir inşaat malzemelerinin kullanımını teşvik edecek çeşitli finansman araçları oluşturulabilir. İlgili renovasyonları yerine getiremeyecek kırılgan haneler için sosyal sübvansiyon programları oluşturulabilir (ÇŞİDB, 2020).
- Yeni binaların tasarım aşamasında enerji verimliliğinin en üst seviyede olacak şekilde tasarlanması ve tasarımların enerji verimlilik kriterlerine uygunluğu kontrol edildikten ve onaylandıktan sonra inşaatına başlanılması önerilmektedir. Bu bağlamda yeni inşa edilecek tüm konutların, ısı yalıtım, ısıtma, soğutma, aydınlatma ve entegre elektrikli aletleri konularında en yüksek enerji verimlilik standartlarını karşılamaları da denetlenmiş olacaktır. Bu doğrultuda uygulanacak yeni inşaat standartlarının oluşturulması ve denetleme kriterlerinin belirlenmesi gerekmektedir.
- Konutlarda bina renovasyonlarının hızlanması için mülk sahiplerine vergi indirimleri, düşük faizli krediler gibi çeşitli finansal teşviklerin sağlanması faydalı olacaktır. Bu bağlamda, özellikle büyük kentlerde ev sahipliği oranı azalırken, birden fazla eve sahip olanların oranının arttığı, kiralık konutların yaygın hale geldiği dikkate alınarak, mevcut konut stokunun dönüşümünü hızlandırmak için kendi konutunda oturmayan mülk sahiplerine yönelik özel teşvik ve yükümlülük mekanizmaları da düşünülebilir.
- EaaS sağlayıcıları ve teknoloji şirketlerinin ev sahiplerine yönelik ve konutlarda eneji tasarrufu sağlamalarına kılavuzluk edecek; konutlarda enerji tüketiminin izlenmesi ve iyileştirilmesi konularında veri sağlayacak yeni mobil uygulamaların geliştirilmesi önerilmektedir.

- Akıllı ev teknolojisine yönelik ulusal teknik standartları ve teknoloji sağlayıcıları ile kullanıcıları arasındaki gizlilik ve güvenlik kurallarını belirleyen yasal bir çerçevenin oluşturulması önerilmektedir. Bu çerçeve kapsamında veri koruma ve siber güvenlik gereklilikleri de belirlenmelidir. Buna ek olarak, akıllı ev teknolojilerinin belirli siber güvenlik standartlarına ve protokollerine uymasını sağlamak için sertifikasyon programları oluşturulabilir.

Elektrifikasyon

- Mevcut durumda doğal gaz boru hattına erişimin olmadığı yerlerde verimliliği yüksek olan ısı pompası kurulumlarının önceliklendirilmesi önerilmektedir. Türkiye'de binalar için ortalama performans katsayısı (COP) değeri 2,75'tir, yani 1 kWh elektrik kullanılarak 2,75 kWh seviyesinde ısıl enerji elde edilebilmektedir (SHURA, 2023b). Bu bağlamda, özellikle Türkiye'nin güney ve batı illeri gibi daha ılıman bölgelerde doğal gaz dağıtım şebekesi genişleme planları tekrar değerlendirilerek, ısı pompası kurulum potansiyeli yüksek olan yerlerde bu teknolojinin kurulumu teşvik edilmelidir (SHURA, 2023b). Bu doğrultuda ısı pompalarının kurulumunu teşvik etmek amacıyla konutlarda düşük faizli krediler ve vergi indirimleri gibi finansal araçlar oluşturulabilir.
- Benzer şekilde, tüm yeni binalarda ısı pompası kurulumunun orta-uzun vadede zorunlu hale getirilmesi önerilmektedir (SHURA, 2023b).
- Perakende elektrik ve doğal gaz tarifelerindeki sübvansiyon düzeyleri eşitlendiği takdirde tüketicilerin daha ekonomik olan ısı pompalarına geçişinin hız kazanacağı değerlendirilmektedir (SHURA, 2023b).
- Çatı üstü GES sistemlerine entegre kurulacak ısı pompalarının yaygınlaştırılması için belli bir dönem için geçerli "yıllık mahsuplaşma" imkanı getirebilir (SHURA, 2023b). Isı pompası tüketiminin yüksek olduğu dönemlerde, GES üretimi düşük seviyelerdedir ve bu durum sistem üzerinde olumsuz bir etki yaratacaktır. Bu nedenle, önerilen yıllık mahsuplaşma imkanının kısıtlı bir dönem boyunca uygulanması ve üretilen elektriğin ısı pompası tüketimi kadarlık kısmının karşılanması değerlendirilebilir. Böylelikle yazın üretilen fazla elektrik, kışın ısı pompası tüketimini dengelemede kullanılabilir ve bu sayede ısı pompası yatırımının geri ödeme döneme kısaltılabilir. Entegre çatı üstü GES ve ısı pompası sistemleri yaygınlaştıktan sonra yıllık mahsuplaşma uygulaması sonlandırılmalıdır ve gerçek zamanlı dengelemeye geçilmesi önerilmektedir (SHURA, 2023b).
- Konutlarda sıcak su kullanımı için güneş termik sistemlerinin kurulumunu teşvik edecek finansal araçların oluşturulması önerilmektedir. Bu konuda ekipman sağlayıcıları ve enerji hizmet şirketleri finansal kuruluşlarla birlikte fatura üzerinden finansman, vadeli satış veya finansal kiralama (leasing) türü finansman araçları geliştirebilir; finansal kuruluşlar BSMV[43] indirimi ile teşvik edilebilir.

5.2.3 Üçüncül Sektörler (Hizmet ve Tarım)

SHURA'nın yayımladığı "Net Sıfır 2053: Elektrik Sektörü için Yol Haritası" raporunda değerlendirildiği üzere üçüncül sektörlerdeki enerji talebi konut sektörüne benzerlik göstermektedir. Yapılan modelleme çalışmasında 2053 yılına kadar projekte edilen enerji talebinin ve emisyonların düşmesindeki en büyük faktör, bu sektörlerde artan elektrifikasyon ve enerji verimliliğidir. Bu doğrultuda Bölüm 5.2.2 kapsamında incelenmiş politika önerilerinin çoğu bu sektörler için de uygulanabilir.

[43] Banka ve sigorta muavele vergisi

Enerji Verimliliği

- Hizmet ve tarım sektörlerinde enerji verimliliği farkındalığını artırmak için belirli periyotlarda eğitim programlarının gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Bu eğitimler sektörel bazda enerji verimliliği faaliyetlerini ve uygulama yöntemlerini içerecek bir kapsamda hazırlanmalıdır.
- Bu sektörlerdeki enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik hedeflerinin ölçülebilir ve net olarak belirlenmesi ve hedeflere ulaşım için bir zaman çizelgesinin oluşturulması önerilmektedir. Bununla birlikte hem enerji verimliliği performans ölçümü hem de verimliliğin artırılabileceği noktaların belirlenmesi için oteller, hastaneler ve tarım işleme tesisleri gibi hizmet sektörü tesislerinde periyodik enerji denetimleri yapılabilir. İlerlemenin düzenli olarak izlenmesi, veri toplanması ve sonuçların analiz edilmesi gelecekteki karar alma süreçlerine yol göstermek ve stratejide gerekli ayarlamaları yapmak için önemlidir.
- Enerji verimli ekipman kullanımını teşvik etmek için çeşitli finansal teşvik programları uygulanabilir. Bu programlara örnek olarak hibeler, düşük faizli krediler veya vergi indirimleri düşünülebilir.
- Tarım sektörü kapsamında seraların iklimlendirilmesinde jeotermal kaynaklı merkezi ısıtma sistemlerinin kullanımının artırılması için jeotermal kaynak araştırma fonları oluşturulabilir.
- Tarım sektörü kapsamında, tarımsal faaliyetlerin devam etmesini engellemeyecek ve özel olarak tasarlanmış güneş enerji sistemileri (GES) ile elektrik üretiminin de yapılabileceği projeler için AR-GE çalışmalarının yürütülmesi önerilmektedir. Farklı tarım ürünleri ve iklim koşulları için seçilecek pilot bölgelerde özel tasarım GES tesisleri kurularak, bu sistemlerin ürün verimi, su ve elektrik tüketimi üzerindeki etkileri araştırılabilir (Solar3GW, 2023).

