

TÜRKİYE ENERJİ VERİMLİLİĞİ GÖRÜNÜMÜ | 2025



TÜRKİYE
ENERJİ VERİMLİLİĞİ
GÖRÜNÜMÜ | 2025

Türkiye Enerji Verimliliği Görünümü 2025

Bora Şekip Güray

Ali Osman Çeker

Ufuk Sezer

Sabancı Üniversitesi IICEC

İstanbul Uluslararası Enerji ve İklim Merkezi

Minerva Palas, Bankalar Caddesi, No:2

Karaköy 34420

İstanbul / Türkiye

Tel: +90 212 292 49 39

Kitap Tasarım:

CEEN Enerji Bilgi Servisleri Dan. ve Org. ve Tic. Ltd. Şti.

Kavacık Mah. FSM Cad. Tonoğlu Plaza No: 3/4

Beykoz 34810 İstanbul / Türkiye

Tel: +90 216 510 12 40

Kitap Baskı:

G.M. Matbaacılık ve Tic. A.Ş.

100 yıl Mah. Matbacılar Sitesi 1.Cad. No:88 Bağcılar/İstanbul / Türkiye

Tel: +90 212 629 00 24 **Fax:** +90 212 629 20 13

Matbaa Sertifika No: 45463

Nisan 2025

ISBN: 978-625-6956-69-8

IICEC Hakkında

Sabancı Üniversitesi İstanbul Uluslararası Enerji ve İklim Merkezi (IICEC), geleceğe yönelik bir bağımsız araştırma ve politika merkezi olarak, enerji ve iklim konularında nesnel, kaliteli araştırmalar yapmak üzere kurulmuştur.

IICEC, kamu-sanayi-akademi iş birliklerini destekleyen başarı üçgeni modelinde, enerji ve iklim gündeminde gerçekleştirdiği ulusal, bölgesel ve uluslararası çalışmalar ile daha temiz ve güvenli enerji geleceğine katkı sunmaktadır.

Bölgedeki en seçkin üniversitelerden birinin bünyesinde yer alan IICEC, Türkiye enerji sektörüne stratejik ve bütüncül bakış perspektifiyle analitik çalışmalar gerçekleştirmekte, aynı zamanda enerji ve iklim alanlarında kilit paydaşları bir araya getiren seçkin bir platform sağlayarak fikir alışverişini ve gelişimini de teşvik etmektedir. IICEC tarafından 2020 yılında Türkiye’de bir ilk olarak yayımlanan “Turkey Energy Outlook”, enerji sektörünün verimli, güvenli, rekabetçi, teknoloji-odaklı ve sürdürülebilir geleceğini somut öneriler ile desteklemektedir.

<https://iicec.sabanciuniv.edu>

 [iicec-sabanci-university-istanbul-international-center-for-energy-and-climate](https://www.linkedin.com/company/iicec-sabanci-university-istanbul-international-center-for-energy-and-climate)

 [sabanciu_iicec](https://twitter.com/sabanciu_iicec)

Önsöz

2010 yılında Dr. Fatih Birol ile yaptığım görüşmelerden ilham alarak kurduğumuz Sabancı Üniversitesi İstanbul Uluslararası Enerji ve İklim Merkezi (IICEC), benim başarı üçgeni olarak tanımladığım ve Türkiye'nin gelişimi için çok önemli olduğuna inandığım, kamu-özel sektör-akademi iş birlikleri modeliyle, yürüttüğü analitik çalışmalar ve diğer etkinliklerle daha güvenli, verimli, temiz ve sürdürülebilir bir enerji geleceğine katkısını artırmaya devam etmektedir.

IICEC'in 2020 yılında Türkiye'de bir ilk olarak yayımladığı, ülkemizin enerji geleceği ile ilgili stratejik bir bakış içeren "Turkey Energy Outlook" (TEO) çalışması, sektörde tüm paydaşlar tarafından geniş bir kabul gördü. TEO, daha verimli, güvenli, rekabetçi, teknoloji odaklı ve sürdürülebilir bir enerji geleceğine ulaşılabilmesi için sunduğu somut önerilerle referans niteliği kazanırken, aynı zamanda gelişmekte olan ülkeler için de güzel bir örnek oluşturdu. IICEC 2021, 2022 ve 2023 yıllarında da yine Türkiye'de ilkler olarak "Türkiye Elektrikli Araçlar Görünümü", "Türkiye Yenilenebilir Enerji Görünümü", "Türkiye Yeşil Hidrojen Geleceği" çalışmalarını yayımladı. Bu alanlarda yüksek potansiyelimizi fırsatlara dönüştürebilecek güçlü ve sürdürülebilir büyüme perspektiflerinin, Türkiye'nin enerji güvenliği başta olmak üzere enerji dengelerine, rekabetçiliğine ve iklim hedeflerine önemli katkıları sunuldu.

Dünya enerjide ve iklimde çok yönlü ve zorlu sınamalardan geçerken, enerji verimliliğinin daha sürdürülebilir bir geleceğin en kritik bileşenlerinden birini oluşturduğunu görüyoruz. Türkiye için de enerji güvenliği, enerji bağımsızlığı, enerji dönüşümü ve rekabetçilik yönlerinden yüksek gelişim potansiyeli ve önemli fırsat alanları sunan enerji verimliliği, Dr. Birol'un IICEC'e bu yıl için önerdiği projenin konusu oldu.

Türkiye Enerji Verimliliği Görünümü çalışmasında, analitik ve bütüncül bir yaklaşımla, enerji verimliliğinde uzun vadeli gelişim perspektifinin, Türkiye'nin daha güvenli ve sürdürülebilir enerji geleceğine sunacağı katkılar irdelenerek, çok yönlü kazanımların gerçekleştirilebilmesi için somut öneriler sunuluyor. IICEC tarafından yine Türkiye'de bir ilk olarak gerçekleştirilen bu çalışmanın, Türkiye enerji sektörü, enerji tüketicisi tüm sektörler, araştırmacılar, teknoloji ekosistemi ve tüm paydaşlar için önemli bir referans oluşturmasını bekliyorum. Bu çalışmanın, Türkiye'nin enerjide güvenli, verimli, temiz ve rekabetçi gelecek fırsatlarında gelişmelere odaklandığı bir dönemde zamanlama olarak da ayrıca değer taşıdığını düşünüyorum. Çalışmayı gerçekleştiren IICEC Direktörü Bora Şekip Güray ve ekibine, katkı sunan tüm paydaşlara teşekkür ediyorum.

Güler Sabancı

Sabancı Üniversitesi Kurucu Mütevelli Heyeti Başkanı

Yazarlar

IICEC Direktörü Bora Şekip Güray tarafından yönetilen IICEC “Türkiye Enerji Verimliliği Görünümü 2025” çalışması, **Bora Şekip Güray** ve IICEC Analitik Projeler uzmanları **Ali Osman Çeker** ve **Ufuk Sezer** tarafından kaleme alınmıştır. Çalışmada IICEC “Turkey Energy Outlook” çalışmasının kritik bulgularından ve bütüncül modelleme altyapısından geniş ölçüde faydalanılırken, enerji, ulaştırma, sanayi, binalar ve tarım sektörlerine ilişkin detaylı bir veri tabanı kullanılmıştır.

Teşekkürler

Türkiye Enerji Verimliliği Görünümü çalışması, enerji sektörü, enerji tüketicisi sektörler, teknoloji ekosistemi ve diğer ilgili sektörlerden çok sayıda liderin ve uzmanın destekleri ve iş birlikleri ile hazırlanmıştır.

- **Sabancı Üniversitesi Kurucu Mütevelli Heyeti Başkanı Güler Sabancı'ya**, IICEC'in gelişimine liderlikleri, Türkiye'nin daha temiz, rekabetçi ve güvenli enerji geleceğine yönelik analitik çalışmaları destekleyen vizyonları için,
 - **Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) Başkanı ve IICEC Onursal Başkanı Dr. Fatih Birol'a**, IICEC'in iş planlarına ve bu çalışmaya fikri liderlikleri için,
 - **Sabancı Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Yusuf Leblebici'ye**, IICEC'e bağımsız bir araştırma ortamı ve olanağı sağlayan destekleri için,
 - **IICEC Yönetim Kurulu'nun değerli üyeleri**
 - ALJ Türkiye,
 - Borusan EnBW Enerji,
 - BP,
 - Enerjisa Enerji,
 - Enerjisa Üretim,
 - Eren Holding,
 - ING Türkiye,
 - Sanko Enerji,
 - Shell,
 - Socar,
 - Zorlu Enerji'ye
- IICEC faaliyetlerine sürekli destekleri için,
- **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı'na** faaliyetleri ve önerileri ile çalışmayı zenginleştirdikleri için,
 - Aşağıda isimleri sunulan sektör paydaşlarına çalışmaya değerli görüş ve önerileri ile destekleri için,

teşekkür ederiz¹.

¹ İsimler alfabetik olarak belirtilmiştir.

● Abdullah Buğrahan Karaveli	TENMAK
● Alevtina Deniz	EBRD
● Ali Kindap	JED
● Alper Özmumcu	İYTE
● Altuğ Karataş	Vat Enerji
● Arif Künar	VEN ESCO
● Arkin Akbay	Eksim Enerji
● Bahadır Kocaaslan	Enerjisa Enerji
● Bilal Düzgün	ETKB
● Burçin Değirmencioğlu	İSO
● Can Tezcan	EBRD
● Cem Ocak	EBRD
● Elif Düşmez Tek	EDİDER
● Elif Erkek Baknalı	EBRD
● Elif Taştekin	EBRD
● Ersoy Metin	ETKB
● Ertuğrul Şen	IZODER
● Fakir Hüseyin Erdoğan	ELDER
● Gökberk Bilgin	EDİDER
● Hakan Birhan	Garanti BBVA
● Hayri Erce	ODMD
● Kubilay Kavak	Escarus
● Mehmet Özenbaş	SOCAR
● Muharrem Aşkın	EBRD
● Murat Ersin Şahin	ETKB
● Oğuz Can	TEKSAN
● Oğuzcan Samsun	Enerjisa Enerji
● Onur Taylan	ODTÜ
● Onur Ünlü	ESCON Enerji

● Osman Çötüker	Kontrolmatik
● Osman Tufan Doğan	INNOVA
● Özer Ayder	Medcem
● Özge Özden	Worldbank
● Özlem Güçlüer	OSD
● Öztürk Selvitop	ETKB
● Sacit Akbaş	Enerjisa Enerji
● Selim Okutur	Toyota
● Sermin Onaygil	İTÜ
● Şule Kılıç	EBRD
● Timur Diz	IZODER
● Zeki Özen	İSKİD
● Zeliha Aras Altınok	E-MOD

Çalışmaya katkı sağlayan kurumlar ve uzmanlar, burada yer verilen görüşlerden sorumlu değildir.

Sorularınız ve görüşleriniz için:

Bora Şekip Güray

Sabancı Üniversitesi İstanbul Uluslararası Enerji ve İklim Merkezi (IICEC)

Bankalar Caddesi, No:2

Karaköy, İstanbul,

Türkiye

bora.guray@sabanciuniv.edu

Türkiye Enerji Verimliliği Görünümü ile ilgili detaylı bilgilere
<https://iicec.sabanciuniv.edu> adresinden ulaşabilirsiniz.

İÇİNDEKİLER

Yönetici Özeti

16

BÖLÜM 1: Giriş

29

BÖLÜM 2: Dünya’da Enerji & İklim Görünümünde Öne Çıkanlar

41

BÖLÜM 3: Enerji Verimliliğine Küresel & Bölgesel Bakış

61

BÖLÜM 4: Türkiye Enerji Sektörü Dinamikleri ve Stratejik Öncelikler

85

BÖLÜM 5: Enerji Talebini & Genel Enerji Dengesinin Dönüşümünü Destekleyen Kritik Faktörler

109

BÖLÜM 6: Enerji Verimliliğinde Kritik Göstergeler, Gelişmeler ve Hedefler

141

BÖLÜM 7: IICEC Senaryoları & Enerjide Verimli Büyüme ile Çok Yönlü Kazanımlar

175

BÖLÜM 8: Gelişim Alanları & Öneriler

223

EKLER

249

IICEC Hakkında	3
Önsöz	5
Yazarlar	6
Teşekkürler	7
Yönetici Özeti	16
1 Giriş	29
1.1. Neden Türkiye Enerji Verimliliği Görünümü?	30
1.2. Türkiye'nin Enerji Talebinde Büyüme, Enerji Sisteminde Dönüşümler ve Daha Verimli Enerji Geleceği için Güçlü Yönleri Neler?	31
1.3. IICEC Modeli, Senaryoları ve Analizlerinde Enerjide Verimli Büyüme Perspektifi Hangi Fırsatlara İşaret Ediyor?	32
1.4. IICEC Senaryolarında ve Analizlerinde Bütüncül Fayda-Maliyet Perspektifinin Kritik Bulguları Neler?	35
1.5. Enerji Verimliliğinde Çok Yönlü Faydalar için Gelişim Alanları Neler?	38
1.6. Çalışmanın İçeriği	39
2 Dünya'da Enerji & İklim Görünümünde Öne Çıkanlar	41
2.1. Enerji Güvenliği ve İklim Değişikliği	42
2.2. Dünyada Enerji Arz ve Talep Sisteminin Dönüşümü	47
2.2.1. Küresel Enerji Arz ve Talebinin Gelişimine Bakış	47
2.2.2. Küresel Enerji Yatırımları	47
2.2.3. Elektrifikasyon ve Elektrik Sisteminde Dönüşüm	51
2.2.4. Teknolojik Gelişim, Tedarik Zincirleri, Ticaret ve Rekabet	52
2.2.5 Güçlenen Enerji ve Dijitalleşme Etkileşimleri	57
Referanslar	58
3 Enerji Verimliliğine Küresel & Bölgesel Bakış	61
3.1. Enerji Verimliliğinde Önemli Gelişmeler, Hedefler ve Gelecek Perspektifi	62
3.2. Enerji Verimliliğine Sektörel Bakış: Kritik Gelişmeler ve Fırsat Alanları	66
3.3. Enerji Verimliliği Politikalarında Öne Çıkanlar	67
3.4. Daha Verimli Enerji Geleceği için Kritik Zorluklar ve Fırsatlar	69
3.4.1. Yatırım ve Finansman	70

3.4.2. Temiz Elektrifikasyon ve Şebeke Esnekliği	73
3.4.3. Enerji Teknolojileri Gelişimi, Tedarik Zincirleri ve Enerji Verimliliği	74
3.4.4. Dijitalleşme ve Yapay Zeka	77
3.4.5. Nitelikli İş Gücü	78
3.4.6. Yenilikçi İş Modelleri	79
3.4.7. Farkındalık ve Davranış Değişiklikleri	79
Referanslar	82
4 Türkiye Enerji Sektörü Dinamikleri & Stratejik Öncelikler	85
4.1. Enerji Arz ve Talep Dinamiklerine Genel Bakış	86
4.1.1. Enerji Talebi Dinamikleri	86
4.1.2. Enerji Arz Dinamikleri	88
4.2. Enerji İthalatı, Enerji Arzında Çeşitlendirme ve Enerjide Yerli Üretimi Güçlendirme Perspektifi	89
4.3. Enerji Sektöründen Kaynaklı Emisyonlar ve Net-Sıfır Emisyon Geleceği Perspektifi	93
4.4. Enerji Sistemi ve Kritik İklim Riskleri	96
4.5. Enerji ve İklim Politikalarının Temel Öncelikleri ve Gelişmeler	97
4.6. Daha Sürdürülebilir Enerji Geleceği için Enerji Verimliliği Odağı	103
Referanslar	105
5 Enerji Talebini & Genel Enerji Dengesinin Dönüşümünü Destekleyen Kritik Faktörler	109
5.1. Nihai Enerji Talebi Görünümü	110
5.2. Demografi	113
5.3. Sanayileşme ve Sanayi Yapısı	119
5.4. Mobilite ve Ulaşım	125
5.5. Tarım	129
5.6. Nihai Enerji Talebi Yakıt Kompozisyonuna Bütüncül Bakış	131
5.7. Genel Enerji Dengesinin Yapısını Belirleyen ve Dönüşümünü Destekleyen Kritik Faktörler	135
Referanslar	138