Elektrifikasyon

- Hizmet sektöründe ısı pompası kullanımının arıtırılması için kamu, hizmet sektörü paydaşları ve enerji hizmet sağlayıcıları arasında iş birlikleri ve ortaklıklar oluşturulabilir. Böylelikle hem küçük ölçekli hem de büyük ölçekli elektrifikasyon projelerinin finansmanı için kamu-özel sektör ortaklıkları veya ortak girişimlerin oluşturulması desteklenerek, bilgi alışverişi ve iş birliği platformları aracılığıyla en iyi uygulamaların sisteme entegrasyonu hız kazanabilir.
- Tarım sektörünün enerji ihtiyaçlarını karşılamak için özellikle sulama ve hasat sonrası işlemlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan mini şebekelerin kullanımı teşvik edilmelidir. Yerel yönetimler ve tüketiciler iş birliği sağlayarak mini şebeke kurulumu için potansiyel bölgeler belirleyebilirler. Böylelikle tüm paydaşların projeleri benimsemesi sağlanarak bu uygulamaların artması sağlanabilir. Kurulacak mini şebekelerin işletme, bakım ve onarım gibi aktivitelerinin yerel halk ve proje sahiplerinin gerçekleştirebilmeleri için çeşitli teknik eğitimler hazırlanabilir.

5.2.4 Ulaştırma

Ulaştırma sektöründe sera gazı emisyonlarının azaltılması için iki temel strateji bulunmaktadır. İlki karbon fiyatlandırma mekanizmasının uygulanması, ikincisi ise elektrifikasyonun artması (elektrikli araçların artması) ile enerji verimliliğinin artırılmasıdır. Karbon fiyatlandırması ile fosil yakıtlarla çalışan araçlara olan talebi azaltmak mümkün olduğu gibi toplu taşımaya olan talebin artması ve düşük karbonlu

ulaşım teknolojilerinin teşvik edilmesi de sağlanabilir. Mevcut durumda fosil yakıtlara bağımlı olan ulaştırma sektöründe çok yüksek bir elektrifikasyon potansiyeli mevcuttur (SHURA, 2023a). Elektrikli araçlara artan ilgi, Türkiye'yi elektrikli araçlar ve şarj altyapılarıyla ilgili mevzuatı hazırlamaya teşvik etmiştir. Elektrikli araçlar ayrıca bir piyasa katılımcısı olarak tanımlandığı takdirde, şebekenin ihtiyacı olduğu zamanlar batarya görevi üstlenerek (V2G şeklinde) araç sahibine ek bir gelir de sağlayabilecek bir araçtır. Bu gibi özellikleriyle ulaştırma sektöründe elektrifikasyonun artması sistem verimliliğini ve esnekliğini artırırken, karbonsuzlaşmayı da azaltacak bir etki yaratacaktır.

Özetle anlatılmaya çalışılan her iki temel strateji de ulaştırma ve taşımada, karayolu taşımacılığının ağırlığının azaltılarak düşük karbonlu alternatifler olan demiryolu ve denizyolu taşımaclılığı paylarının artırılması ile birlikte uygulanmalıdır. Bu bağlamda, düşük karbonlu taşıma modlarının teşviki ile beraber karayolu taşımacılığının optimizasyonuna yönelik önlem ve yaptırımlar düşünülmelidir. Örneğin, bir yükün ileri-geri hareketlerinin azaltılması, havaleli ve düşük katma değerli ürünlerin dış ticaretinin sübvanse edilmemesi için ek yaptırımlar tasarlanabilir. Şehir içinde ulaşımda da toplu ulaşım ve raylı sistemlerin teşvik edilmesi yine bu kapsamda ele alınmalıdır.

Karbon Fiyatlandırması

- Karbon vergisinin hem fosil yakıt üreticilerine hem de bu yakıtların ithalatını yapan işletmelere uygulanması önerilmektedir. Böylelikle artan yakıt maliyeti nedeniyle tüketicilerin dolaylı olarak düşük karbonlu alternatiflere geçiş yapması teşvik edilmiş olacaktır. Uygulanacak karbon vergisinin kısa vadede önce daha düşük bir seviyeden başlatılması ve kademeli olarak artırılması önerilmektedir. Karbon vergisinin yanı sıra ulaştırma sektöründe emisyon ticaret sisteminin (ETS) de eş zamanlı bir şekilde uygulanması tavsiye edilmektedir.
- Ulaştırma sektörü kaynaklı elde edilecek karbon gelirinin öncelikle toplu taşımanın karbonsuzlaştırılmasında kullanılması önerilmektedir. Gelirin elektrikli araç şarj altyapısı kurulumu, raylı sistemlerin geliştirilmesi, elektrikli otobüs ve tramvay gibi taşıt üretimi veya satın alımı için kullanılması sağlanabilir.
- Dönüşümün ilk etabı olarak yüksek karbondioksit (CO_2) emisyonu ve yüksek fosil yakıt kullanan araçlar için ilave bir vergilendirme düşünülebilir. Böylelikle özellikle binek araçlardan toplu taşıma moduna geçiş hızlanabilir. Yük taşımacılığında, özellikle ekonomi açısından zaruri olan yüklerin taşınmasında, vergilendirmeye kademeli geçiş düşünülebilir.

Enerji Verimliliği

- Ulaştırma altyapısının, ulaşım modunun bireysel binek araçlardan toplu taşımaya geçişi kolaylaştıracak şekilde planlanması önerilmektedir. Bu kapsamda şehir merkezlerinde fosil yakıt kullanan içten yanmalı motorlu araçların girmesinin yasak olduğu taşıtsız bölgeler oluşturulabilir ya da bu tip araçların girişinin kısıtlandığı bölgeler tanımlanabilir. Artan toplu taşıma (tramvay, metro, otobüs hatları vb) ve toplu taşıma yolları ile binek araçlardan toplu taşımaya geçiş hız kazanacaktır.

Elektrifikasyon

- Hafif hizmet araçları (light duty vehicles, LDV) ve binek araçların elektrikli araç (electric vehicles, EV) tiplerine geçişini hızlandırmak için araç şarj istasyonlarının sayısını artırmaya yönelik ülke genelini kapsayan bir stratejinin hazırlanması

önerilmektedir. Bu stratejinin bir parçası olarak, şehir merkezlerinde, mesken bölgelerinde, alışveriş merkezlerinde ve otoparklarda daha fazla EV şarj istasyonu kurulabilir. Mesken bölgelerde şarj altyapısı kurulumlarının sayısını artırmak için maddi teşvikler sağlanabilir.