6	Enerji Verimliliğinde Kritik Göstergeler, Gelişmeler ve Hedefler	141
	6.1. Enerji Yoğunluğu Gelişimi, Son Dönemdeki Güçlü İyileşmeler ve Mevcut Durum	142
	6.1.1. Enerji Verimliliği Göstergesi Olarak Enerji Yoğunluğu	142
	6.1.2. Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişim Performansı	143
	6.1.3. Birincil Enerji Yoğunluğu Kıyaslamaları	148
	6.1.4. Birincil Enerji Yoğunluğunun Azaltılmasında Zorluklara ve Fırsatlara Teknik ve Ekonomik Bakış	154
	6.2. Politika ve Stratejilerde Enerji Verimliliği: Hedefler ve Kritik Öncelikler	158
	6.3. Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı: Enerji Verimliliğinin Yol Haritası	160
	6.4. Enerji Verimliliğinde Öne Çıkan Güncel Gelişmeler	166
	6.5. Enerjide Verimli Büyüme Daha Güvenli, Rekabetçi, Teknoloji-Odaklı ve Sürdürülebilir Enerji Geleceğine Nasıl Katkı Sağlayacak?	167
	Referanslar	171
7	IICEC Senaryoları & Enerjide Verimli Büyüme ile Çok Yönlü Kazanımlar	175
	7.1. IICEC Modeli	176
	7.2. Enerji Dengesinin Mevcut Görünümü	179
	7.3. IICEC Senaryoları	183
	7.4. IICEC Senaryoları Sonuçları	184
	7.4.1. IICEC Senaryolarında Nihai Enerji Talebi Gelişimi	184
	7.4.2. IICEC Senaryolarında Birincil Enerji Arzı ve Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişimi	198
	7.4.3. IICEC Senaryolarında Fayda-Maliyet Gelişimi	207
	7.4.4. IICEC Senaryolarında Kritik Enerji ve İklim Göstergelerinin Geleceği	211
	7.4.5. Hızlı Elektrifikasyon Enerji Verimliliğini ve Bütüncül Enerji Dengesini Nasıl İyileştirebilir?	214
	7.5. Özet Değerlendirme	217
	Referanslar	220

8	Gelişim Alanları & Öneriler	223
8.1.	Enerjide Verimli Büyümeyi Destekleyecek Gelişim Alanları	224
8.2.	Politika Hedefleri ve Yol Haritaları	225
8.3.	Bilinçlenme, Farkındalık ve Davranış Değişiklikleri	226
8.4.	Yatırım ve Finansman	227
8.5.	Ölçme, İzleme, Veri ve Dijitalleşme	229
8.6.	Binalar ve Hizmetler	233
8.7.	Ulaştırma ve Mobilité	236
8.8.	Sanayi	238
8.9.	Elektrifikasyon ve Doğrudan Yenilenebilir Enerji	240
8.10.	Verimli Isı Çözümleri	243
8.11.	Altyapılar ve Yapısal Dönüşüm	243
8.12.	Enerjide Verimli Büyümede Küresel Liderlik	244
8.13.	IICEC Önerileri	245
	Referanslar	246
	EKLER	249
EK A:	Temel Politika Belgeleri ve Veri Kaynakları	251
EK B:	Dönüşüm Faktörleri	252
EK C:	Kısaltmalar	253
EK D:	Fosil Yakıt ve Karbon Fiyat Serileri	256
EK E:	Senaryo Sonuçları	257

Türkiye Enerji Verimliliği Görünümü

Yönetici Özeti

- Türkiye ekonomik büyüme ve sosyal gelişimin destekleyicisi olarak enerji talebinde güçlü büyüme dinamiklerine sahiptir. Son dönemde enerji verimliliğinin iyileştirilmesi yönünde sağlanan gelişmeler ve güçlenen politika öncelikleri, enerjide verimli büyüme yoluyla enerji güvenliği, enerji bağımsızlığı ve net-sıfır emisyon hedeflerinin gerçekleştirilmesi için kritik bir zemin ve yeni fırsat alanları oluşturmaktadır.
- 2053 yılına kadar olan dönemde birincil enerji yoğunluğunda yıllık ortalama %2,7 iyileşme sağlanan Verimli Büyüme Senaryosunda, Baz Senaryoya göre kümülatif %12 birincil enerji azaltımı sağlanabilmektedir. Bu değer, mevcut tüketimlerle yaklaşık beş yıllık birincil enerji arzına eşdeğerdir. 2023 yılı baz alındığında birincil enerji yoğunluğu Baz Senaryoda %46 düşerken, Verimli Büyüme Senaryosunda %57 azaltım sağlanabilmektedir. Böylelikle, kişi başına enerji tüketimleri yüksek, enerji talebi artış hızları daha düşük ülkelerin ortalamalarına daha hızlı yakınsanmakta, bu gelişim sürdürülebilir rekabetçiliğin güçlendirilmesi bakımından avantajlar getirmektedir.
- Çalışmada sunulan bütüncül enerji arz ve talep geleceği, Türkiye'nin birincil enerji arzında çeşitlendirmenin, yerli kaynakların kullanımının, enerji güvenliğinin, nihai enerji tüketiminde de elektrifikasyonun ve yenilenebilir enerji katkısının güçleneceği bir perspektife işaret etmektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda, nihai enerji talebi içerisinde elektrik enerjisinin halen beşte-bir olan payı, elektriğin fosil kaynakları ikamesi yoluyla 2053 yılında %48'e yükselmektedir. Elektrik üretimine ek olarak, özellikle binalarda ve tarımda jeotermal enerji, sanayide ve binalarda güneş enerjisi ve havayolu ulaşımında sürdürülebilir biyoyakıtların gelişimiyle, birincil enerji arzında yenilenebilir enerjinin halen %18 olan doğrudan katkısı ise 2053 yılında %50'ye ulaşabilmektedir.

- Yüksek verim potansiyelinin ve fosil yakıt ikamesinin değerlendirilmesi, yerli petrol ve doğal gaz üretimlerinde hedeflenen artışların gerçekleşmesi sonucunda, halen üçte-bir seviyesinde olan yerlilik oranı Verimli Büyüme Senaryosunda %90'a ulaşırken, Baz Senaryoda üçte-iki olarak gerçekleşmektedir. Türkiye'nin enerjide bağımsızlık hedefini güçlü şekilde destekleyen Verimli Büyüme Senaryosunda emisyonlar 2040 yılından önce tepe noktasına ulaşmakta, Türkiye'nin 2053 net-sıfır emisyon hedefi ile tutarlı azaltım patikası da desteklenmektedir.
- Baz Senaryoda 1,1 trilyon \$ olan kümülatif ekonomik fayda, Verimli Büyüme Senaryosunda 2,1 trilyon \$'a yükselmektedir. Baz Senaryoda yıllık ortalama 9 milyar \$ yatırım karşılığında 30 milyar \$ ekonomik fayda sağlanırken, Verimli Büyüme Senaryosunda yıllık ortalama 13 milyar \$ yatırım, 58 milyar \$ fayda gerçekleştirmektedir. Baz senaryoda yıllık ortalama 3,2 olan fayda-maliyet çarpanı, Verimli Büyüme Senaryosunda 4,5'e yükselmektedir.
- Verimli Büyüme Senaryosu, güvenli ve sürdürülebilir enerji geleceğine sunacağı maliyet-etkin katkılarının yanı sıra, küresel ve bölgesel trendlerle uyum içerisinde temiz ve verimli enerji teknolojileri odaklı ekonomik büyümeye, verimli sanayi, ihracat ve girişimcilik modellerine, enerji ekosisteminde daha rekabetçi piyasaların gelişimine, böylelikle Türkiye'nin enerjide ticaret merkezi vizyonuna da önemli açılımlar sağlamaktadır. Tüm bu kazanımlar, kamu, özel sektör, akademi iş birlikleri içerisinde, uzun vadeli hedefler ve yol haritaları, düzenleyici çerçeveler, yatırım ortamı, yeni iş modelleri, teknolojik gelişim gibi alanlarda iyileşmelerin sürdürülmesi ile hayata geçirilebilecektir.

Enerji Verimliliğine Genel Bakış ve TEEO Senaryoları

Türkiye'nin ekonomik büyüme ve sosyal gelişim hedeflerinin kritik destekleyicisi olan enerji talebinde güçlü büyüme devam etmektedir. Türkiye 2000 yılından bu yana birincil enerji arzında yaklaşık iki kat artış ile Avrupa'nın en büyük ve dinamik enerji piyasaları arasında yer almaktadır. Bununla birlikte halen dünya ortalamasına oldukça yakın olan kişi başına enerji tüketimi OECD ortalamasının yaklaşık yarısı seviyesindedir. Nüfus artışı, genç nüfus, şehirleşme, kentsel dönüşüm, sanayileşme ve sanayi sektörlerinin yapısı, artan ve çeşitlenen mobilite ihtiyaçları gibi faktörler talepte büyümeyi desteklemektedir.

Birincil enerji arzının %80'i fosil yakıtlara, yaklaşık üçte-ikisi ise ithal fosil yakıtlara dayalı olarak gerçekleşmektedir. Son dönemde yerli petrol ve doğal gaz üretiminde sağlanan artışlar, genel enerji dengesinde yerlilik oranında kademeli artışları beraberinde getirecektir. Büyüyen enerji sisteminin net-sıfır hedefi ile uyumlu gelişimi yönünde de adımlar atılmaya devam etmektedir. Bu çerçevede, cari açığın en önemli bileşeni olan ithal fosil yakıt ağırlığının düşürülmesi ve daha sürdürülebilir bir enerji geleceğine ulaşılması amaçları doğrultusunda, enerji güvenliğinin güçlendirilmesi, enerji bağımsızlığının artırılması ve net-sıfır emisyon hedeflerinin gerçekleştirilmesi hedeflerini esas alan enerji politikalarında enerji verimliliğinin önemi gelişmektedir.

Türkiye son dönemde enerji verimliliğinde ve ekonominin enerji yoğunluğunun azaltılması performansında önemli ilerlemeler kaydetmektedir. 2024 yılı başında açıklanan Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II.Eylem Planı, 2030 yılına kadar olan dönemde 20,2 milyar \$ yatırımla birincil enerji tüketiminde kümülatif %16 azaltım ve birincil enerji yoğunluğunda %15 iyileşme hedeflerini ortaya koymaktadır.

Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji ağırlıklı büyüme ve enerji tüketim sektörlerinde elektrifikasyon hızlanırken, yenilenebilir enerji potansiyelinin, elektrikli araçlar ve ısı pompaları gibi verimli elektrik teknolojilerinin artan oranlarda değerlendirilmesi de daha güvenli, verimli ve rekabetçi bir enerji sisteminin gelişimi perspektifini güçlendirmektedir. Enerji arz ve talep sektörlerinde, politikalarda ve yatırımlardaki tüm bu olumlu ilerlemeler, enerjide verimli büyüme yoluyla çok yönlü faydaların gerçekleştirilmesi için önemli potansiyel ve fırsat alanları sunmaktadır.

Türkiye Enerji Verimliliği Görünümü (TEEO), IIEEC tarafından Türkiye'de bir ilk olarak yayımlanan Turkey Energy Outlook (Türkiye Enerji Görünümü) çalışmasının, IIEEC Enerji Modeli'nin ve Türkiye enerji arz ve talep sisteminin detaylı envanteri üzerine kurulmuştur. Enerjide arz ve talep zincirinin tamamını kapsayan veri tabanından yararlanılan bütüncül enerji modelleme çerçevesi, birincil enerji arzından nihai enerji talep sektörlerine ve hizmetlerine kadar enerji akışlarını dikkate almaktadır. Modelleme perspektifinde, dünyada öne çıkan enerji güvenliği, iklim ve ilgili teknoloji dinamikleri, Türkiye'nin güncel enerji, sanayi, teknoloji, iklim politikalarındaki öncelikleri ve enerji verimliliği hedefleri, enerji piyasalarındaki ve yatırımlardaki gelişmeler yansıtılmaktadır.

Çalışmada Türkiye'nin nihai enerji talebi, sanayi, binalar, ulaştırma, tarım ve enerji dışı kullanımda, toplam 11 talep hizmetine ayrılarak detaylı olarak modellenmiştir¹. Talep gelişim dinamikleri, talep hizmetlerini oluşturan ısıtma, soğutma, taşımacılık gibi aktivitelerin gelişimini, binalarda yalıtım, elektrik motorları, ulaşımda yakıt ekonomisi gibi teknik verim parametrelerini, her bir talep hizmeti bazında yakıt ve teknoloji tercihlerini ve ikamelerini yansıtacak şekilde ayrıştırılarak analiz edilmiştir². Genel enerji dengesi içerisinde birincil enerji arzı, elektrik üretimi gibi çevrim sektörleri ve nihai enerji tüketimi, yakıtlar ve teknolojiler bazında dinamik olarak değerlendirilmiştir.

Sektörde bir ilk olan ve senaryo bazlı bir yaklaşımla gerçekleştirilen bu çalışmada, iki farklı TEEO Senaryosu ile 2053 yılına kadar olan dönemde enerji verimliliğinde sektörler ve enerji talep hizmetleri bazında gelişim perspektifinin, Türkiye'nin enerji güvenliğine, enerjide yerleşme hedeflerine, enerji ithalat faturasının düşürülmesine, temiz enerji dönüşümü amaçlarına, emisyon azaltımına ve net-sıfır emisyon perspektifine katkıları somut sayısal göstergeler ile irdelenmiştir. Çalışmada yatırım ve ekonomik fayda-maliyet analizleri de gerçekleştirilmiştir.

TEEO Senaryoları Özeti

Enerji verimliliğinde politika hedeflerinin kısmen gerçekleştiği, yatırımlarda hedeflenen ivmenin tam olarak sağlanamadığı ve enerji dengesinin genel dinamiklerinde elektrifikasyon ve yenilenebilir enerji kullanımında daha sınırlı artışların kaydedildiği Baz Senaryoda Türkiye'nin 2023 yılında 158 Mtep olarak gerçekleşen birincil enerji arzı, 2053 yılında 256 Mtep'e yükselmektedir. Bunun neticesinde 2023-2053 döneminde birincil enerji yoğunluğunda yıllık ortalama %2 iyileşme gerçekleşmektedir³. Buna karşın, enerji verimliliğinde sektörler bazında hedeflerin hızla gerçekleştiği, elektrifikasyon, yenilenebilir enerji ve verimli teknolojilerde büyüme fırsatlarının daha etkin değerlendirildiği Verimli Büyüme Senaryosunda birincil enerji arzında artış hızı 2050 yılına doğru yavaşlamakta ve 2053 yılında 205 Mtep olarak gerçekleşmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu, Baz Senaryoya göre 2053 yılında %20, 2023-2053 döneminde ise kümülatif %12 birincil enerji azaltımı sağlayabilmektedir (Türkiye'nin mevcut beş yıllık birincil enerji arzına eşdeğer yaklaşık 800 Mtep). Verimli Büyüme Senaryosunda birincil enerji yoğunluğu yıllık ortalama %2,7 iyileşmektedir (Şekil 1).

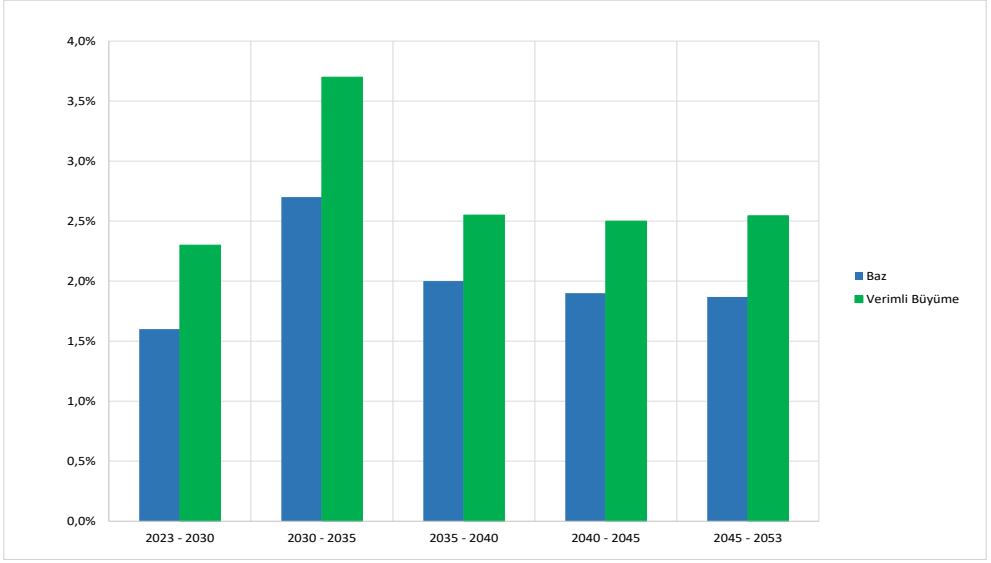
2023 yılı baz alındığında birincil enerji yoğunluğu Baz Senaryoda %46 düşerken, Verimli Büyüme Senaryosunda %57 azaltım sağlanabilmektedir (Şekil 2). Böylelikle, kişi başına enerji tüketimleri yüksek, ekonomik büyüme ve enerji talebi artış hızları daha düşük OECD Avrupa ülkelerinin ortalamalarına daha erken sürede yakınsanmakta, bu gelişim sürdürülebilir rekabetçiliğin güçlendirilmesi bakımından avantajlar getirmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu ile sunulan enerji yoğunluğu azaltım patikası, Türkiye'nin enerji verimliliği performansında küresel konumunu da güçlendirmektedir.

¹ Karayolu yolcu taşıma, karayolu yük taşıma, diğer ulaşım; binalarda ısıtma ve soğutma, binalarda aydınlatma ve cihazlar, binalarda sıcak su ve pişirme; enerji-yoğun imalat, enerji yoğun olmayan imalat, diğer sanayi; tarım; enerji dışı tüketim.

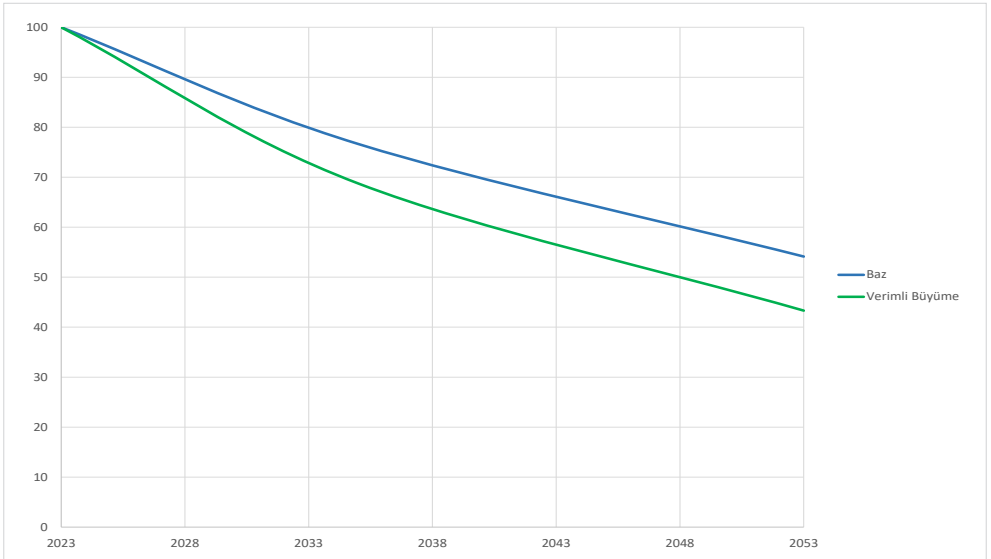
² Enerji talebini belirleyen etkenlerin ayrıştırılması yöntemiyle, aktivite etkisi, teknik verim etkisi ve yakıt kompozisyonunda dönüşüm sağlayan yakıt ikamesi etkileri ayrı ayrı analiz edilmiş ve enerji talebinde net değişim modellenmiştir.

³ 2000- 2023 ortalaması %1,8. Nihai enerji tüketiminde ve birincil enerji arzında artış hızının yavaşladığı 2022 ve 2023 yıllarında sırasıyla %6,3 ve %4,5.

Şekil 1. IICEC Senaryolarında Birincil Enerji Yoğunluğu İyileşme Hızının Gelişimi (2023-2053, %)



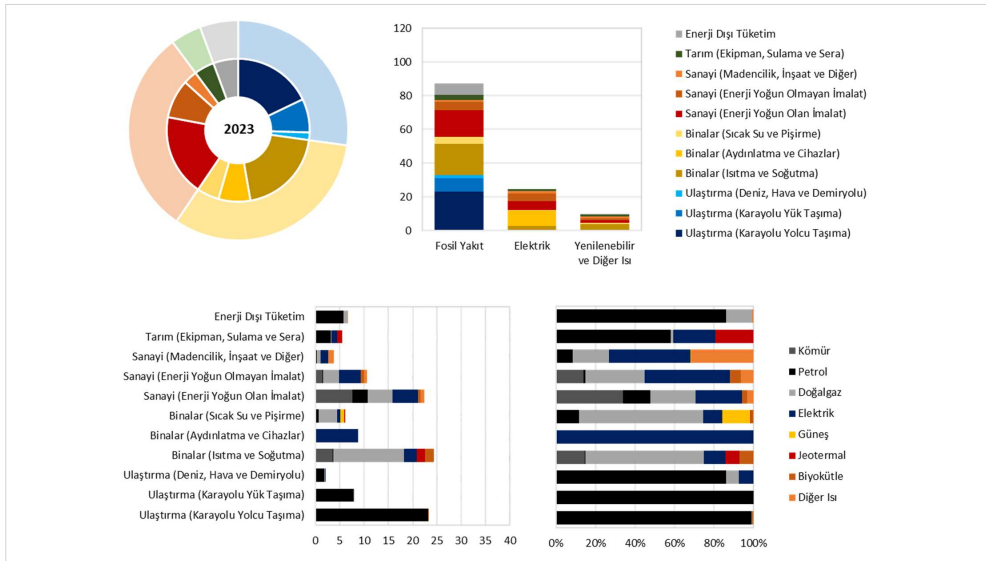
Şekil 2. IICEC Senaryolarında Birincil Enerji Yoğunluğunun Gelişimi (2023 = 100)



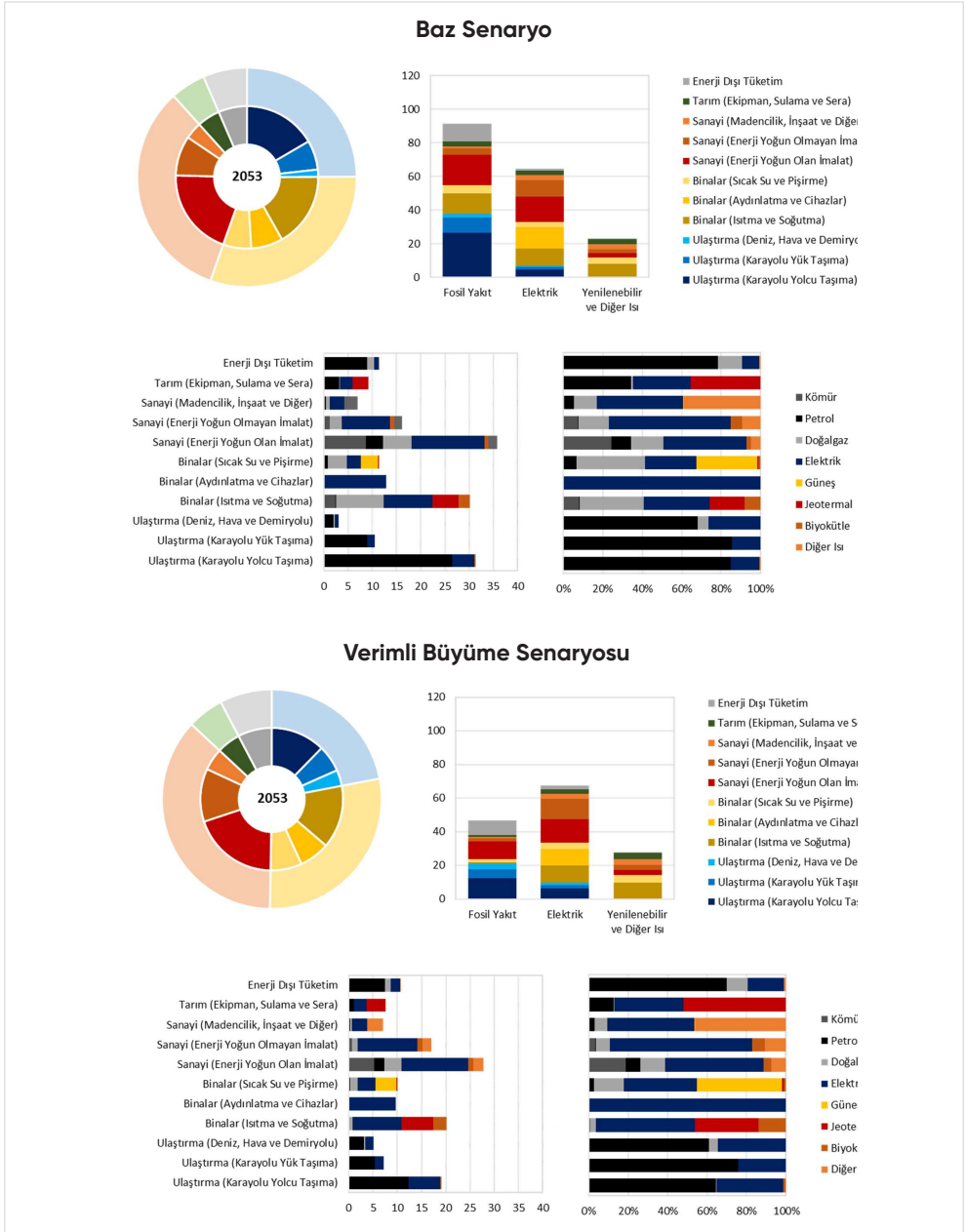
Çalışmada Türkiye'nin enerji talebini belirleyen sektörler, talep hizmetlerine, yakıt ve teknoloji kullanımlarına göre detaylı olarak irdelenmiştir. IICEC analizlerine göre toplam talebin %20'si binalarda ısıtma ve soğutmada, %18'i karayolu yolcu taşımada, %18'i enerji yoğun imalat sektörlerinde, %8'i karayolu yük taşımada, %7'si ise binalarda aydınlatma ve cihazlarda gerçekleşmektedir. Bunların dışında kalan talep alanlarının enerji tüketiminde toplam payı ise yaklaşık %30 düzeyindedir. Nüfus artışının sürmesi, bina ve araç stokunun eski ve verimsiz oluşu, karayolunun toplam ulaşım aktivitesindeki ağırlığı ve sanayinin enerji-yoğun yapısı nihai enerji talebinin temel belirleyicileridir.

Senaryolarda özellikle binalarda yalıtım performansında iyileşmeler, ulaşımda filonun gençleşmesi ile yakıt ekonomisinde gelişmeler, elektrifikasyon, entegre mobilite çözümleri ve modlar arası geçişler, sanayide orta ve uzun vadede daha az enerji-yoğun sektörlerle kademeli olarak dönüşüm, atık ısı ve ısı pompası fırsatlarının değerlendirilmesi neticesinde önemli verim iyileştirmeleri sağlanabilmektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda tüm bu alanlarda ve diğer tüketim segmentlerinde daha hızlı ve güçlü teknik verim kazanımları gerçekleşmekte, fosil yakıtların elektrik enerjisi ve yenilenebilir ısı ile ikamesi enerji sisteminin toplam verimini yükseltmektedir. 2053 yılında Verimli Senaryoda nihai enerji talebi Baz Senaryonun %21 altında gerçekleşmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu, sadece enerjinin daha rasyonel kullanımını sağlayan tüketim davranış değişiklikleri yoluyla Baz Senaryoya göre 2053 yılında nihai enerji talebinde %8 azaltım sağlayabilmektedir.

Şekil 3. Nihai Enerji Talebinin Hizmetlere ve Yakıtlara Dağılımı (2023, Mtep, %)



Şekil 4. IICEC Senaryolarında Nihai Enerji Talebinin Hizmetlere ve Yakıtlara Dağılımı (2053, Mtep,%)



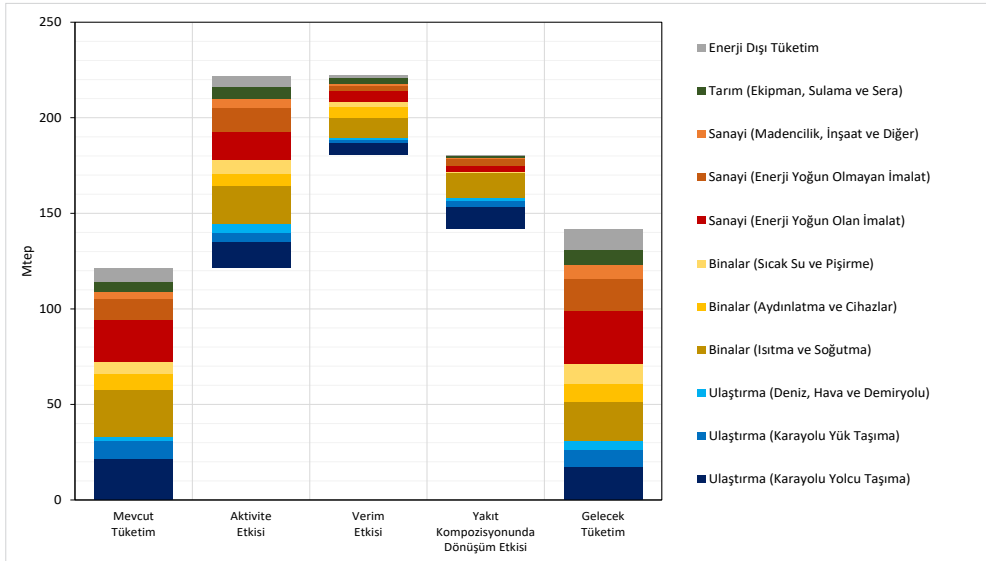
Çalışmada sunulan bütüncül enerji arz ve talep geleceği, Türkiye'nin birincil enerji arzında çeşitlendirmenin, yerli kaynakların kullanımının, enerji güvenliğinin, nihai enerji tüketiminde de elektrifikasyonun ve yenilenebilir enerji katkısının güçleneceği bir perspektife işaret etmektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda, enerji politikasının, enerji bağımsızlığı, enerji güvenliği ve net-sıfır emisyon hedeflerinin tümünde eş zamanlı olarak çok daha yüksek katkılar sağlanabilmektedir. Bu senaryoda nihai enerji talebi içerisinde elektrik enerjisinin halen beşte-bir olan payı, elektriğin fosil kaynakları ikamesi yoluyla 2053 yılında %48'e yükselmektedir. Elektrik üretimine ek olarak, özellikle binalarda ve tarımda jeotermal enerji, sanayide ve binalarda güneş enerjisi ve havayolu ulaşımında sürdürülebilir biyoyakıtların gelişimiyle, birincil enerji arzında yenilenebilir enerjinin halen %18 olan doğrudan katkısı ise 2053 yılında %50'ye ulaşabilmektedir.

Enerji arzında ve talebinde yüksek verim potansiyelinin değerlendirilmesi, yenilenebilir enerjinin ve temiz elektrifikasyonun daha hızlı yaygınlaşması, yerli petrol ve doğal gaz üretimlerinde hedeflenen artışların gerçekleşmesi sonucunda 2053 yılına kadar olan dönemde Verimli Büyüme Senaryosunda birincil enerji arzında yerlilik oranı %90'a ulaşırken, Baz Senaryoda üçte-iki olarak gerçekleşmektedir. Fosil yakıtların birincil enerji arzındaki payı ise Baz Senaryo %48'e, Verimli Büyüme Senaryosunda ise %30'a düşmektedir. Baz Senaryoda emisyonlar 2053 yılından önce tepe noktasına ulaşmakla birlikte mevcut seviyesine oldukça yakın seyretmektedir. Buna karşın, Türkiye'nin enerjide bağımsızlık hedefini güçlü şekilde destekleyen Verimli Büyüme Senaryosunda emisyonlar 2040 yılından önce tepe noktasına ulaşmakta, 2050 yılında 191 milyon ton CO₂-eş ile mevcut düzeyinin %52 altına düşmektedir. Böylelikle, enerjide verimli büyüme perspektifi Türkiye'nin 2053 net-sıfır emisyon hedefi ile tutarlı azaltım patikasını ve karbon yoğunluğunda güçlü düşüşü desteklemektedir.