- EV'lerin akıllı şarj uygulamalarını artırmak için çok zamanlı tarifelerin (time-of-use) kullanımının teşvik edilmesi önerilmektedir. Özellikle hanehalkı için eğitimler düzenlenerek bütünleşik sistemlerin (EV, çatıüstü GES ve batarya kurulumu) finansal ve sistemsel yararları kullanıcılara aktarılabilir ve akıllı sayaçlar ile çok zamanlı tarifelerin bu sistem içindeki rolleri anlatılabilir. Bu eğitimlerde, EV'lerin yenilenebilir enerji üretiminin pik olduğu saatlerde şarj edildiği ve akşamları ihtiyaç halinde batarya olarak da çalıştığı (araçtan şebekeye – vehicle to grid, V2G) anlatılarak, kullanıcılara ek gelir sağlanabileceği de vurgulanabilir. Böylelikle hem kullanıcı davranışları sistem odaklı bir şekilde değişerek, sistem esnekliği artırılmış olacak hem de karayolu kaynaklı emisyonlarda ciddi bir azaltım sağlanmış olacaktır.
- EV ve akıllı şarjın etkisini değerlendirmeyi amaçlayan pilot ölçekli projelerin geliştirilerek, uygulamaya alınması önerilmektedir. Teknoloji geliştiricilerinin hazırladığı ve sertifikalandırılmış akıllı telefon uygulamaları aracılığıyla kullanıcılar, araçlarını şarj etmek için zaman ve maliyeti optimize ederek, acil durumlarda devreye alınabilecek "acil şarj modu" gibi uygulamalarla da hızlıca araçlarını şarj edebilirler.
- EV satışlarını teşvik etmek için düşük faizli krediler, vergi indirimleri (özellikle özel tüketim vergisi kapsamında) veya mevcut fosil yakıtlı araçların kamu tarafından geri alım programlarıyla satın alımı gibi çeşitli finansal teşvikler ve destek programı uygulamaları önerilmektedir.
- EV kullanımının artırılması için özel sektör, filo kiralama şirketleri ve kamuda binek araç filolarının elektrifikasyonu için özel finansman paketleriyle birlikte yükümlülükler ve teşvikler uygulanabilir. Şehir içi ve şehirler arası yük ve yolcu taşımacılığında önemli paya sahip olan ve finansmana erişimde güçlük yaşayan KOBİ ve mikro işletmelere yönelik ek teknik ve finansal destekler sağlanabilir.

Dolaylı Elektrifikasyon ve Yeni Teknolojiler

- Ulaştırma sektöründe sera gazı emisyon azaltım hedeflerinin; hidrojen ve türevlerinin kullanım hedeflerinin belirlendiği bir yol haritasının oluşturulması önerilmektedir. Özellikle uzun yol taşımacılığı için hidrojen ve türevlerinin orta vadede kullanımına olanak sağlayacak altyapı ihtiyaçlarının da belirlenmesi sektörde yeni yakıt türlerinin kullanımına geçişi hızlandıracaktır.
- Uzun yol taşımacılığı (denizcilik ve havacılık) ve ağır hizmet araçlarında (heavy duty vehicles, HDV) yeşil hidrojen ve türevlerinin (sentetik kerosen, amonyak ve diğer e-yakıtlar) kullanımı için gerekli altyapının oluşturulması gerekmektedir. Bu doğrultuda hidrojen ve e-yakıt dolum istasyonlarının stratejik yerleşimleri düşünülerek planlamaların yapılması önerilmektedir.
- Mevcut durumda fosil yakıtlarla üretilen hidrojen ile yeşil hidrojen arasındaki maliyet farkının kapatılması için çeşitli finansal teşviklerin uygulanması önerilmektedir (IRENA, 2020). Bu doğrudan yeşil hidrojen tarifelerine sağlanacak vergi indirimleri şeklinde uygulanabilir.



6. Genel Değerlendirmeler

Küresel olarak sürdürülen iklim değişikliği ile mücadele kapsamında Türkiye, 2021 yılında Paris Anlaşması'na taraf olmuş ve akabinde 2053 yılında net-sıfır emsiyonlu bir ekonomiye geçiş hedefini açıklamıştır. Özellikle Covid-19 salgını ve 2022 yılında Rusya-Ukrayna savaşı ile derinleşen enerji krizi ile birlikte tüm ekonomilerde olduğu gibi Türkiye'nin de enerji arz güvenliğini sağlarken, enerjiye erişimin ekonomik ve sürdürülebilir olmasını destekleyecek politikalara yönelimi hızlanmıştır.

Bir yandan enerjiye ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde erişimin ve arzının sağlanması bir yandan da ekonominin karbonsuzlaşmasında uygulanabilecek üç temel strateji bulunmaktadır. Bu stratejiler yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve elektrifikasyondur. Bununla birlikte özellikle imalat sanayi ve ulaştırma gibi karbonsuzlaşması zor sektörler için yeni teknolojilerin de içinde olduğu farklı stratejilere ihtiyaç olacaktır. SHURA'nın 2023 yılında yayımladığı "Net Sıfır 2053: Elektrik Sektörü için Yol Haritası" raporunda incelendiği üzere Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme azami entegrasyonu ve son kullanım sektörlerinde enerji verimliliği ve elektrifikasyon seviyelerinin artırılması yoluyla 2053 yılında net sıfır emisyonlu bir ekonomiye sahip olabilecektir. Türkiye net sıfır hedefi doğrultusunda bahsedilen üç temel stratejinin uygulanması, özellikle sanayi sektöründe üretimin yüksek katma değerli ve daha az enerji yoğun ürün ve proseslere kayması ve karbonsuzlaşması zor sektörlerde yeşil hidrojen kullanımı ile ekonomik büyüme ve refahtan fedakarlık etmeden net sıfır hedefine ulaşabilmektedir. Bu doğrultuda, gerekli yatırımların vakitlice gerçekleşmesi için elektrik piyasasında yapılabilecek iyileştirmelerin yanı sıra yeni teknolojilerin sisteme entegre olabilmesi için araştırma-geliştirme çalışmalarının finansal olarak desteklenmesi, potansiyel kullanıcıların eğitimi ve bu gelişmelerin sağlanması için çeşitli finansal teşviklerin (örneğin doğrudan hibe, düşük faizli krediler, vergi indirimleri, yeni tarifeler vb) oluşturulması önemli olacaktır.

Rapor kapsamında Türkiye için elektrik ve son kullanım sektörlerinde uygulanabilecek politika önerilerinin bütüncül bir bakış açısıyla geliştirilmesi amaçlanmıştır. Net sıfır emisyon hedefinin uzun vadeli olması önerilen politikaların farklı dönemlerde farklı uygulamalar bağlamında işlerlik kazanmasına neden olacaktır. Bu doğrultuda, rapor kapsamında incelenmiş sektörel politika alanları ve belirlenen politika önerilerinin alt başlıklar şeklinde kısa bir özeti aşağıdaki tablolarda özetlenmektedir. Bu bağlamda, enerji dönüşümünü gerçekleştirecek politikaların belirlenmesi ve uygulanması için karar verme gücüne sahip, iklim değişikliği konularına bütüncül bir yaklaşım getirerek kapsamlı bir koordinasyon sağlayacak, mevcut ve gelecek fonların doğru yönetimi ve dağıtımı için etkili uygulamalar yapabilecek, tüm sektör paydaşlarını kapsayıcı kurumlar üstü bir "koordinasyon kurulu" yapısının oluşturulması önerilmektedir.