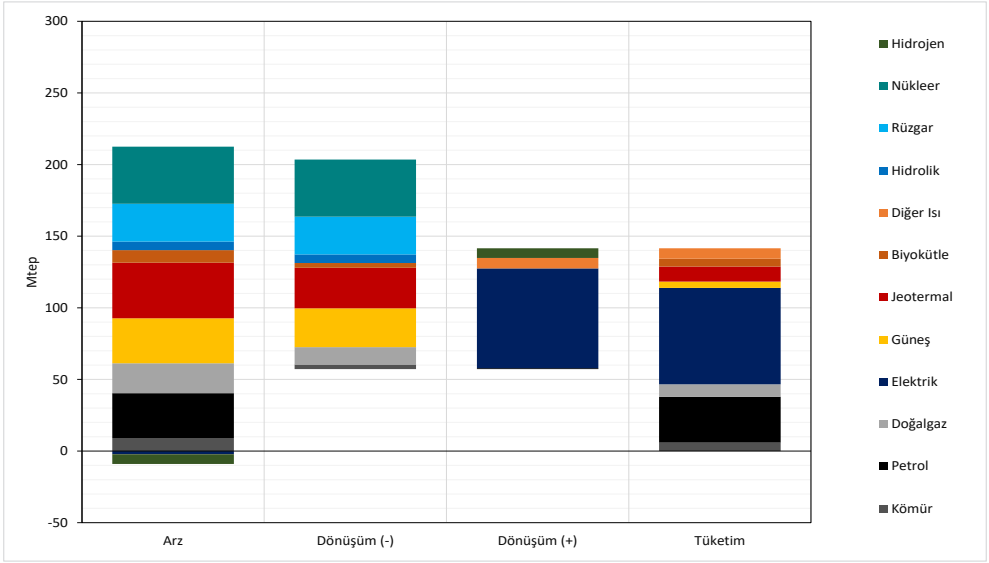
Çalışmada enerji ithalatı ve emisyon azaltımından kaynaklı ekonomik tasarruflar detaylı olarak analiz edilmiştir. Baz Senaryoda 1,1 trilyon \$ olan kümülatif ekonomik fayda, Verimli Büyüme Senaryosunda 2,1 trilyon \$'a yükselmektedir. Yatırım gereksinimleri, teknik verim yatırımları ve nihai talep sektörlerinde fosil yakıt ikamesini sağlayan yatırımlar bazında ayrı ayrı analiz edilmiştir. Baz Senaryoda yıllık ortalama 9 milyar \$ yatırım karşılığında 30 milyar \$ ekonomik fayda sağlanmaktadır. Verimli Büyüme Senaryosunda yıllık ortalama 13 milyar \$ yatırım, 58 milyar \$ fayda gerçekleştirmektedir. Baz senaryoda yıllık ortalama 3,2 olan fayda-maliyet çarpanı, Verimli Büyüme Senaryosunda 4,5'e çıkmaktadır (Şekil 7). Verimli Büyüme Senaryosunda enerji güvenliği, temiz enerji dönüşümü ve bunlara ilişkin maliyetler bakımından, toplam yatırım gereksinimindeki artışın çok üzerinde katkılar elde edilebilmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu Baz Senaryoya göre yılda ortalama 4 milyar \$ fazla yatırım ile 28 milyar \$ ek fayda sağlayabilmektedir.

Verimli Büyüme Senaryosunda elektrik enerjisi talebinde yıllık ortalama büyüme hızı toplam talepteki büyüme hızının yaklaşık beş kat üzerindedir. Ağırlıklı olarak kesintili rüzgar ve güneş üretimi ile desteklenen elektrifikasyonda yaygınlaşma, elektrik sisteminin esnekliğinin güçlendirilmesi ihtiyacını beraberinde getirecektir. Dijitalleşme ve yapay zeka, elektrik talebinde büyümeyi desteklerken, optimizasyon fırsatlarıyla daha verimli enerji tüketimi için yenilikçi iş modellerine ve işbirliklerine de zemin oluşturabilecektir. Çalışmada elektrik enerjisi talebinde büyüme hızına yönelik bir hassasiyet analizi de gerçekleştirilmiştir. Elektrifikasyonun Verimli Büyüme Senaryosunda öngörülenden daha hızlı gerçekleşmesi durumunda, elektrik enerjisinin verim avantajları neticesinde önemli ek kazanımlar sağlanabilmektedir. 2053 yılında birincil enerji arzında yerlilik oranı %97'ye yükselirken, emisyonlar mevcut seviyenin yaklaşık üçte-birine düşmektedir. Hızlı elektrifikasyon, sağladığı ekonomik faydalar yoluyla fayda-maliyet çarpanını 4,7'ye yükseltmektedir.

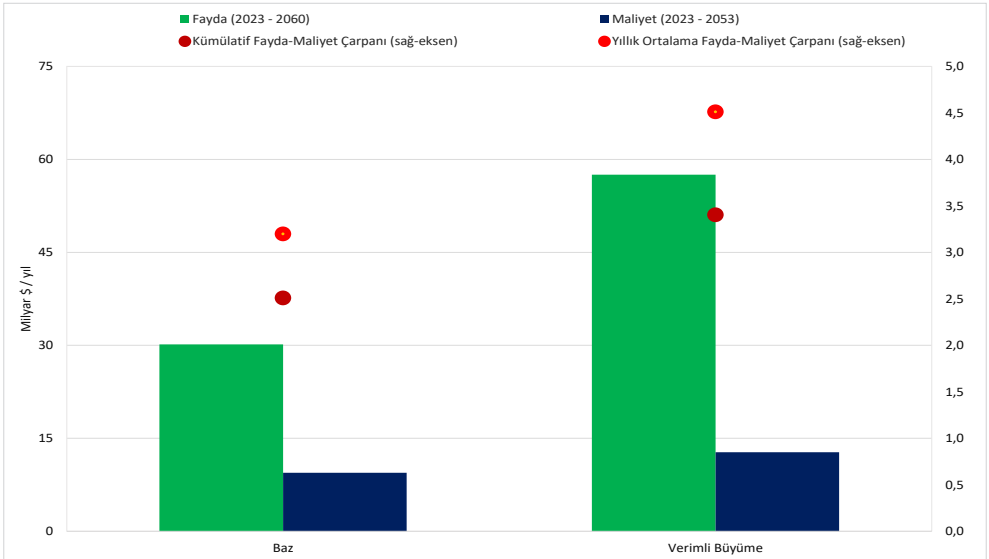
Şekil 5. Verimli Büyüme Senaryosunda Nihai Enerji Talebinin Gelişimi (2023-2053, Mtep)



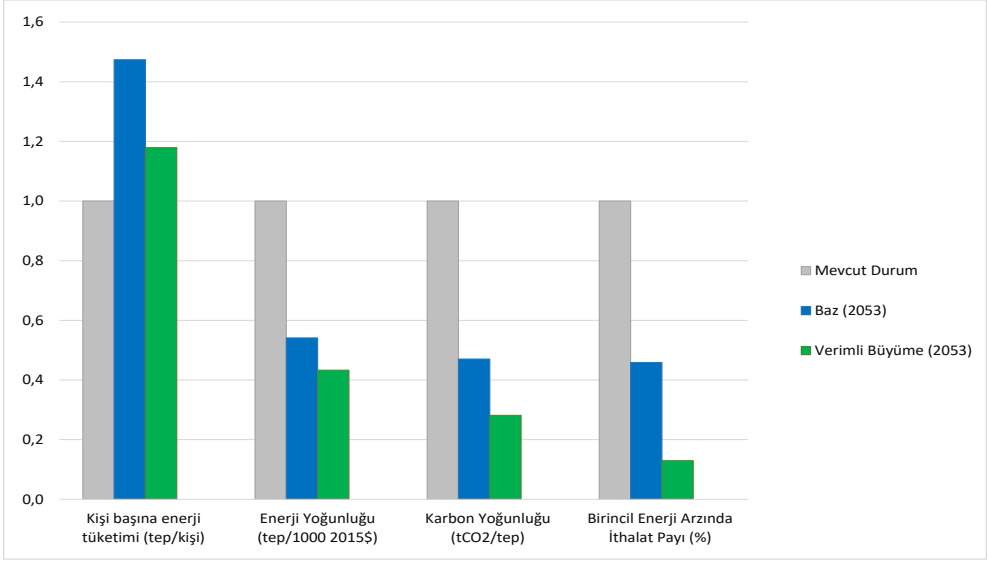
Şekil 6. Verimli Büyüme Senaryosunda 2053 Enerji Dengesi (Mtep)



Şekil 7. Senaryolarda Yıllık Ortalama Fayda, Maliyet ve Kümülatif Fayda-Maliyet Çarpanları



Şekil 8. Senaryolarda Kritik Enerji ve İklim Göstergelerinin Geleceği (2024=1)



IICEC Önerileri

Verimli Büyüme Senaryosu, güvenli ve sürdürülebilir enerji geleceğine sunacağı somut ve maliyet-etkin katkılarının yanı sıra, küresel ve bölgesel trendlerle uyum içerisinde temiz ve verimli enerji teknolojileri odaklı ekonomik büyümeye, verimli sanayi, ihracat ve girişimcilik modellerine, enerji ekosisteminde daha rekabetçi piyasaların gelişimine, böylelikle Türkiye'nin enerjide ticaret merkezi vizyonuna da önemli açılımlar sağlamaktadır. Tüm bu kazanımlar, kamu, özel sektör, akademi iş birlikleri içerisinde, uzun vadeli hedefler ve yol haritaları, düzenleyici çerçeveler, yatırım ortamı, yeni iş modelleri, teknolojik gelişim gibi alanlarda iyileşmelerin sürdürülmesi ile hayata geçirilebilecektir.

IICEC, Türkiye'nin enerji verimliliğinde yüksek potansiyeli ve enerjide verimli büyüme fırsatlarıyla çok yönlü enerji, ekonomi ve iklim faydalarının değerlendirilmesi için,

1. Güçlü talep dinamikleri içerisinde, enerji güvenliği, enerji bağımsızlığı ve enerji dönüşümü hedeflerinin, enerji verimliliği politikaları, stratejileri ve yol haritaları ile desteklenmeye devam edilmesini,
2. Enerji verimliliği bilincinin ve farkındalığının artırılmasını, enerjinin verimli kullanımını özendirecek davranış değişikliklerinin sağlanmasını, sosyal boyutu ve enerjiye adil erişimi de gözeterek verimli ve rekabetçi enerji piyasaları gelişiminin sürdürülmesini,
3. Yatırım büyüklüğünü ve çeşitliliğini artıracak yenilikçi finansman mekanizmaları ve iş modelleri ekseninde paydaşlar arasında iş birliklerinin geliştirilmesini,
4. Ölçme ve izleme sistemlerinin yaygınlaştırılmasını, veri analitiği, dijitalleşme ve yapay zeka fırsatlarıyla enerji verimliliği kazanımlarının değerlendirilmesini,
5. Binalara yönelik kapsamlı bir envanter hazırlanarak, eski konutlar başta olmak üzere enerji performansının güçlendirilmesine yönelik dönüşüm programının ve yol haritasının hayata geçirilmesini,
6. Yolcu ve yük taşımacılığında, elektrikli mobilité, taşıt filosunun gençleştirilmesi, modlar arası geçişler, mikro mobilité ve bütünleşik ulaşım perspektifleriyle, çok yönlü yakıt ve enerji verimliliği fırsatlarının değerlendirilmesini,
7. Sanayide enerji verimliliği performansını, rekabetçiliği, katma değeri güçlendiren desteklerin sürdürülmesini, kıyaslama çalışmalarının, iyi uygulamaların, verimli teknolojilerin sektörler genelinde yaygınlaştırılmasını,
8. Temiz elektrifikasyonun, jeotermal ve güneşten yenilenebilir ısı enerjisinin yaygınlaşması yoluyla fosil yakıt ikamesi, teknik enerji verimi ve karbon faydalarının hızla değerlendirilmesini,
9. Isıtma ve soğutma taleplerinin daha verimli yönetilebilmesi için etkin bir ısı piyasasının oluşturulmasını, özellikle yerli ve yenilenebilir kaynaklara dayalı bölgesel ısıtma ve soğutma, atık ısı ve ısı pompası uygulamalarına işlerlik kazandırılmasını,
10. Ulaşım ve şehircilik altyapılarına, sanayide teknoloji-yoğun ve yüksek katma-değerli yapısal dönüşüme, sürdürülebilir tarım ve gıda tedarikine ilişkin uzun vadeli planlamalarda enerji ve kaynak verimliliği potansiyellerinin değerlendirilmesini,
11. Enerji verimliliğini merkeze alan politika ve stratejilerin sürdürülmesiyle, küresel ölçekte örnek bir liderlik konumuna erişilmesini önermektedir.

BÖLÜM 1:

Giriş

1.1. Neden Türkiye Enerji Verimliliği Görünümü?

Türkiye’de enerji talebinde güçlü büyüme devam etmekle birlikte, kişi başına enerji tüketimi halen dünya ortalamasına oldukça yakın bir seviyededir. OECD ortalamasının yaklaşık yarısı düzeyinde olan kişi başına birincil enerji talebinin, önümüzdeki dönemde güçlü şekilde büyümesi yönünde önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Demografik ve yapısal faktörlerle desteklenen talep büyümesi, diğer taraftan da enerji verimliliği iyileşmeleri, arz güvenliği ve rekabetçilik bakımından yeni zorlukları ve fırsatları beraberinde getirecektir.

Türkiye son dönemde ekonominin enerji yoğunluğunun azaltılmasında önemli gelişmeler kaydetmiştir. 2024 yılı başında açıklanan Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II.Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, bu gelişimin sürdürülmesi ve güçlendirilmesi için önemli bir zemin oluşturmuş olup, son dönemde sektörler bazında enerji verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik önemli adımlar atılmaya devam etmektedir. Enerji güvenliğinin güçlendirilmesi, enerjide yerleşmenin ve bağımsızlığın artırılması ve sera gazı emisyonlarında ağırlıklı paya sahip olan enerji emisyonlarının azaltılması yoluyla net-sıfır emisyon hedeflerinin eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesi, Türkiye enerji politikasının ana öncelikleridir. 2024 yılı içerisinde açıklanan Enerji Dönüşümü: Yenilenebilir Enerji 2035 Yol Haritası ile, Türkiye’nin yüksek rüzgar ve güneş potansiyelinin artan hızlarda üretime kazandırılması, iletim sisteminin de bununla uyumlu olarak güçlendirilmesi yönünde önemli bir gelecek perspektifi sunulmuştur. Elektrifikasyon, tüketim sektörlerinde fosil yakıt ikamesiyle verimliliği artırmakta, elektrik üretim kompozisyonunda yenilenebilir enerji payındaki artışlar da termik kayıpları azaltarak daha verimli bir enerji sistemi geleceği için fırsatları güçlendirmektedir (Şekil 1.1). Sektörde bir ilk olan bu çalışma ile Türkiye’nin enerji verimliliği görünümü ve geleceği, bütüncül ve analitik bir çerçevede incelenmiş ve daha verimli bir enerji geleceği için somut öneriler geliştirilmiştir.

Şekil 1.1. Enerji Verimliliği Odağını Güçlendiren Kritik Gelişmeler



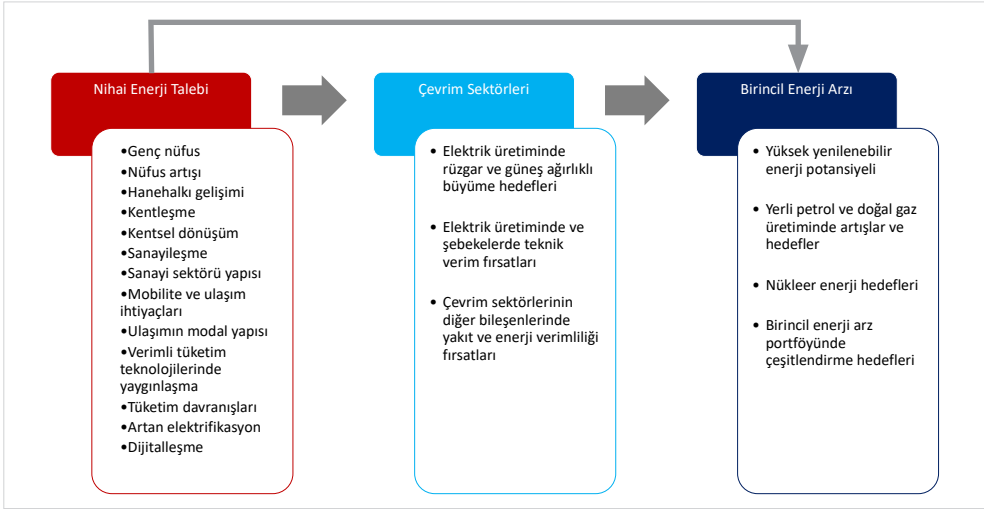
1.2. Türkiye'nin Enerji Talebinde Büyüme, Enerji Sisteminde Dönüşümler ve Daha Verimli Enerji Geleceği İçin Güçlü Yönleri Neler?