Tablo 7: *Elektrik sektörü politika alanları ve önerileri özet tablosu*

Politika Alanları	Özet Politika Önerileri	Kısa Vade (2023 - 2025)	Orta Vade (2026-2035)	Uzun Vade (2036-2053)
Toptan elektrik piyasası tasarımı	Sistem esnekliğinin artırılması için Kapasite Mekanizması'na çeşitli teknik standartların getirilmesi ve fosil yakıtlara olan desteklerin kademeli olarak kaldırılması	■	■	
	DGP ve dengesizlik cezalarının sistem esnekliğini teşvik edecek şekilde düzenlenmesi	■	■	
	Piyasa fiyatlarının sistem maliyetlerini yansıtacak şekilde düzenlenmesi	■	■	
	Asgari ve azami fiyat limitlerinin sistem maliyetlerini yansıtacak şekilde belirlenmesi ve negatif fiyatların oluşmasına imkan tanınması	■	■	
	Piyasada rekabetçiliği bozmayacak şekilde şeffaflığının artırılması	■	■	
	Yan Hizmetler Piyasası'nda yapılacak iyileştirmeler	■	■	
	Toptan elektrik piyasasında oluşan fiyatların sübvansiyonsuz olarak perakende tarifelere yansıtılması sağlanırken kırılgan grupların olası yüksek fiyatlardan korunması	■	■	
	Talep tarafı ve dağıtık üretimin piyasalara katılımı	■	■	
	GİP kapı kapanış sürelerinin gerçek zamana yaklaştırılması		■	
	Kademeli olarak bölgesel fiyatlandırma sistemine geçiş		■	■
Karbon fiyatlandırması	FASTER prensipleri çerçevesinde Karbon Fiyatlandırma Mekanizması'nın kurulması	■		
	Karbon Vergisi ve ETS için yasal düzenlemenin oluşturulması	■		
	Ulusal Karbon Fiyatlandırma Mekanizması düzenlemesinin, YEK-G, Yeşil Tarife ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın gerekliliklerini içermesi	■	■	
	Karbon gelirlerinin enerji dönüşümünde kullanılmasının önceliklendirilmesi	■	■	
Yenilenebilir enerji	Dağıtık Üretim ve Lisanssız Projeler: Santral veri takibinin iyileştirilmesi	■	■	
	Dağıtık Üretim ve Lisanssız Projeler: Çatı üstü GES uygulamaları için izin süreçlerinin yalınlaştırılması	■	■	
	Dağıtık Üretim ve Lisanssız Projeler: Al-Sat (Buy-all Sell-all) veya Faturalandırma (net billing) gibi fiyatlandırma sistemlerine geçiş		■	■
	Dağıtık Üretim ve Lisanssız Projeler: Çatı üstü GES kurulumları için ev sahibi ve kiracılara finansal teşviklerin sunulması		■	■
	Dağıtık Üretim ve Lisanssız Projeler: Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği Madde 5.1.h'ın yerinde üretimi ve sistem dengesini önceliklendirecek şekilde tekrar değerlendirilmesi		■	■
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: Ön lisans sürecinde alınması gereken görüş ve izinlerin tek bir kurum kapsamında koordinasyonun sağlanması	■	■	
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: İhale taban fiyatlarının finansmana erişimi destekleyecek şekilde belirlenmesi	■	■	
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: İhale ya da yarışmalara katılacak yatırımcıların projeyi gerçekleştirebilecek ekonomik ve teknik kriterleri sağladıklarının kontrol edilmesi	■	■	
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: İhale ve yarışmaların öngörülebilir ve periyodik bir şekilde yürütülmesi, duyurular ile teklif sunma arasındaki sürenin yeterli olması	■	■	
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: Satın alım garantilerinin LCOE dikkate alınarak belirlenmesi ve satın alım garanti sürelerinin uzatılması	■	■	
	İhale ve Yarışma Sistemi Düzenlemeleri: Bağlantı kapasitesinin sistem odaklı olarak tahsisinin sağlanması	■	■	
	Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları: Elektrik piyasasında öngörülebilirlik ve şeffaflığın artması	■	■	
	Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları: YETA alanları/kapasiteleri belirlenebilir ya da daha önce ihalesi yapılmış ama gerçekleşmemiş projelerin YETA geliştirme alanı olarak tahsisi sağlanabilir	■	■	
	Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları: YETA sözleşme çerçevesinin kapsamlı bir şekilde ve tüm paydaşların görüşleri alınarak oluşturulması	■	■	
	Finansman: Öztüketime dayalı dağıtık enerji projeleri için daha uzun vadeli bir kredilendirme sisteminin tanımlanması	■	■	
	Finansman: Uzun vadeli geri ödeme süresini karşılamada banka kredilerine ek olarak yeşil tahvil, özel özsermaye finansmanı, refinansman gibi alternatif finansman araçlarının kullanılması	■	■	
	Finansman: Özellikle şebeke ölçeğindeki projeler için yatırımcıları yönlendirecek sosyal, çevresel ve teknik standart kılavuzlarının hazırlanarak projelerin finansmana erişiminin kolaylaştırılması	■	■	
Enerji depolama	Enerji depolama mevzuatında yatırımcılar için muğlak alanların netleştirilmesi ve ikincil mevzuatın düzenlenmesi	■	■	
	Yenilenebilir enerji santrallerine bütünleşik kurulacak depolama tesisleri için bu tesislerinin kurulum amacına göre projelendirilmesine olanak sağlayacak şekilde mevzuatın iyileştirilmesi	■	■	
	Pompaj depolamalı HES'ler için araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesi ve pilot bölgeler seçilerek bu bölgelerde kurulabilecek santraller için teknik ve finansal fizibilite çalışmalarının yürütülmesi	■	■	
	Şebeke dışı uygulamalarda batarya depolama sistemlerinin teşvik edilmesi	■	■	
	Finansmana erişimin kolaylaştırılması	■	■	
	Orta ve uzun dönemli depolama kapasite tahsisinin bölge ve teknoloji bazında planlanması		■	■
	Piyasada yapılacak iyileştirmelerle arbitraj imkanının oluşturulması	■	■	
	Tüm ölçeklerdeki depolama tesislerinin Dengeleme Güç Piyasası (DGP) ve Yan Hizmetler Piyasası gibi farklı piyasalara katılımının sağlanması	■	■	
	Faturalandırma (net billing) ve Al-Sat (Buy-all Sell-all) yöntemleri gibi fiyatlandırma modellerine geçilmesi	■	■	
	Sanal Elektrik Hattı (VPL) uygulamalarının hayata geçirilmesi		■	■

Tablo 7: *Devamı*

Politika Alanları	Özet Politika Önerileri	Kısa Vade (2023 - 2025)	Orta Vade (2026-2035)	Uzun Vade (2036-2053)
Talep tarafı katılımı	Talep tarafının piyasaya katılımıyla ilgili eğitim ve bilgilendirmelerin yapılması			
	Türkiye enerji mevzuatının tüketici merkezli olarak tekrar gözden geçirilmesi			
	Talep toplayıcılarla ilgili mevzuatsal düzenlemelerin hazırlanması			
	Talep tarafı katılımının yaygınlaştırılması için öncelikle akıllı sayaçlar ve çok zamanlı/dinamik tarifelere geçişi kolaylaştıracak mevzuatsal düzenlemelerin ve teşviklerin belirlenmesi			
	Son kullanım sektörlerinde Tasarruf Atlasları'nın oluşturulması			
	Düzenlemeye tabi perakende tarifelerinin aşamalı olarak kaldırılması			
	Kademeli olarak bölgesel fiyatlandırma sistemine geçilmesi			
Elektriğin form değiştirmesini sağlayan teknolojiler (Power to X)	Elektrik sektöründe kullanılacak yeşil hidrojen için üretim ve depolama teknik standartlarının oluşturulması			
	Yeşil hidrojenin elektrik ve son kullanım sektörlerindeki uygulamalarını ve kullanımını açıklayan yasal bir mevzuatın oluşturulması			
	Oluşturulacak mevzuat kapsamında, hidrojen faaliyetleri ve uygulamalarından sorumlu ve özel sektör-kamu iş birliklerinin planlanmasını yürüten bir kamu biriminin oluşturulması			
	Üretilen hidrojenin yenilenebilir enerji kaynaklı olduğunun ispatlanması için bir sertifikalandırma programının kurulması			
	Doğal gaz şebekesi ve altyapısının yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtların bir karışımını kullacak şekilde iyileştirilmesi için araştırma – geliştirme projelerinin yürütülmesi			
	Finansal teşviklerin tanımlanması			
	Elektrolizör tasarımlarının geliştirilmesi için araştırma-geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesi			
	Elektrolizörlerin Yan Hizmetler Piyasası'na katılımının sağlanması			
İletim şebekesi ve enterkonneksiyon	Şebeke gelişim planlamasının sistem odaklı bir şekilde düzenlenmesi			
	İlerleyen dönemlerde 2053 yılı net sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi bağlamında, kömür santrallerinin devreden çıkarılmasının, adil dönüşüm prensipleri çerçevesinde ve elektrik şebekesi koşulları dikkate alınarak hazırlanmış bir konumsal plan dahilinde ele alınması			
	Bağlantı noktalarını içeren kapasite barındırma haritalarının oluşturulması			
	Sınır ötesi elektrik ticareti hacminin artırılması için orta ve uzun dönemde enterkonneksiyon hattı kapasitelerinin geliştirilmesi			
Dağıtım sistemi ve dijitalleşme	İletim ve dağıtım sistemi operatörleri arasındaki iş birliğinin ve veri paylaşımının geliştirilmesi			
	Akıllı sayaçların yaygınlaştırılması ve akıllı şebeke yönetimine geçilmesi			
	Finansal teşviklerin tanımlanması			
	Dağıtım sistemi operatörlerinin "esneklik piyasaları" oluşturmalarına izin verilmesi			

Tablo 8: *Son kullanım sektörlerinde sektör bazında temel stratejiler ve özet politika önerileri*

Sektör	Strateji	Politikalar	Kısa Vade (2023-2025)	Orta Vade (2026-2035)	Uzun Vade (2036-2053)
SANAYİ	Karbon fiyatlandırma	Farklı sanayi sektörleri için üst emisyon sınırlarının belirlenmesi ve belirli periyotlarda bu sınırların aşağı yönlü güncellenmesi			
		ETS'nin kurulması ve emisyon tahsisat mekanizmasının düzenlenmesi			
		Emisyon denetleme (ölçme ve raporlama) mekanizmalarının kurulması ve periyodik raporlandırmaların yapılması			
		Anlık emisyon ölçüm sistemlerinin kurulması			
		ETS'yi tamamlayıcı nitelikte karbon vergisinin uygulanması ve karbon gelirlerinin enerji dönüşümü yatırımlarına harcanmasının önceliklendirilmesi			
		AB SKDM'nın sanayi üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve bir plan dahilinde kademeli artış içeren orta vadeli fiyatlandırma stratejisinin belirlenmesi			
	Enerji verimliliği	Sanayi kuruluşlarının enerji verimliliği potansiyelini belirlemede yardımcı olacak bir Ulusal Enerji Yönetimi Programı'nın hazırlanması			
		Enerji verimliliğini destekleyen piyasa temelli politika mekanizmalarının (enerji verimliliği yükümlülükleri ve yarışmaları) tasarlanması			
		Enerji verimliliği standartlarının belirlenerek sanayilerin bu standartlar doğrultusunda periodik olarak denetlenmesi			
		Enerji verimliliği yüksek ekipman tedariki için finansmanda kolaylık sağlanması			
	Kaynak verimliliği	Sanayide döngüsel ekonomiyi desteleyecek stratejilerinin ve teşvik programlarının oluşturulması			
		"Yeşil satın alma" ve "tedarik zinciri katılım programları" gibi uygulamaların yaygınlaştırılması			
	Elektrifikasyon	Isı pompası ve diğer elektrikli teknolojilerin yaygınlaştırılması için ilk yatırım finansmanı yardımı dahil çeşitli finansman paketlerini içeren iş modellerinin ve hizmetlerinin geliştirilmesi			
		Ağır sanayide, özellikle demir-çelik sektöründe, elektrifikasyon potansiyelinin katma değerli üretim ve ihracata geçişinin planlanması			
	Dolaylı Elektrifikasyon ve Yeni Teknolojiler	Sanayide kullanılacak yeşil hidrojenin üretimi, depolanması, taşınması ve kullanılması için teknik ve güvenlik standartlarının yasal bir çerçeve kapsamında düzenlenmesi			
		Karbonsuzlaştırılması zor sektörlerde yeşil hidrojen kullanımı için belirli dönemlerde güncellenecek uzun dönemli yol haritalarının oluşturulması			
		Yeşil hidrojen ve diğer e-yakıtların bir karışım olarak doğal gaz şebekesinde kullanımının sağlanması için araştırma – geliştirme projelerinin hazırlanması			
		Sanayide fosil kaynaklardan üretilen hidrojenin kullanımının aşamalı olarak azaltılması ve yeşil hidrojen kullanımının artması için aradaki maliyetin finansal bir teşvik kapsamında sanayicilere sağlanması			
KONUTLAR	Enerji verimliliği	Enerji verimliliği hedef performanslarının belirlenmesi ve periyodik performans ölçümü için denetleme mekanizmasının geliştirilmesi			
		Konutlarda enerji tüketiminin izlenmesi ve iyileştirilmesi konularında veri sağlayacak yeni mobil uygulamaların geliştirilmesi			
		Akıllı ev teknolojisine yönelik ulusal teknik standartlarını ve teknoloji sağlayıcıları ile kullanıcıları arasındaki gizlilik ve güvenlik kurallarını belirleyen yasal bir çerçevenin oluşturulması			
		Yeni binaların tasarım aşamasında enerji verimliliğinin en üst seviyede olacak şekilde tasarlanması			
		Mülk sahiplerine enerji verimliliği kapsamındaki yatırımlar için vergi indirimleri, düşük faizli krediler gibi çeşitli finansal teşviklerin sunulması			
		Var olan konut stokunun renovasyon oranının kademeli olarak artırılması			
	Elektrifikasyon	Mevcut durumda doğal gaz boru hattına erişimin olmadığı yerlerde ısı pompası kurulumlarının önceliklendirilmesi			
		Yeni binalarda ısı pompası kurulumunun zorunlu hale getirilmesi			
		Perakende elektrik ve doğal gaz tarifelerindeki sübvansiyon düzeylerinin eşitlenmesi			
		Güneş termik sistemlerinin kurulumunu teşvik edecek yeni finansal araçlar ve teşvikler			

Tablo 8: *Devamı*

Sektör	Strateji	Politikalar	Kısa Vade (2023-2025)	Orta Vade (2026-2035)	Uzun Vade (2036-2053)
Üçüncül (Hizmetler ve Tarım)	Enerji verimliliği	Hizmet ve tarım sektörlerinde enerji verimliliği farkındalığını artırmak için belirli periyotlarda eğitim programlarının gerçekleştirilmesi			
		Üçüncül sektörlerde enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik hedeflerinin ölçülebilir ve net olarak belirlenmesi ve hedeflere ulaşım için bir zaman çizelgesinin oluşturulması			
		Enerji verimli ekipman kullanımını için çeşitli finansal teşvik programlarının oluşturulması			
		Seraların iklimlendirilmesinde jeotermal kaynaklı merkezi ısıtma sistemlerinin kullanımının artırılması için jeotermal kaynak araştırma fonlarının oluşturulması			
		Tarım sektörü kapsamında, hem tarımsal faaliyetlerin sürdürülürken hem de özel olarak dizayn edilecek bir güneş enerji sistemi (GES) kurulumu ile elektrik üretiminin sağlanacağı projeler için AR-GE çalışmalarının yürütülmesi			
	Elektrifikasyon	Hizmet sektöründe ısı pompası kullanımının arıtırılması için kamu, hizmet sektörü paydaşları ve enerji hizmet sağlayıcıları arasında iş birlikleri/ortaklıkların oluşturulması			
		Tarım sektörünün enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan mini şebekelerin kullanımı teşvik edilmesi ve mini şebeke kurulumu için potansiyel bölgelerin belirlenmesi			
Ulaştırma	Karbon fiyatlandırma	Karbon vergisinin hem fosil yakıt üreticilerine hem de bu yakıtların ithalatını yapan işletmelere uygulanması			
		Ulaştırmada sektöründe elde edilecek karbon gelirinin öncelikle toplu taşımanın karbonsuzlaştırılmasında kullanılması			
		Yüksek emisyon yapan ve fazla fosil yakıt kullanan araçlar için ilave bir vergi uygulanması			
	Enerji verimliliği	Ulaştırma altyapısının binek araçlardan toplu taşımaya geçişi kolaylaştıracak şekilde planlanması			
	Elektrifikasyon	Elektrikli araç (EV) şarj istasyonlarının sayısını artırmaya yönelik ülke genelini kapsayan bir stratejinin hazırlanması			
		EV ve akıllı şarjın etkisini değerlendirmeyi amaçlayan pilot ölçekli projelerin geliştirilerek uygulamaya alınması			
		EV akıllı şarj uygulamalarına geçmesi için çok zamanlı tarifelere (time-of-use) geçilmesi			
		Elektrikli araç (EV) satışlarını teşvik etmek için düşük faizli krediler, vergi indirimlerinin sağlanması			
		Mevcut fosil yakıtlı araçların belli bir ücret karşılığı kamu tarafından geri alınmasını da içeren çeşitli programların uygulanması			
		EV kullanımının artırılması için özel sektör, filo kiralama şirketleri ve kamuda binek araç filolarının elektrifikasyonu için özel finansman paketleriyle birlikte yükümlülükler ve teşviklerin uygulanması			
	Dolaylı Elektrifikasyon ve Yeni Teknolojiler	Ulaştırma sektöründe sera gazı emisyon azaltım ve hidrojen kullanım hedeflerinin belirlendiği bir yol haritasının oluşturulması ve periyodik olarak güncellenmesi			
		Uzun yol taşımacılığında hidrojen ve e-yakıt dolum istasyonlarının stratejik yerleşimleri düşünülerek planlamaların yapılması			
		Mevcut durumda fosil yakıtlarla üretilen hidrojen ile yeşil hidrojen arasındaki maliyet farkının kapatılması için çeşitli finansal teşviklerin uygulanması			