Enerji talebinin ve çevrim sektörlerinin yapısı, politika öncelikleri, teknolojik gelişmeler ve piyasa yönelimleri ile şekillenmektedir. Enerji kaynağı ve teknoloji tercihleri ve dönüşümleri, bütüncül enerji dengesinde, birincil enerji arzından nihai enerji talebine ve enerji talep hizmetlerine kadar genel dinamikleri belirlemektedir. Bütüncül enerji sisteminin verimliliğini doğrudan etkileyen kritik faktörler ise, birincil enerji arz portföyünün enerji ve teknoloji yapısı, çevrim sektörlerinin verimi ve nihai talep sektörlerinde talep tüketim faktörleri ve enerji verimliliği seviyeleridir (Şekil 1.2).

- **Nihai enerji tüketiminde elektrifikasyon ve doğrudan yenilenebilir enerji kullanımı:** Fosil yakıtların ikamesi, enerji talep hizmetlerinin fosil yakıtlara dayalı yanma süreçlerine kıyasla daha verimli karşılanmasını sağlamaktadır. Elektrikli araçlar içten yanmalı motorlu taşıtlara göre enerjiyi yaklaşık üç kat daha verimli kullanmakta, elektrığe dayalı ısı pompası teknolojileri geleneksel ısıtma ve soğutma sistemleri ile karşılaştırıldığında üç-dört kat enerji verim avantajı sağlamaktadır. Nihai enerji tüketiminde ısıtma amaçlı fosil yakıt tüketimi yerine güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının ısı kaynağı olarak doğrudan kullanımı enerji talebinin daha verimli şekilde karşılanmasını desteklemektedir.
- **Nihai enerji talebinde teknik enerji verimliliği:** Nihai tüketim sektörlerinde enerjinin verimli kullanımı, talep edilen enerji hizmetinin daha az enerji tüketimiyle gerçekleşmesini temin etmektedir. Türkiye'nin binalarda ısıtma ve soğutma taleplerini belirleyen yalıtım performansı, sanayide proses ısısı ve elektrik motoru kullanımı gibi alanlarda teknik verimlilik, ulaşım sektörlerinde araç filolarının gençleşmesiyle yakıt ekonomisinde iyileşme gibi çok yönlü verimlilik fırsat alanları bulunmaktadır. Artan farkındalık ile birlikte tüketimde tasarrufu ve daha verimli kullanımı sağlayabilecek davranış değişiklikleri de enerjide verimli büyüme yoluyla daha güvenli ve sürdürülebilir enerji sistemi hedeflerini destekleyecektir.
- **Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kullanımı:** Elektrik üretiminde rüzgar, güneş ve hidroelektrik potansiyelinin daha yaygın kullanımı, termik kaynaklara dayalı elektrik üretim seçeneklerine kıyasla yüksek çevrim verimlilikleri çerçevesinde nihai elektrik talebindeki artışın birincil enerji arzında daha yavaş büyüme ile gelişimini desteklemektedir.

Türkiye enerji sektöründeki genel yönelimler değerlendirildiğinde, söz konusu üç alanda da daha verimli talep büyümesini destekleyecek ilerlemelerin gerçekleşmekte olduğu görülmektedir. Birincil enerji arzında ithal fosil yakıt tüketiminin azaltılmasına yönelik adımlar da daha güvenli ve sürdürülebilir enerji arzı gelişimini destekleyecektir.

Şekil 1.2. Bütüncül Enerji Sisteminde Talebi ve Arzı Şekillendiren Kritik Dinamikler

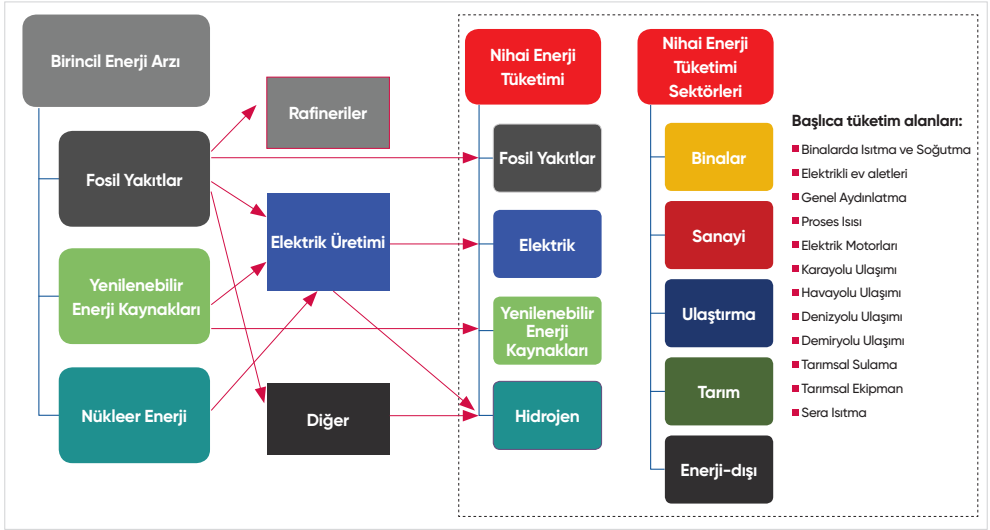


1.3. IIEEC Modeli, Senaryoları ve Analizlerinde Enerjide Verimli Büyüme Perspektifi Hangi Fırsatlara İşaret Ediyor?

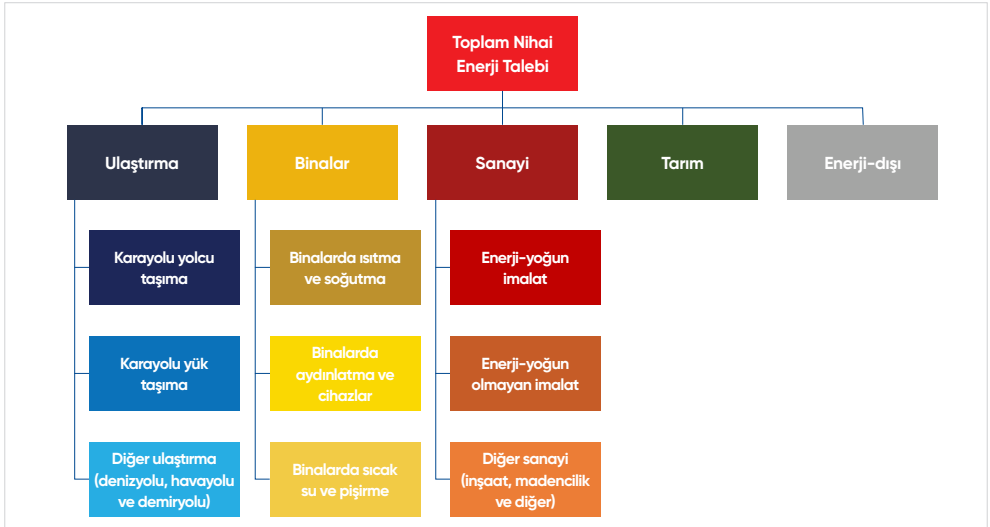
IIEEC Modelinde Türkiye'nin nihai enerji talebi, sanayi, binalar, ulaştırma, tarım ve enerji dışı kullanımda, toplam 11 talep hizmetine ayrılarak detaylı olarak modellenmiştir¹. Talep gelişim dinamikleri, talep hizmetlerini oluşturan ısıtma, soğutma, aydınlatma, yolcu ve yük taşımacılığı, tarımsal sulama ve ekipman kullanımı gibi aktivitelerin gelişimini, binalarda yalıtım, sanayide elektrik motorları, genel aydınlatma, motorlu taşıtlarda yakıt ekonomisi gibi teknik verim parametrelerini, her bir talep hizmeti bazında yakıt ve teknoloji tercihlerini ve ikamelerini yansıtacak şekilde ayrıştırılarak analiz edilmiştir. Genel enerji dengesi içerisinde birincil enerji arzı, elektrik üretimi gibi çevrim sektörleri ve nihai enerji tüketimi, yakıtlar ve teknolojiler bazında dinamik olarak değerlendirilmiştir (Şekil 1.3 ve Şekil 1.4). Sektörde bir ilk olan ve senaryo bazlı bir yaklaşımla gerçekleştirilen bu çalışmada, iki farklı TEEO Senaryosu ile 2053 yılına kadar olan dönemde enerji verimliliğinde sektörler ve enerji talep hizmetleri bazında gelişim perspektifi irdelenerek, Türkiye'nin enerji güvenliğine, enerjide yerleşme hedeflerine, enerji ithalat faturasının düşürülmesine, emisyon azaltımına ve net-sıfır emisyon perspektifine etkiler, somut sayısal göstergeler ile irdelenmiştir. Çalışmada yatırım, ekonomik fayda ve bunların neticesinde fayda-maliyet-analizleri de gerçekleştirilmiştir.

¹ Karayolu yolcu taşıma, karayolu yük taşıma, diğer ulaşım; binalarda ısıtma ve soğutma, binalarda aydınlatma ve cihazlar, binalarda sıcak su ve pişirme; enerji-yoğun imalat, enerji yoğun olmayan imalat, diğer sanayi; tarım; enerji dışı tüketim.

Şekil 1.3. IICEC Modelinde Enerji Dengesine ve Akışlarına Bütüncül Bakış



Şekil 1.4. IICEC Modelinde Nihai Enerji Talep Hizmetleri



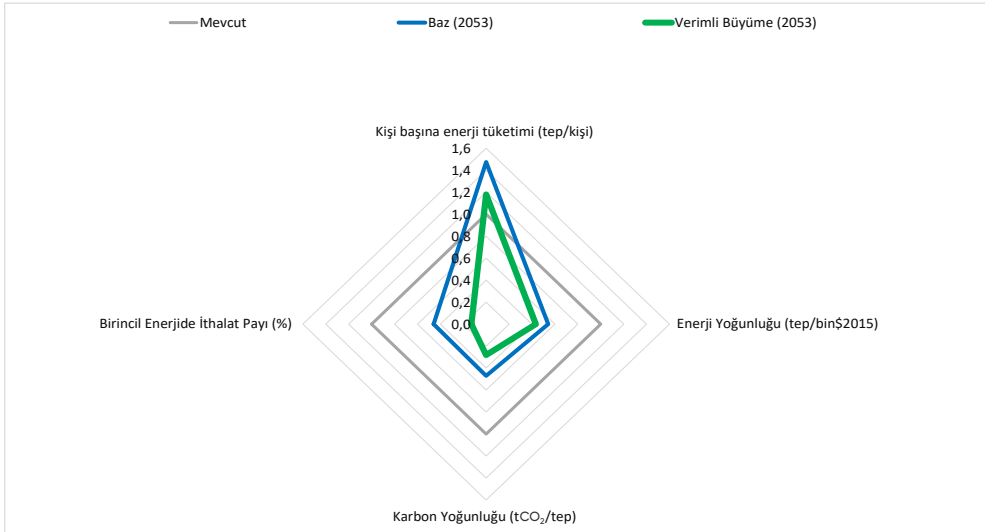
Baz Senaryoda, enerji verimliliğinde politika hedefleri kısmen gerçekleşmekte, yatırımlarda hedeflenen ivmenin tam olarak sağlanamamakta ve enerji dengesinin genel dinamiklerinde elektrifikasyon ve yenilenebilir enerji kullanımında daha sınırlı artışlar kaydedilmektedir. Türkiye'nin 2023 yılında 158 Mtep olarak gerçekleşen birincil enerji arzı, 2053 yılında 256 Mtep'e yükselmektedir. Bunun neticesinde 2023-2053 döneminde birincil enerji yoğunluğunda yıllık ortalama %2 iyileşme gerçekleşmektedir. Buna karşın, enerji verimliliğinde sektörler bazında hedeflerin hızla gerçekleştiği, elektrifikasyon, yenilenebilir enerji ve verimli teknolojilerde büyüme fırsatlarının daha etkin değerlendirildiği Verimli Büyüme Senaryosunda birincil enerji arzında artış hızı özellikle 2040 sonrası dönemde yavaşlamakta ve 2053 yılında 205 Mtep olarak gerçekleşmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu, Baz Senaryoya göre 2053 yılında %20, 2023-2053 döneminde ise kümülatif %12 birincil enerji azaltımı sağlayabilmektedir. Bu değer, Türkiye'nin mevcut beş yıllık birincil enerji arzına eşdeğerdir. Verimli Büyüme Senaryosunda birincil enerji yoğunluğu yıllık ortalama %2,7 iyileşmektedir. 2023 yılı baz alındığında birincil enerji yoğunluğu Baz Senaryoda %46 düşerken, Verimli Büyüme Senaryosunda %57 azaltım sağlanabilmektedir. Böylelikle, kişi başına enerji tüketimleri yüksek, ekonomik büyüme ve enerji talebi artış hızları daha düşük OECD Avrupa ülkelerinin ortalamalarına daha erken sürede yakınsanmakta, bu gelişim sürdürülebilir rekabetçiliğin güçlendirilmesi bakımından avantajlar getirmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu ile sunulan enerji yoğunluğu azaltım patikası, Türkiye'nin enerji verimliliği performansında küresel konumunu da güçlendirmektedir.

Verimli Büyüme Senaryosunda nihai enerji talebi içerisinde elektrik enerjisinin halen beşte-bir olan payı, elektriğin fosil kaynakları ikamesi yoluyla 2053 yılında %48'e yükselmektedir. Elektrik üretimine ek olarak, özellikle binalarda ve tarımda jeotermal enerji, sanayide ve binalarda güneş enerjisi ve havayolu ulaşımında sürdürülebilir biyoyakıtların gelişimiyle, yenilenebilir enerjinin halen birincil enerji arzında %18 ve nihai enerji talebinde %8 olan payı ise 2053 yılında sırasıyla %50 ve %20'ye ulaşabilmektedir.

Çalışmada sunulan bütüncül enerji arz ve talep geleceği, Türkiye'nin birincil enerji arzında çeşitlendirmenin, yerli kaynakların kullanımının, enerji güvenliğinin, nihai enerji tüketiminde de elektrifikasyonun ve yenilenebilir enerji katkısının güçleneceği bir perspektife işaret etmektedir. Baz Senaryoda birincil enerji arzında yerlilik oranı yaklaşık üçte-birden üçte-ikiye çıkmaktadır. Enerji arzında ve talebinde yüksek verim potansiyelinin daha hızlı değerlendirilmesi, yenilenebilir enerjinin ve temiz elektrifikasyonun daha hızlı yaygınlaşması, yerli petrol ve doğal gaz üretimlerinde hedeflenen artışların gerçekleşmesi sonucunda 2053 yılına kadar olan dönemde Verimli Büyüme Senaryosunda birincil enerji arzında yerlilik oranı %90'a ulaşırken, fosil yakıtların birincil enerji arzında halen yaklaşık %80 olan payı Baz Senaryo'da %48'e, Verimli Büyüme Senaryosunda ise %30'a düşmektedir.

Baz Senaryoda emisyonlar 2053 yılından önce tepe noktasına ulaşmakla birlikte mevcut seviyesine oldukça yakın seyretmektedir. Buna karşın, Türkiye'nin enerjide bağımsızlık hedefini güçlü şekilde destekleyen Verimli Büyüme Senaryosunda emisyonlar 2040 yılından önce tepe noktasına ulaşmakta, 2050 yılında 191 milyon ton CO₂-eş ile mevcut düzeyinin yaklaşık yarısına düşmektedir. Bu senaryoda birincil enerji arzının karbon yoğunluğunda da aynı dönemde %64 azaltım sağlanabilmektedir. Böylelikle, enerjide verimli büyüme perspektifi, enerji güvenliğine ek olarak Türkiye'nin 2053 net-sıfır emisyon hedefi ile tutarlı azaltım patikasını ve karbon yoğunluğunda güçlü düşüşü desteklemektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda, enerji politikasının, enerji bağımsızlığı, enerji güvenliği ve net-sıfır emisyon hedeflerinin tümünde eş zamanlı olarak çok daha yüksek katkılar sağlanabilmektedir (Şekil 1.5).

Şekil 1.5. IIcec Senaryolarında Enerjinin Karekodu Geleceği (2053, 2023=1:1:1)



1.4. IIcec Senaryolarında ve Analizlerinde Bütüncül Fayda-Maliyet Perspektifinin Kritik Bulguları Neler?

Baz Senaryoda 1,1 trilyon \$ olan kümülatif enerji ithalat tasarrufu ve emisyon tasarrufu ekonomik faydası, Verimli Büyüme Senaryosunda 2,1 trilyon \$'a yükselmektedir. Baz Senaryoda yıllık ortalama 9 milyar \$ yatırım karşılığında 30 milyar \$ ekonomik fayda sağlanmaktadır. Verimli Büyüme Senaryosunda yıllık ortalama 13 milyar \$ yatırım, 58 milyar \$ fayda gerçekleştirmektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda enerji güvenliği, temiz enerji dönüşümü ve bunlara ilişkin maliyetler bakımından, toplam yatırım gereksinimindeki artışın çok üzerinde katkılar elde edilebilmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu Baz Senaryoya göre yılda ortalama 4 milyar \$ fazla yatırım ile 28 milyar \$ ek fayda sağlayabilmektedir.