Kaynakça

Agora Energiewende, 2022. German industrial heat transition can deliver three quarters of the sector's required gas savings under REPowerEU. https://www.agora-energiewende.de/en/press/news-archive/german-industrial-heat-transition-can-deliver-three-quarters-of-the-sectors-required-gas-savings-under-repowereu/

Aktan, S., 2021. Almanya kömür santrallerine 2038 yerine 2030 yılında veda edecek. Euronews. https://tr.euronews.com/2021/10/15/almanya-komur-santrallerine-2038-yerine-2030-y-l-nda-veda-edecek

Aurora, 2023. https://auroraer.com/media/europe-on-track-to-double-solar-capacity-by-2030/

Avrupa Birliği Konseyi, 2022. Fit for 55. Consilium. https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/

Avrupa Birliği Konseyi, 2023. Electricity market reform. https://www.consilium.europa.eu/en/policies/electricity-market-reform/

Avrupa Birliği Konseyi, 2023a. Renewable Energy: Council adopts new rules. https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/10/09/renewable-energy-council-adopts-new-rules/

Avrupa Komisyonu, 2019. Climate Action in Spain. EU Progress on Climate Action – How Are the Member States Doing? https://energy.ec.europa.eu/system/files/2019-06/necp_factsheet_es_final_0.pdf

Avrupa Komisyonu, 2021. Delivering the European Green Deal. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en

Avrupa Komisyonu, 2021a. Carbon Bordere Adjustment Mechanism: Questions and Answers. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_3661

Avrupa Komisyonu, 2021b. National Energy And Climate Plans (NECPs). https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en

Avrupa Komisyonu, 2021c. The European Green Deal, Striving to be the first climate-neutral continent. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Avrupa Komisyonu, 2022. EU Cohesion Policy: €1 billion for a just climate transition in Italy. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_7800

Avrupa Komisyonu, 2022a. EU Cohesion policy: €869 million for a just climate transition in Spain. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_7868

Avrupa Komisyonu, 2022b. REPowerEU Actions. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/41efb4a6-d7ea-11ec-a95f-01aa75ed71a1/language-en

Avrupa Komisyonu, 2022c. Renewable Fuels of Non-Biological Origin in the European Union Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets. https://setis.ec.europa.eu/renewable-fuels-non-biological-origin-european-union_en

Avrupa Komisyonu, 2023. Draft Update of the Plan Integrated National Energy and Climate 2023-2030. https://commission.europa.eu/system/files/2023-07/EN_SPAIN%20DRAFT%20UPDATED%20NECP.pdf

Avrupa Komisyonu, 2023a. The Net-Zero Industry Act. Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/net-zero-industry-act_en

Avrupa Komisyonu, 2023b. Innovation Fund. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/funding-climate-action/innovation-fund_en

Avrupa Komisyonu, 2023c. National Plan Integrated for Energy and Climate. https://commission.europa.eu/system/files/2023-07/ITALY%20-%20DRAFT%20UPDATED%20NECP%202021%202030%20%281%29.pdf

Avrupa Komisyonu, 2023d. Renewable Energy Directive. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en

Avrupa Komisyonu, 2023e. Renewable Energy Targets. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en

Avrupa Parlamentosu, 2021. Climate Action in Italy. EU Progress on Climate Action – How Are the Member States Doing?

BOP, 2021. Wind energy and nature protection can and must advance together in the North Sea. https://www.belgianoffshoreplatform.be/en/news/wind-energy-and-nature-protection-can-and-must-advance-together-in-the-north-sea/

BOTAŞ, 2023. Satış fiyat tarifesi. https://www.botas.gov.tr/Sayfa/satis-fiyat-tarifesi/439

British Petroleum, 2022. Statistical Review of World Energy 2022

Brussel School of Governance, 2019. Industrial Transformation 2050: Towards an Industrial strategy for a Climate Neutral Europe. https://brussels-school.be/publications/other-publications/industrial-transformation-2050-towards-industrial-strategy-climate

Center for Climate and Energy Solutions, 2021. Carbon Tax Basics - Center for Climate and Energy Solutions. https://www.c2es.org/content/carbon-tax-basics/

CGEP, 2023. Assessing India's ambitious climate commitments. Center on Global Energy Policy at Columbia University SIPA | CGEP. https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/assessing-india-s-ambitious-climate-commitments/

Clean Energy Wire, 2019. German commission proposes coal exit by 2038. https://www.cleanenergywire.org/factsheets/german-commission-proposes-coal-exit-2038

Clean Energy Wire, 2022. Germany's 2022 renewables and efficiency reforms. https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-2022-renewables-and-energy-reforms

Clean Energy Wire, 2023. Understanding the European Union's Emissions Trading Systems (EU ETS). https://www.cleanenergywire.org/factsheets/understanding-european-unions-emissions-trading-system

Climate Action Tracker, 2023. CAT Net zero target evaluations. https://climateactiontracker.org/global/cat-net-zero-target-evaluations/

ÇŞİDB, 2020. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (nSEB) için Rehber.

Department for Energy Security and Net Zero, 2023. UK Hydrogen Strategy. https://www.gov.uk/government/publications/uk-hydrogen-strategy

DNV, 2023. Can the UK achieve its 50 GW offshore wind target by 2030? https://www.dnv.com/article/can-the-uk-achieve-its-50-gw-offshore-wind-target-by-2030--224379

Dentons, 2023. Planned EU electricity market reform and its implications for the Polish power market. https://www.dentons.com/en/insights/alerts/2023/march/10/planned-eu-electricity-market-reform-and-its-implications-for-the-polish-power-market

Dünya Bankası ve OECD, 2015. The faster principles for successful carbon pricing. https://documents1.worldbank.org/curated/en/901041467995665361/pdf/99570-WP-PUBLIC-DISCLOSE-SUNDAY-SEPT-20-4PM-CarbonPricingPrinciples-1518724-Web.pdf

Dünya Bankası, 2022. State and Trends of Carbon Pricing 2022. World Bank. https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/a1abead2-de91-5992-bb7a-73d8aaaf767f

Enerdata, 2022. China's NEA forecasts 50% of power generation from renewables by 2025. https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/china-most-power-generation-from-renewable-2025.html

EPDK, 2023. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. Elektrik Piyasası Aylık Sektör Raporu Listesi. https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-23/elektrikaylik-sektor-raporlar

EPİAŞ, 2023. Enerji Piyasaları İşletme A.Ş., Şeffaflık platformu. Piyasa takas fiyatı - Gün öncesi piyasası – Piyasalar. https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/piyasalar/gop/ptf.xhtml

ETKB, 2017. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023.