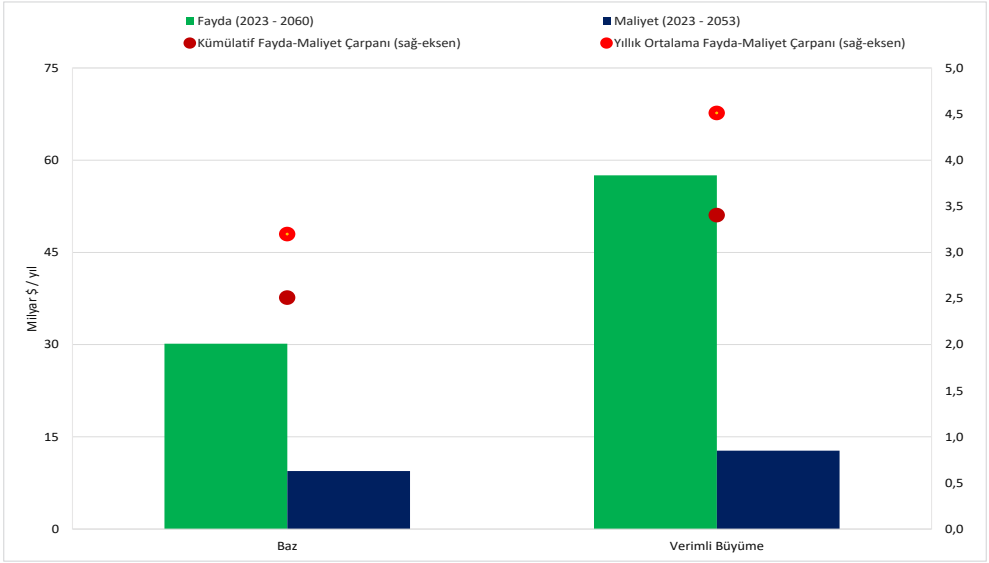
Baz senaryoda yıllık ortalama 3,2 olan fayda-maliyet çarpanı, Verimli Büyüme Senaryosunda 4,5'e yükselmektedir (Şekil 1.6). Baz Senaryoda 1 milyar \$ yatırım ile 2,8 Mtep tasarruf gerçekleşmekte, Verimli Büyüme Senaryosunda ise 1 milyar \$ yatırım 4,2 Mtep tasarruf sağlayabilmektedir Bütüncül planlama, verimli teknolojilerin hızlı adaptasyonu ve katma-değeri yüksek, rekabetçi iş modelleri, Verimli Büyüme Senaryosunda fayda-maliyet çarpanını güçlendirmektedir.

Verimli Büyüme Senaryosunda elektrik enerjisi talebinde yıllık ortalama büyüme hızı, toplam enerji talebindeki büyüme hızının yaklaşık beş kat üzerindedir. Elektrifikasyonda daha yüksek gelişim, yenilenebilir ısı arzında yaygınlık yoluyla fosil yakıt ikamesinde sağlanan artışlar, Verimli Büyüme Senaryosundaki ekonomik kazanımların temel destekleyicileridir. Elektrik üretiminde termik kayıpları azaltan yenilenebilir enerji odaklı büyüme patikası da bütüncül enerji sisteminin verimini iyileştirmektedir.

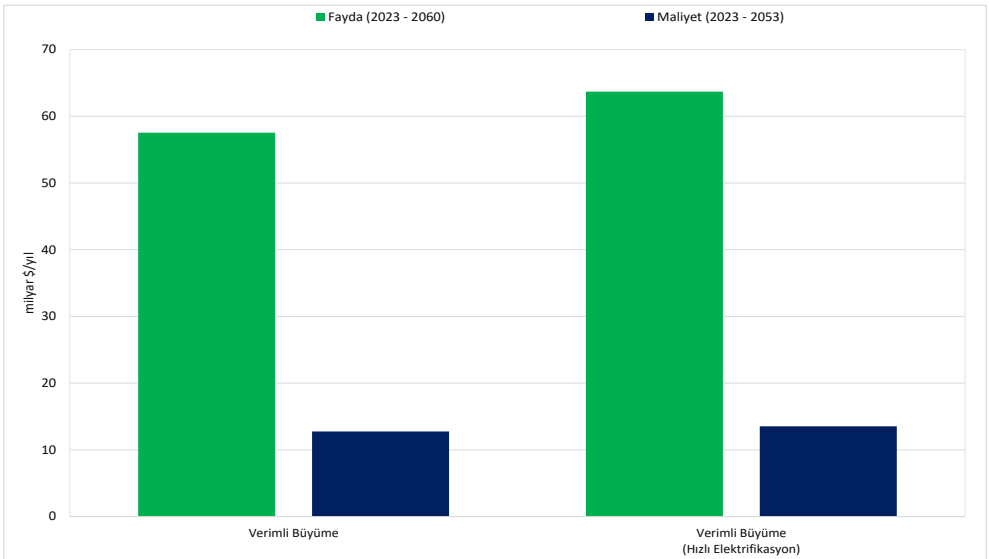
Çalışmada elektrik enerjisi talebinde büyüme hızına yönelik bir hassasiyet analizi de gerçekleştirilmiştir. Dijitalleşme ve yapay zeka, elektrik talebinde uzun dönemli büyümede yeni bir tüketim alanı oluşturacaktır. Bunun yanı sıra, optimizasyon ve enerji talebi yönetimi fırsatlarıyla daha verimli enerji tüketimi için yenilikçi iş modellerine ve iş birliklerine de zemin oluşturabilecektir. Elektrifikasyonun Verimli Büyüme Senaryosunda öngörülenden daha hızlı gerçekleşmesi durumunda, elektrik enerjisinin verim avantajları neticesinde önemli ek kazanımlar sağlanabilmektedir. Hızlı elektrifikasyon, sağladığı ekonomik faydalar yoluyla fayda-maliyet çarpanını 4,7'ye yükseltmektedir. Hızlı elektrifikasyonda yıllık ortalama maliyet 13,5 milyar \$², yıllık ortalama fayda ise 63,7 milyar \$ olarak gerçekleşmektedir. Verimli Büyüme Senaryosuna ilave yıllık ortalama 700 milyon \$ yatırım ile 6,2 milyar \$ ekonomik fayda sağlanabilmektedir (Şekil 1.7). 2053 yılında birincil enerji arzında yerlilik oranı %97'ye yükselirken, emisyonlar mevcut seviyenin yaklaşık üçte-birine düşmektedir. Ağırlıklı olarak kesintili rüzgar ve güneş üretimi ile büyüyen elektrik üretimi ve elektrifikasyonda yaygınlaşma, elektrik sisteminin esnekliğinin güçlendirilmesi ihtiyacını beraberinde getirecektir. Bu çerçevede, elektrik şebekelerinde planlama, yatırım artışları ve teknoloji-odaklı dönüşümün rolü artacaktır. Elektrikli mobilite, dağıtık güneş üretimi, ısı pompası uygulamaları gibi yeni dinamikler, şebeke mimarilerinde yeni yaklaşımların ve verimli çözümlerin gelişimini kritik duruma getirecektir.

² Çalışmanın genelinde, uluslararası literatür ile uyumlu şekilde, elektrik sektörü yatırımlarına ilişkin olarak nihai talep sektörlerinde elektrifikasyon ile bağlantılı yatırım ihtiyaçları dikkate alınmıştır. Elektrik üretimi ve şebeke yatırımlarında artış, elektrik arz sistemi içerisinde toplam yatırım büyüklüğünü yükseltecektir. Türkiye'nin halen 3-4 milyar \$/yıl seviyesinde olan elektrik şebeke yatırım büyüklüğünün, üretimde ve talepte büyümeyle uyumlu olarak yakın ve orta vadede 8-10 milyar \$/yıl seviyesine ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Şekil 1.6. Senaryolarda Yıllık Ortalama Fayda, Maliyet & Yıllık Ortalama ve Kümülatif Fayda-Maliyet Çarpanları



Şekil 1.7. Hızlı Elektrifikasyonda Yıllık Ortalama Fayda ve Maliyet Gelişimi (2023-2060, milyar \$/yıl)

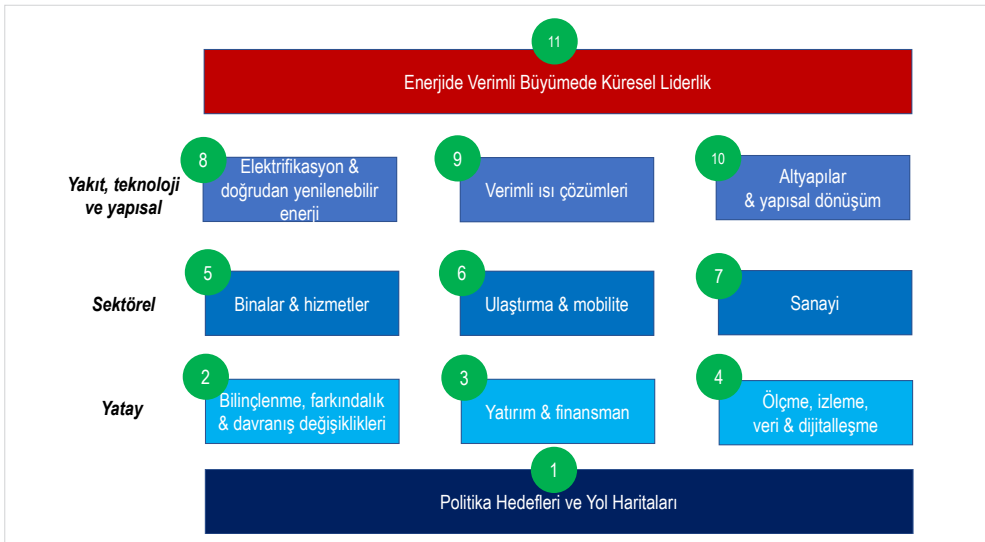


1.5. Enerji Verimliliğinde Çok Yönlü Faydalar için Gelişim Alanları Neler?

Türkiye son dönemde enerji yoğunluğunun düşürülmesinde önemli gelişmeler kaydetmiştir. 2024 yılı başında açıklanan Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Eylem Planı, bu kazanımların sürdürülmesi ve daha ileriye taşınması için önemli bir çerçeve oluşturmaktadır. Türkiye, sanayiden binalara, kentsel ve şehirlerarası ulaşımdan tarıma kadar enerji tüketiminde yüksek verimlilik potansiyeline sahiptir. Enerji sisteminin büyümesi ve dönüşümü içerisinde, arz güvenliği ve rekabetçiliği geliştirmeye hedefleri, enerjide verimli büyümenin önemini pekiştirmektedir.

2053 yılına kadar olan dönemde birincil enerji yoğunluğunda güçlü azaltımların gerçekleştiği Verimli Büyüme Senaryosu, güvenli ve sürdürülebilir enerji geleceğine sunacağı somut ve maliyet-etkin katkıların yanı sıra, küresel ve bölgesel trendlerle uyum içerisinde temiz ve verimli enerji teknolojileri odaklı ekonomik büyüme modellerine, daha verimli sanayi, ihracat ve girişimcilik modellerine, enerji ekosisteminde rekabetçi piyasaların gelişiminin sürmesine, böylelikle Türkiye'nin enerjide ticaret merkezi ve net-ihracatçı olma vizyonuna da önemli açılımlar sağlamaktadır.

Şekil 1.8. Enerjide Verimli Büyüme için Gelişim Alanları



IICEC analizlerindeki bulgular çerçevesinde, 11 alanda yüksek potansiyeli fırsata dönüştürecek tüm bu kazanımlar, kamu, özel sektör, akademi iş birlikleri içerisinde, uzun vadeli hedefler ve yol haritaları, düzenleyici çerçeveler, yatırım ortamı, yeni iş modelleri, teknolojik gelişim gibi alanlarda iyileşmelerin sürdürülmesi ile hayata geçirilebilecektir (Şekil 1.8).

1.6. Çalışmanın İçeriği

Çalışma sekiz bölümden oluşmaktadır.

- Bölüm 2’de dünyada enerji ve iklim alanında öne çıkan güncel gelişmeler, gelecek perspektifleri, temiz enerji teknolojilerinde ve tedarik zincirlerinde rekabetçilik gibi yeni kritik dinamikler sunulmaktadır.
- Bölüm 3’de enerji verimliliğinde küresel ve bölgesel gelişmeler, enerji verimliliğinde yatırımlar, istihdam, elektrifikasyon, dijitalleşme gibi önemli zorluk ve fırsat alanları ile birlikte değerlendirilmektedir.
- Bölüm 4’te Türkiye’nin enerji arzı ve talebinin genel görünümü, kritik göstergeler ve kalkınma, enerji ve iklim stratejilerindeki öncelikler ile birlikte sunulmaktadır.
- Bölüm 5’te Türkiye’nin enerji talebi ve talepte büyümeyi destekleyen kritik faktörler irdelenmekte, genel enerji dengesinin yapısını ve dönüşümünü belirleyen etkenler analiz edilmektedir.
- Bölüm 6’da Türkiye’nin enerji verimliliğinde kritik göstergeleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmekte, birincil enerji yoğunluğunun azaltılmasında zorluklar ve fırsatlar teknik ve ekonomik bir perspektifle irdelenmektedir. Enerji verimliliğinde son dönemdeki önemli gelişmeler, ilgili politika hedefleri ve eylemleri ile birlikte sunulmaktadır.
- Bölüm 7’de IICEC modelleme çerçevesi ve IICEC Senaryoları eksenlerinde, enerji verimliliğinde gelişimin Türkiye’nin enerji tüketiminde ve enerji yoğunluğunda azaltıma, bütüncül enerji sisteminin geleceğine, enerji ve iklim göstergelerine somut katkıları detaylı olarak analiz edilmekte, karşılaştırmalı fayda ve maliyet analizleri sunulmaktadır. Analizler, hızlı elektrifikasyon durumu için gerçekleştirilen hassasiyet analizinde öne çıkan bulguları da içermektedir.
- Bölüm 8’de enerjide verimli büyüme için gelişim alanları irdelenmekte ve Türkiye’nin enerji verimliliği potansiyelinin değerlendirilmesi yoluyla enerji güvenliği, enerjide bağımsızlık ve net-sıfır emisyon hedeflerine sağlanacak katkılar için somut öneriler sunulmaktadır.

BÖLÜM 2:

Dünya'da Enerji

&

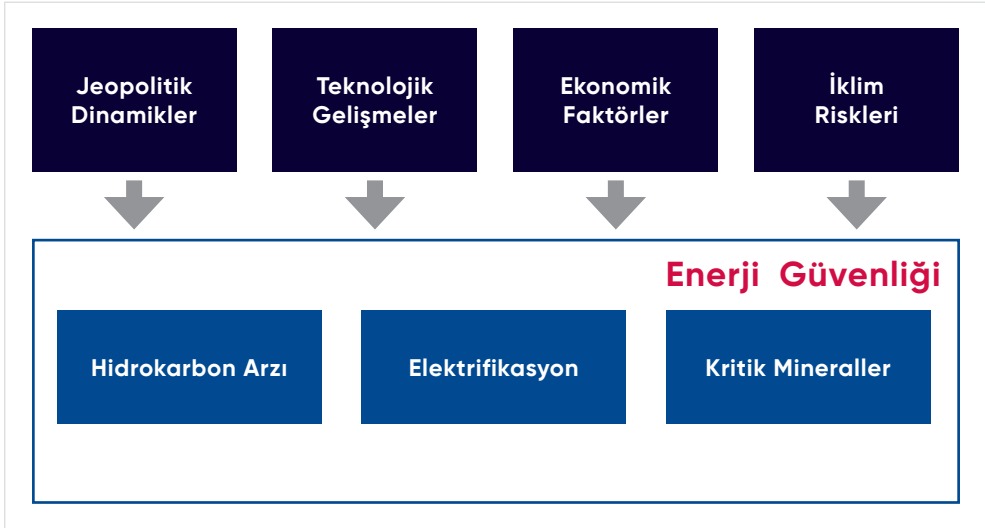
İklim Görünümünde

Öne Çıkanlar

2.1. Enerji Güvenliği ve İklim Değişikliği

Ekonomik büyümenin ve sosyal gelişimin ana girdisi olan enerjinin sürekli ve güvenli koşullarda tedarik edilmesi, enerji politikalarında temel öncelik durumunu korumaktadır. Gelişen jeopolitik dinamikler, teknolojik gelişmeler ve ekonomik faktörler, küresel ve bölgesel ölçeklerde enerji güvenliğini, çok yönlü olarak etkilemektedir. Geleneksel olarak hidrokarbon arzının güvenliği ekseninde şekillenmiş olan enerji güvenliği stratejileri, artan elektrifikasyonun etkileri, temiz enerji teknolojilerinde ve ilgili tedarik zincirlerinde gelişmeler ile birlikte çok katmanlı bir nitelik kazanmaktadır. Sürdürülebilir bir enerji dönüşümünün ana belirleyicileri olan pek çok temiz enerji teknolojisinin girdisi olan kritik mineraller ve metallere erişim ile ilgili riskler, enerji güvenliğinin kritik önemini artırmaktadır. Enerji ve ticaret politikaları arasındaki etkileşimler güçlenirken, enerji arz güvenliği riskleri enerji kaynaklarının ötesinde enerji sistemlerinin geliştirilmesi ve ticaretinde yeni zorlukları ve arayışları beraberinde getirmektedir. Bu çerçevede daha güvenli bir enerji geleceği için, enerji güvenliği bakımından belirleyici olan trendlerin çok yönlü olarak değerlendirilmesi, gelişen risklere yönelik yeni çözümlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. İklim riskleri ve artan elektrifikasyonla birlikte pekişen siber güvenlik riskleri de enerji güvenliği paradigmasının çok yönlü niteliğini derinleştirmektedir (Şekil 2.1) (IEA, 2024a; IEA, 2024b; IEA, 2025a).

Şekil 2.1. Enerji Güvenliğini Belirleyen Kritik Faktörler ve Temel Bileşenleri

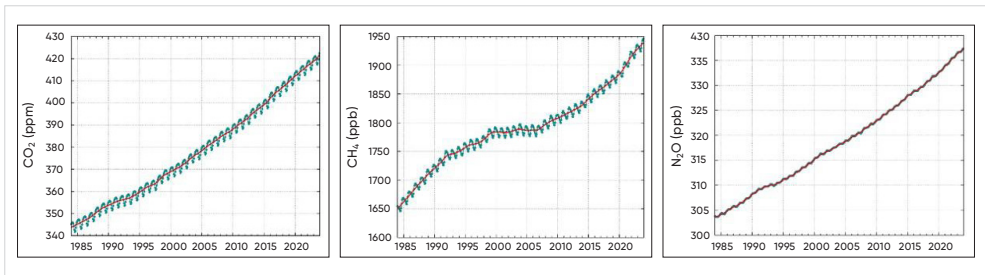


Kaynak: IICEC analizleri

Diğer taraftan, iklim güvenliğini temin etmek üzere, iklim değişikliği ile mücadelede enerji sektörünün ağırlıklı rolü içerisinde karbon yoğunluğunda sürekli ve kalıcı azaltımlar sağlayacak sürdürülebilir bir enerji dönüşümünün gerçekleştirilebilmesi gerekmektedir. Endüstri devriminden bu yana, atmosferdeki sera gazı emisyonları sürekli bir artış göstermektedir. 1800'lerin sonlarına kadar atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu yaklaşık 280 ppm¹ civarındayken, 2023 yılı itibarıyla bu seviye 420 ppm'e ulaşmıştır. Bu artış, nüfus artışı, sanayileşme ve artan şehirleşme gibi faktörlerin sera gazı salımlarındaki etkisini göstermektedir. Son dönemde metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O) gibi diğer sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonları da önemli ölçüde artmaya devam etmektedir. Tüm bu gelişmeler, küresel iklim değişikliğini hızlandıran, aşırı iklim olaylarının şiddetini ve sıklığını artıran yeni dinamiklere işaret etmektedir (Şekil 2.2) (IPCC, 2023; WMO, 2024). Enerjiden kaynaklı sera gazı emisyonları yükselmeye devam ederken, emisyon envanterinin yaklaşık yarısını elektrik ve ısı üretimi amaçlı çevrim sektörleri oluşturmakta, ulaşım, sanayi ve binalar da enerji tüketimleri ve fosil yakıt ağırlıkları çerçevesinde emisyon envanterini artırmaktadır. Son dönemde temiz enerjiye olan güçlü yönelime karşın dünya birincil enerji arzının yaklaşık %80'i fosil yakıtlara dayalı olarak gerçekleşmeye devam etmektedir. Bu durum fosil yakıt tedariğine ilişkin riskler kapsamında enerji güvenliği, emisyon etkileri bakımından da temiz enerji dönüşümü ve sürdürülebilirlik için kritik zorluklar içermeye devam etmektedir (Şekil 2.3 ve Şekil 2.4).

Endüstri devriminden itibaren atmosferdeki sera gazı yoğunluğunda artışlar, dünya genelinde ortalama sıcaklıkların yükselmesine neden olmuştur. 2024 yılı itibarıyla, küresel sıcaklık endüstri öncesi döneme kıyasla ortalama 1,5°C'nin üzerinde artmıştır (Şekil 2.5) (European Commission, 2024). Bu artış, bölgesel kuraklıklar, deniz seviyelerinin yükselmesi, ekosistemlerde bozulmalar ve tarımsal verimlilikte düşüş gibi pek çok olumsuz etkiye yol açmaktadır (WMO, 2025).

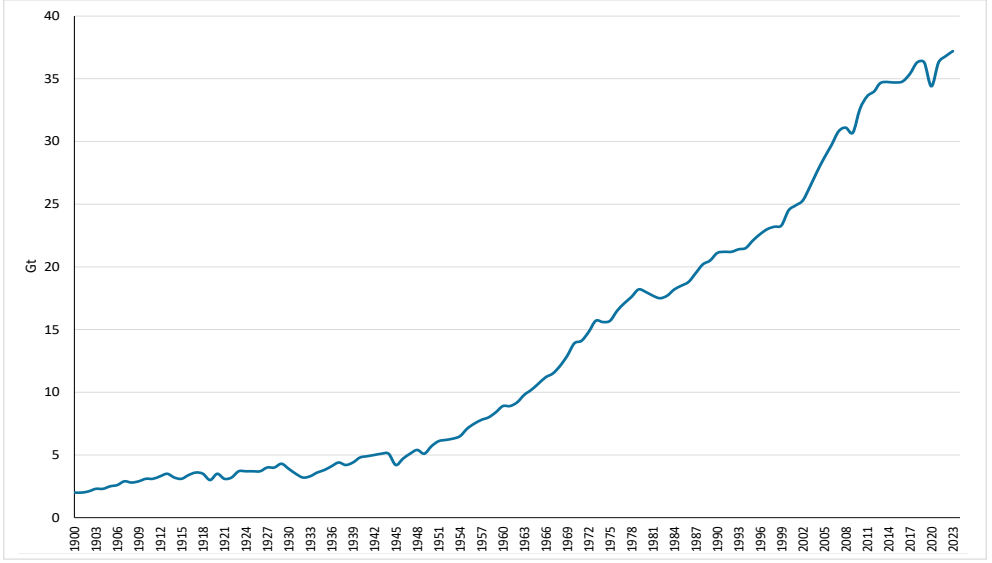
Şekil 2.2. Atmosferdeki CO₂, CH₄ ve N₂O Konsantrasyonları (1985-2023, ppm, ppb)



Kaynak: WMO, 2024

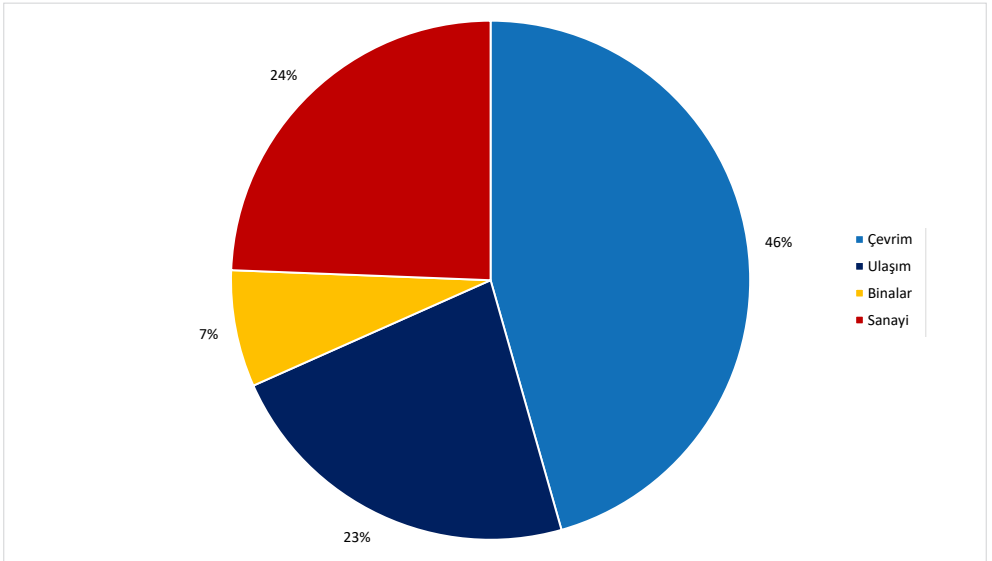
¹ Parts per million (ppm)

Şekil 2.3. Enerjiden Kaynaklı CO₂ Emisyonları Gelişimi (1900–2023, Gt)



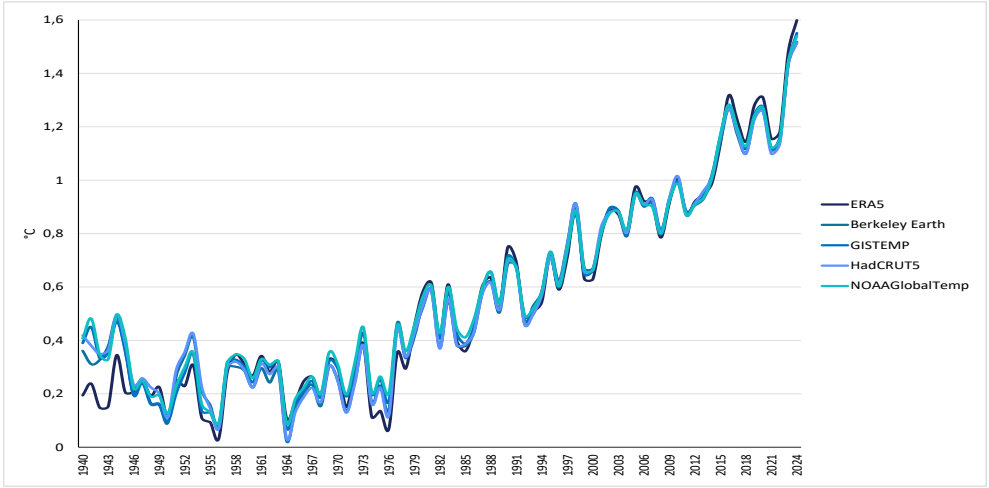
Kaynak: IEA, 2024c

Şekil 2.4. Enerjiden Kaynaklı CO₂ Emisyonlarının Sektörel Dağılımı (%)



Kaynak: IEA, 2024

Şekil 2.5. Farklı Modellerde Küresel Ortalama Sıcaklık Artışı Gelişimi (1940–2024, °C)



Kaynak: European Commission, 2024; WMO, 2024

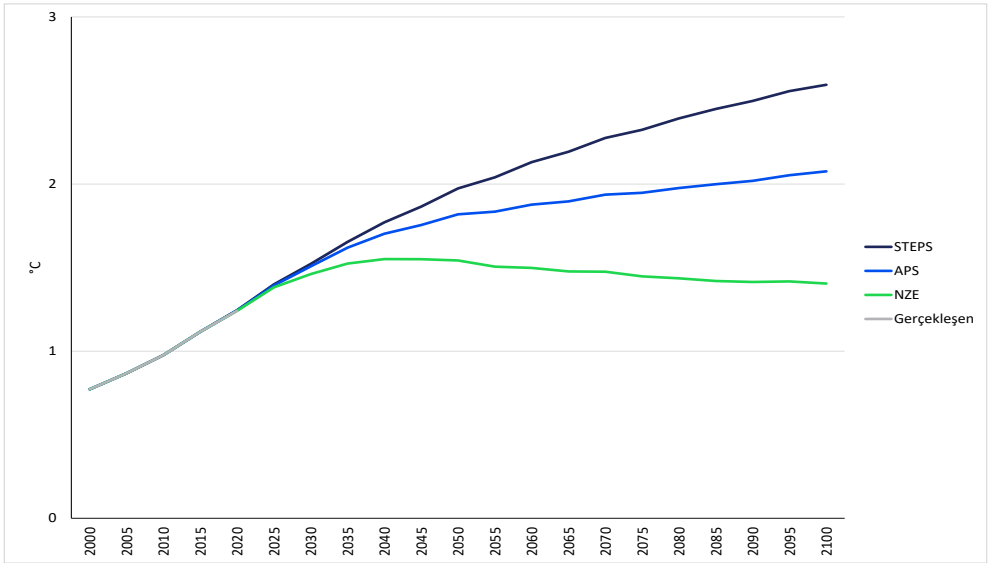
Mevcut politikaların devam etmesi durumunda² küresel sıcaklık artışının yüzyılın sonunda 2,4°C'yi aşabileceği öngörülmektedir. Açıklanan Taahhütler Senaryosu³, belirlenen hedeflerin tam olarak uygulanması durumunda sıcaklık artışının 1,7-2,0°C aralığında sınırlanabileceğini göstermektedir. 1,5°C hedefinin gerçekleşebilmesi için enerjiden kaynaklı sera gazı emisyonlarının hızla azaltılmasını öngören Net Sıfır Emisyon Senaryosu⁴ kapsamında belirlenen yol haritasının uygulanması gerekmektedir. (Şekil 2.6) (IEA, 2024d). Enerji ve iklim ilişkisi tek yönlü değildir. İklim değişikliği kaynaklı gelişmeler, giderek daha karmaşık nitelik kazanan enerji sistemleri üzerinde çok boyutlu etkiler yaratmakta, arz ve talep dengelerinde önemli belirsizliklere ve değişikliklere, enerji altyapılarında yeni zorluklara neden olmaktadır. Örneğin kurak dönemlerin sıklaşması ve şiddetinin artması, hidroelektrik üretiminde azalmaya neden olurken, sıcak hava dalgalarının yaygınlaşması soğutma amaçlı elektrik talebinde keskin artışlar yaratabilmektedir. Rüzgar hızındaki değişimler, rüzgâr enerjisi santrallerinin üretim kapasitesinde dalgalanmalara yol açarak üretimin ve sistemin öngörülebilirliğini zorlaştırmaktadır. Aşırı hava olaylarının daha sık ve şiddetli hale gelmesi, elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinin dayanıklılığı üzerinde artan bir baskı oluşturmaktadır. Tüm bu yeni dinamikler, enerji sistemlerinin değişen iklim koşullarına karşı daha esnek ve dirençli hale getirilmesi ihtiyacını ortaya koymakta, enerji sisteminin iklim direncini ve iklim değişikliğine uyumunu artırabilecek yeni stratejilerin belirlenmesini, enerji portföyünde ve altyapılarında çeşitliliğin sağlanmasını daha da önemli hale getirmektedir (Şekil 2.7) (IEA, 2022; IEA, 2024d; Yalew et al., 2020).