ETKB, 2022. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Enerji Denge Tablosu 2021. https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari

ETKB, 2023. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri. https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-ulusal-sera-gazi-emisyon-envanteri.

ETKB, 2023a. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) Modeli ve Uygulamaları. https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-uretim-faaliyetleri-yeka-modeli.

ETKB, 2023b. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası.

ETKB, 2023c. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Ulusal Enerji Planı. https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf

EU Observer, 2023. EU Launches 'Hydrogen Bank' — But What Is It? https://euobserver.com/green-economy/156845

Federal Ministry for Economics Affairs and Climate Action, 2022. Renewable Energy. https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Dossier/renewable-energy.html

FPS, 2023. Federal Public Service Belgium. Marine Spatial Plan. https://www.health.belgium.be/en/about-fps

Government of Canada, 2021. Canada's Enhanced Nationally Determined Contribution. https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/news/2021/04/canadas-enhanced-nationally-determined-contribution.html

Government of Canada, 2022. 2030 Emissions Reduction Plan: Clean Air, Strong Economy. https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/climate-plan-overview/emissions-reduction-2030.html

Government of Canada, 2023. Canada Greener Homes Initiative. https://natural-resources.canada.ca/energy-efficiency/homes/canada-greener-homes-initiative/24831

Government of India Ministry of New and Renewable Energy, 2019. Offshore Wind Energy in India. https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/2e423892727a456e93a684f38d8622f7.pdf

Government of India Ministry of New and Renewable Energy, 2023. National Green Hydrogen Mission. https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file_f-1673581748609.pdf

Government of Netherlands, 2019. Climate Agreement. https://www.government.nl/documents/reports/2019/06/28/climate-agreement

Government of Netherlands, 2020. Making existing homes natural gas-free. https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/aardgasvrije-wijken/bestaande-gebouwen-aardgasvrij-maken

Government of Netherlands, 2022. Netherlands Natural Gas Free. https://aardgasvrijewijken.nl/default.aspx

Government of UK, 2022. Ditching Costly Gas and Oil is Cheaper Thanks To Heat Pump Scheme. https://www.gov.uk/government/news/ditching-costly-gas-and-oil-is-cheaper-thanks-to-heat-pump-scheme

Government of UK, 2023. Energy Security Bill factsheet: Future System Operator https://www.gov.uk/government/publications/energy-security-bill-factsheets/energy-security-bill-factsheet-future-system-operator

Ichiyanagi, E., 2022. Germany Allocates 2% of its Land to Onshore Wind by 2032 Cabinet Approves "Onshore Wind Energy Act." Renewable Energy Institute. https://www.renewable-ei.org/en/activities/column/REupdate/20220629.php

IEA, 2021. International Energy Agency. Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer. https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer

IEA, 2021a. International Energy Agency. An Energy Sector Roadmap to Carbon Neutrality in China. https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-carbon-neutrality-in-china/executive-summary

IEA, 2022. International Energy Agency. Russian supplies to global energy markets. https://www.iea.org/reports/russian-supplies-to-global-energy-markets, License: CC BY 4.0

IEA, 2022a. International Energy Agency. World Energy Outlook 2022

IEA, 2022b. International Energy Agency. Inflation Reduction Act 2022: Sec. 13502 Advanced Manufacturing Production Credit.

IEA, 2022c. International Energy Agency. Sixth Strategic Energy Plan - 2050 Carbon neutral – Policies. https://www.iea.org/policies/14391-sixth-strategic-energy-plan-2050-carbon-neutral

IEA, 2023. International Energy Agency. Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer. https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer

IEEFA, 2023. Institute for Energy Economics and Financial Analysis. U.S. on track to close half of coal capacity by 2026. https://ieefa.org/resources/us-track-close-half-coal-capacity-2026

Invest India, 2022. Renewable Energy in India - Indian Power Industry Investment. https://www.investindia.gov.in/sector/renewable-energy

Insitituta Para La Transicion Justa, 2022. Spain. Towards a Just Energy Transition. https://www.transicionjusta.gob.es/Documents/Noticias/common/220707_Spain_JustTransition.pdf

IRENA, 2020. International Renewable Energy Agency. Green Hydrogen: A guide to policy making. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Nov/IRENA_Green_hydrogen_policy_2020.pdf

IRENA, 2022. International Renewable Energy Agency. Green Hydrogen for Industry: A Guide to Policy Making. https://www.irena.org/publications/2022/Mar/Green-Hydrogen-for-Industry

Lewis, M., 2022. Germany boosts clean energy target to 80% from 65% by 2030. Electrek. https://electrek.co/2022/04/06/germany-boosts-clean-energy-target-to-80-from-65-by-2030/

Lustig, M. ve Duquiatan, A., 2022. India aims to add 500 GW of renewables by 2030. https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/india-aims-to-add-500-gw-of-renewables-IEİby-2030-70713616

METI, 2021. Cabinet decision on the Sixth Strategic Energy Plan. https://www.meti.go.jp/english/press/2021/1022_002.html

Min, H., 2022. Can China's 14th 5-year-plan for Renewable Energy deliver an early emissions peak before 2030? - Energy Post. Energy Post. https://energypost.eu/can-chinas-14th-5-year-plan-for-renewable-energy-deliver-an-early-emissions-peak-before-2030/

NSTA, 2023. North Sea Transition Authority. Carbon capture and storage. https://www.nstauthority.co.uk/the-move-to-net-zero/carbon-capture-and-storage/

Ocean Energy Resources. (2023). Germany publishes plans to hit 30 GW offshore wind target in 2030. https://ocean-energyresources.com/2023/01/24/germany-publishes-plans-to-hit-30-gw-offshore-wind-target-in-2030/

OECD, 2023. Organisation for Economic Co-operation and Development. Emission trading systems. https://www.oecd.org/env/tools-evaluation/emissiontradingsystems.htm

Ofgem, 2023. Boiler Upgrade Scheme (BUS). https://www.ofgem.gov.uk/environmental-and-social-schemes/boiler-upgrade-scheme-bus

Pembina Institute, 2022. Achieving a Net-Zero Canadian Electricity Grid by 2035. https://www.pembina.org/reports/achieving-a-net-zero-canadian-power-grid-by-2035.pdf

PMR Türkiye, 2023. Raporlar – PMR Türkiye. https://pmrturkiye.csb.gov.tr/raporlar/

PPCA, 2022. Powering Past Coal Alliances Our members. https://poweringpastcoal.org/members/

PV Magazine, 2023. EU Council Adopts New Renewable Energy Directive. https://www.pv-magazine.com/2023/10/09/eu-council-adopts-new-renewable-energy-directive/

Raj, P., 2022. S&P Global Commodity Insights. S&P Global. https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/coal/080122-india-prefers-coal-for-its-abundance-availability-affordability-state-owned-producer

RAP, 2022. Regulatory Assistance Project. Cleaning Up Heat: The Changing Economics For Heat Pumps In Poland. https://www.raponline.org/knowledge-center/cleaning-up-heat-the-changing-economics-for-heat-pumps-in-poland/

RAP, 2022a. Regulatory Assistance Project. A policy toolkit for global mass heat pump deployment. https://www.raponline.org/knowledge-center/policy-toolkit-global-mass-heat-pump-deployment/

RAP, 2023. Regulatory Assistance Project. Independent System Operators. https://blueprint.raponline.org/independent-system-operators/

Reuters, 2022. Germany to require states to allocate land for wind farms. https://www.reuters.com/business/energy/germany-require-states-allocate-land-wind-farms-2022-06-15/

SHURA, 2019. Türkiye'de kullanılan elektriğin %50'den fazlası yenilenebilir kaynaklardan sağlanabilir: Enerji dönüşümünü destekleyen düzenleyici çerçevenin güçlendirilmesi için YEKA ihalelerini daha etkin kılan fırsatlar. https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2019/01/SHURA-2019-01-Enerji-Donusumunu-Destekleyen-Duzenleyici-Cercevenin-Guclendirilmesi-Icin-YEKA.pdf

SHURA, 2020. Enerji Verimliliği Çözümü: İş Modelleri. https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2020/10/SHURA_Is-Modelleri.pdf

SHURA, 2020a. Binalarda Çatı Üstü Güneş Enerjisi Potansiyeli – Türkiye Çatı Üstü Güneş Enerjisi Sistemlerinin Hayata Geçmesi için Finansman Modelleri ve Politikalar. https://shura.org.tr/binalarda-cati-ustu-gunes-enerjisi-potansiyeli-turkiyede-cati-ustu-gunes-enerjisi-sistemlerinin-hayata-gecmesi-icin-finansman-modelleri-ve-politikalar/

SHURA, 2021. Yenilenebilir Enerji Entegrasyonunu Hızlandırmak için Türkiye Organize Toptan Elektrik Piyasalarında İyileştirmeler. https://shura.org.tr/yenilenebilir-enerji-entegrasyonunu-hizlandirmak-icin-turkiye-organize-toptan-elektrik-piyasalarinda-iyilestirmeler/

SHURA, 2021a. Türkiye elektrik piyasasında talep tarafı katılımının etkinleştirilmesi. https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2021/08/Turkiye-elektrik-piyasasinda-talep-tarafi-katiliminin-etkinlestirilmesi.pdf

SHURA, 2021b. Türkiye'nin Yeşil Hidrojen Üretim ve İhracat Potansiyelinin Teknik ve Ekonomik Açıdan Değerlendirmesi. https://shura.org.tr/turkiyenin-yesil-hidrojen-uretim-ve-ihracat-potansiyelinin-teknik-ve-ekonomik-acidan-degerlendirilmesi/

SHURA, 2021c. Türkiye'nin Ulusal Hidrojen Stratejisi için Öncelik Alanları. https://shura.org.tr/turkiyenin-ulusal-hidrojen-stratejisi-icin-oncelik-alanlari/

SHURA, 2021d. Yenilenebilir Dağıtık Üretimin Şebeke ve Piyasa Entegrasyonu. https://shura.org.tr/yenilenebilir-dagitik-enerji-uretiminin-sebeke-ve-piyasa-entegrasyonu/

SHURA, 2022. Türkiye Elektrik Sistemine Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Entegrasyonu. https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2022/04/SHURA-2022-04-Integration-of-Renewable-Energy-into-the-Turkish-Electricity-System.pdf

SHURA, 2022a. Enerji Hizmet Sağlayıcıları için Yenilikçi İş Modelleri. https://shura.org.tr/enerji-hizmet-saglayicilari-icin-yenilikci-is-modelleri/

SHURA, 2022b. Türkiye için Enerji Verimliliğini Destekleyen Piyasa Temelli Politika Mekanizmalarının Tasarımı. https://shura.org.tr/turkiye_enerji_donusumunde_enerji_verimliligini_destekleyen_piyasa_temelli_politika_mekanizmalarinin_degerlendirilmesi/

SHURA, 2022c. Türkiye Elektrik Sisteminde Esneklik Uygulamalarına Yönelik Politika Seçenekleri. https://shura.org.tr/turkiye-elektrik-sisteminde-esneklik-uygulamalarina-yonelik-politika-secenekleri/

SHURA, 2022d, Yeşil Yeni Düzen Bağlamında Türkiye'de Enerji Dönüşümünün Finansmanı https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2022/06/SHURA-2022-06-Yesil-Yeni-Duzen-Baglaminda-Turkiyede-Enerji-Donusumunun-Finansmani.pdf

SHURA, 2022e, Yeşil Yeni Düzen Bağlamında Türkiye'de Enerji Dönüşümünün Finansmanı – Politika Notu:1 Entegre Enerji Yönetimi Finansmanı Yaklaşımı: Son Kullanıcı Odaklı Finansman Çözüm Önerileri, https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2022/08/Politika_notu_1.pdf

SHURA, 2023. Türkiye Enerji Dönüşümü Görünümü 2022. https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2023/06/SHURA-2023-04-Rapor-Outlook2022.pdf

SHURA, 2023a. Net Sıfır 2053: Türkiye Elektrik Sektörü için Yol Haritası. https://shura.org.tr/net-sifir-2053-turkiye-elektrik-sektoru-icin-yol-haritasi/

SHURA, 2023b. Türkiye'de Konut ve Sanayi Sektörünün Elektrifikasyonu. https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2023/09/SHURA-2023-08-Rapor-Elektrifikasyon.pdf

Skidmore, Z, 2022. Phasing down not phasing out: Why is India locked into coal? Mining Technology. https://www.mining-technology.com/analysis/phasing-out-coal-india-locked-in/

Solar3GW, 2023. Türkiye Güneş Enerjisi Sektörü TarımGES

T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2023. Elektrik Tüketim Desteği. https://www.aile.gov.tr/sss/sosyal-yardimlar-genel-mudurlugu/elektirik-tuketim-destegi/

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019. 11. Kalkınma Planı (2019-2023). https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Plani-2019-2023.pdf

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023. Orta Vadeli Program (2024-2026). https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/09/Orta-Vadeli-Program_2024-2026.pdf

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023a. 12. Kalkınma Planı (2024-2026). https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/11/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028.pdf

T.C. Ticaret Bakanlığı, 2021. Yeşil Mutabakat Eylem Planı. https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf

The Guardian, 2021. National Grid to lose Great Britain electricity role to independent operator. https://www.theguardian.com/business/2021/jul/20/national-grid-to-lose-great-britain-electricity-role-to-independent-operator

The NyTimes, 2022. How the New Climate Bill Would Reduce Emissions. https://www.nytimes.com/interactive/2022/08/02/climate/manchin-deal-emissions-cuts.html

The U.S. Department of Energy, 2023. Homeowner's Guide to the Federal Tax Credit for Solar Photovoltaics. https://www.energy.gov/eere/solar/homeowners-guide-federal-tax-credit-solar-photovoltaics

The U.S. Department of State and the United States Executive Office of the President, 2021. The Long-Term Strategy of the United States: Pathways to Net-Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/US-Long-Term-Strategy.pdf

The White House, 2022. Inflation Reduction Act Guidebook.

Türkiye Cumhuriyeti, 2015. Intended Nationally Determined Contribution.

TÜİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu. Bina ve Konut Nitelikleri Araştırması. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bina-ve-Konut-Nitelikleri-Arastirmasi-2021-45870

TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. Sera Gazı Emisyon İstatistikleri 1990-2021. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2021-49672&dil=1

TOGG, 2023. https://www.togg.com.tr/about

UNEP, 2022. United Nations Environment Programme. The Emissions Gap Report 2022.

UNFCCC, 2023. United Nations Framework Convention on Climate Change. Emissions Trading. https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/emissions-trading

UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy, 2022. Major acceleration of homegrown power in Britain's plan for greater energy independence. https://www.gov.uk/government/news/major-acceleration-of-homegrown-power-in-britains-plan-for-greater-energy-independence

NOTLAR

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

SHURAEDM @shuraedm SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi /company/shura @shuraedm