² Stated Policies Scenario (STEPS)

³ Announced Pledges Scenario (APS)

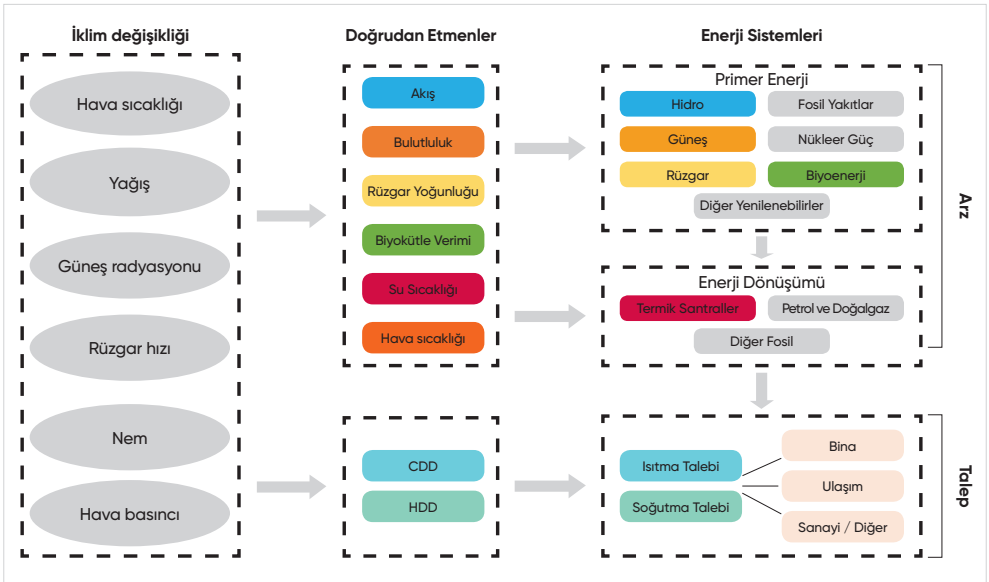
⁴ Net Zero Emissions Scenario (NZE)

Şekil 2.6. IEA Senaryolarında Ortalama Sıcaklık Değişimleri (2000–2100, °C)



Kaynak: IEA, 2023a

Şekil 2.7. İklim Değişikliğinin Enerji Sistemlerine Etkileri



Kaynak: Yalaw et al., 2020; IICEC, 2022

2.2. Dünyada Enerji Arz ve Talep Sisteminin Dönüşümü

2.2.1. Küresel Enerji Arz ve Talebinin Gelişimine Bakış

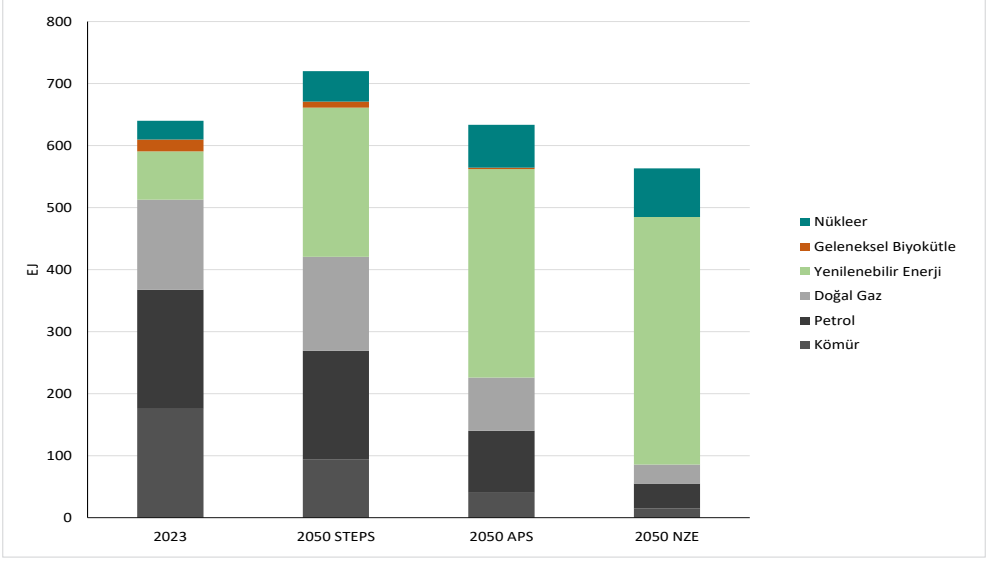
Nüfus artışı, şehirleşme ve ekonomik büyümeye paralel olarak enerjiye olan küresel talep hızlı bir şekilde artmaktadır (2023 ve 2024 yıllarında %2'ser artış). Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin devam eden ekonomik büyümelerine paralel olarak enerji taleplerinde gerçekleşen artış, küresel enerji talebinin büyümesinin ardındaki en önemli itici güç olmaya devam etmektedir. Bu ülkeler, dünya nüfusunun %85'ini oluşturmaktadır. 2013–2023 döneminde, gelişmiş ülkelerde enerji talebi yıllık bazda ortalama binde beş azalırken, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerji talebi yıllık ortalama yaklaşık %3 büyümeye göstermiştir (IEA, 2024d). Enerji sisteminin geleceğinde öne çıkan gelişmeler, fosil yakıt ağırlığında düşüş ve temiz enerjinin payında yükseliş yönelimleridir (Enerji yatırımlarının son dönemdeki gelişimi için lütfen Bölüm 2.2.2'ye bakınız). Temiz enerji kaynaklarının⁵ toplam enerji arzı içindeki payı 2010 yılında yaklaşık %14 seviyesindeyken, 2023 yılında %17'ye ulaşmıştır. Enerji arzında ve talebinde kaynaklar ve teknolojiler bazında hızlı ve güçlü bir dönüşüm öngören NZE patikasında temiz enerjinin payı 2050 yılına kadar olan dönemde %80'e ulaşırken, mevcut politikaların sürdürülmesi durumunda enerji arzının yapısında fosil yakıt ağırlığında daha yavaş bir azaltım gerçekleşmektedir (Mevcut durumda yaklaşık %80 ve 2050 yılında %40) (Şekil 2.8 ve Şekil 2.9) (IEA, 2024d).

2.2.2. Küresel Enerji Yatırımları

Dünya enerjide ve iklimde zorlu bir sınavdan geçerken, enerji yatırımlarında büyüme ve çeşitlenme ihtiyacının enerji güvenliğinin ve daha sürdürülebilir bir geleceğin en kritik bileşenlerinden birisini oluşturduğu görülmektedir. 2024 yılında küresel enerji yatırımları ilk kez 3 trilyon \$ seviyesini aşmıştır (2020 yılında 2,1 trilyon \$). Küresel ölçekte temiz enerji dönüşümünü destekleyen yatırımlar, ilgili teknolojilerde maliyet düşüşlerinin ve politika desteklerinin de etkisiyle 2020 yılından itibaren hız kazanmıştır. 2023 yılında yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi, elektrik şebekesi ve enerji depolama alanlarına yapılan yatırımlar petrol, gaz ve kömüre yapılan yatırımları geride bırakmıştır. Son dönemde toplam enerji yatırımlarının üçte-ikisi temiz enerji kaynaklarının, teknolojilerinin ve ilgili altyapıların geliştirilmesi alanlarında gerçekleşmektedir. Özellikle elektrik üretiminde yenilenebilir enerji ağırlıklı büyüme dünya genelinde oldukça belirleyici duruma gelmiştir. 2024 yılında temiz enerjiden elektrik üretimi yatırımları, fosil yakıtlardan elektrik üretimi yatırımlarının on kat üzerinde gerçekleşmiştir (2015 yılında 2:1). Elektrik üretim yatırımlarında güneş enerjisinde güçlü büyüme öne çıkmaktadır (2024 yılında yaklaşık 500 milyar \$) (Şekil 2.10) (IEA, 2024e).

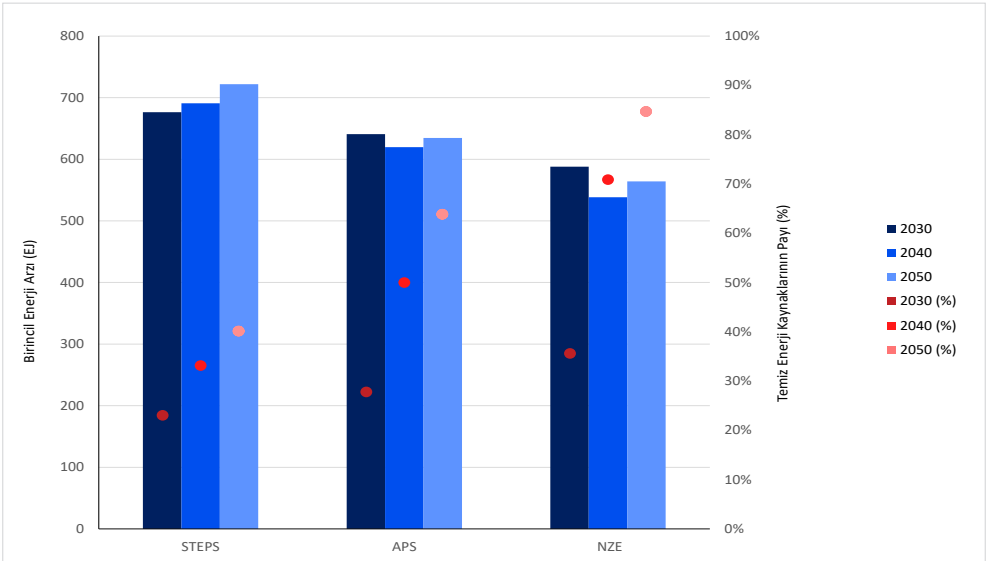
⁵ Temiz enerji kaynaklarının payı hesaplanırken yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgâr, hidroelektrik, modern biyoenerji, jeotermal) ve nükleer enerji dikkate alınmıştır.

Şekil 2.8. Küresel Birincil Enerji Arzı Perspektifi (2023, 2050, EJ)



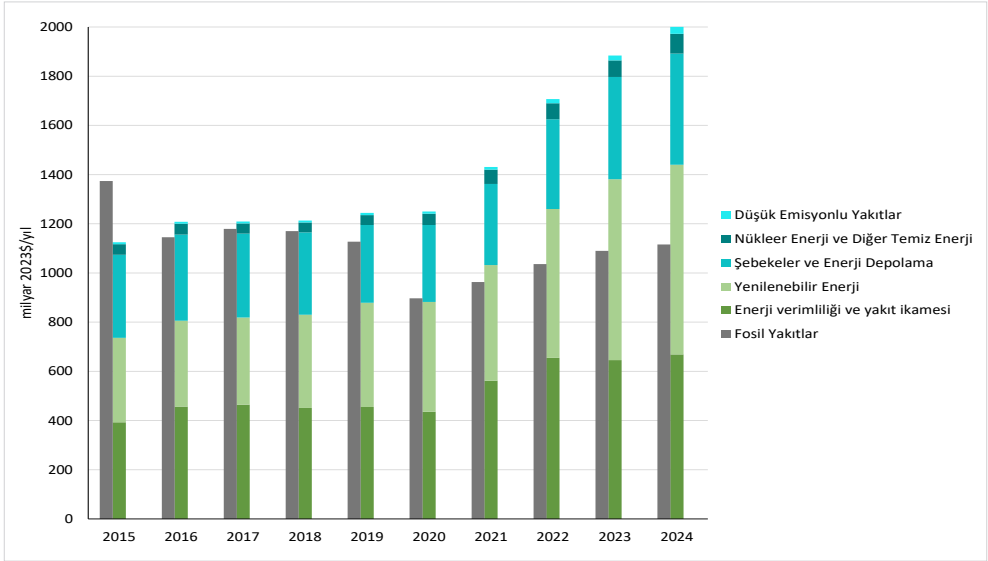
Kaynak: IEA, 2024

Şekil 2.9. Küresel Birincil Enerji Arzı ve Temiz Enerji Kaynaklarının Küresel Enerji Arzı İçindeki Payı (2030, 2040, 2050, EJ, %)



Kaynak: IEA, 2024

Şekil 2.10. Dünyada Temiz Enerji ve Fosil Yakıt Yatırımları Gelişimi (2015-2024, Milyar \$/yıl)

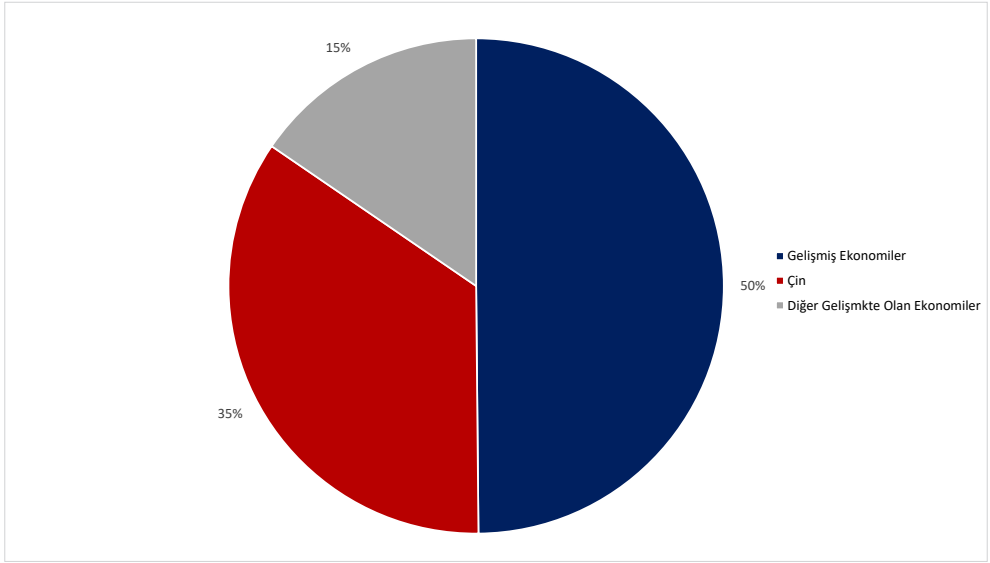


Kaynak: IEA, 2024

Enerji yatırımları daha çok gelişmiş ülkelerde ve Çin'de yoğunlaşmaya devam etmektedir. Diğer gelişmekte olan ülkelerin, enerji taleplerinde büyümeye karşın modern enerji erişim fırsatlarında ve temiz enerji yatırımlarında geride kalması, küresel enerji güvenliği ve iklim değişikliği ile mücadele çabaları bakımından önemli bir zorluğa işaret etmektedir. 2024 yılında Çin hariç tutulduğunda az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki temiz enerji yatırımları toplam küresel yatırımların yaklaşık %15'ine karşılık gelmiştir (Şekil 2.11) (IEA, 2024e).

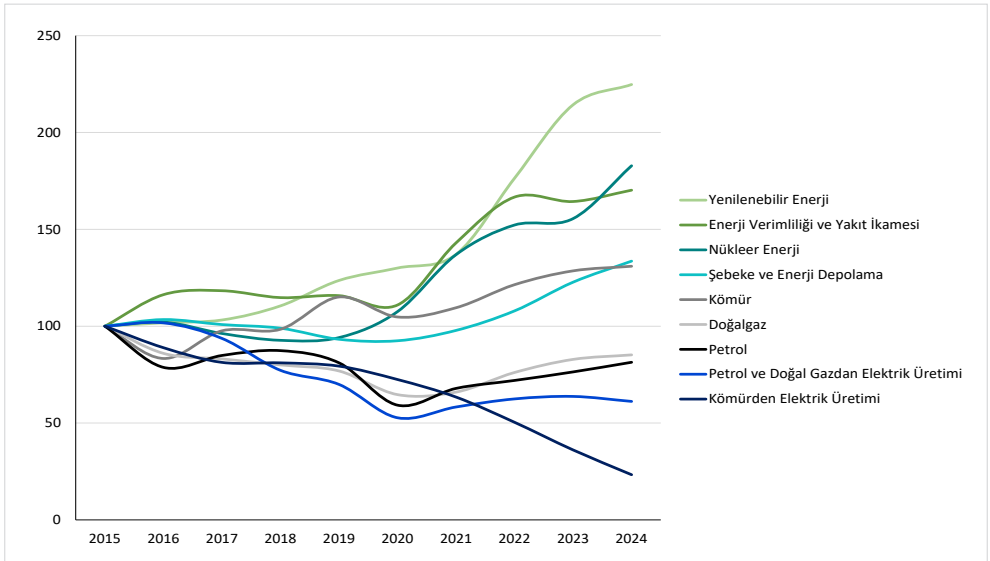
2015 yılından bu yana, yenilenebilir enerjiden elektrik üreten teknolojilere yapılan yatırımlar iki katından fazla artış gösterirken, kömürden elektrik üretimine yapılan yatırımlar yaklaşık %80, petrol ve doğal gazdan elektrik üretimine yapılan yatırımlar ise %40 düşüş kaydetmiştir. Enerji verimliliği ve yakıt ikamesi alanında yapılan yatırımlar ve nükleer enerjiye yapılan yatırımlar ise aynı dönemde sırasıyla yaklaşık %70 ve %80 oranında büyümüştür. Bu trendler, özellikle enerji arzında net fosil yakıt ithalatçısı konumunda bulunan ülkeler için daha sürdürülebilir ve verimli bir enerji sisteminin gelişimini desteklemektedir (Şekil 2.12). 2024 yılında gerçekleştirilen enerji yatırımları bütüncül olarak değerlendirildiğinde, yenilenebilir enerji ile enerji verimliliği ve yakıt ikamesi yatırımlarının toplam enerji yatırımları içinde %25 ve %22 pay alarak öne çıkan iki alan olduğu görülmektedir (Şekil 2.13) (IEA, 2024e).

Şekil 2.11. Küresel Enerji Yatırımlarında Gelişmiş Ekonomiler, Çin ve Gelişmekte Olan Ekonomilerin Payı (2024, %)



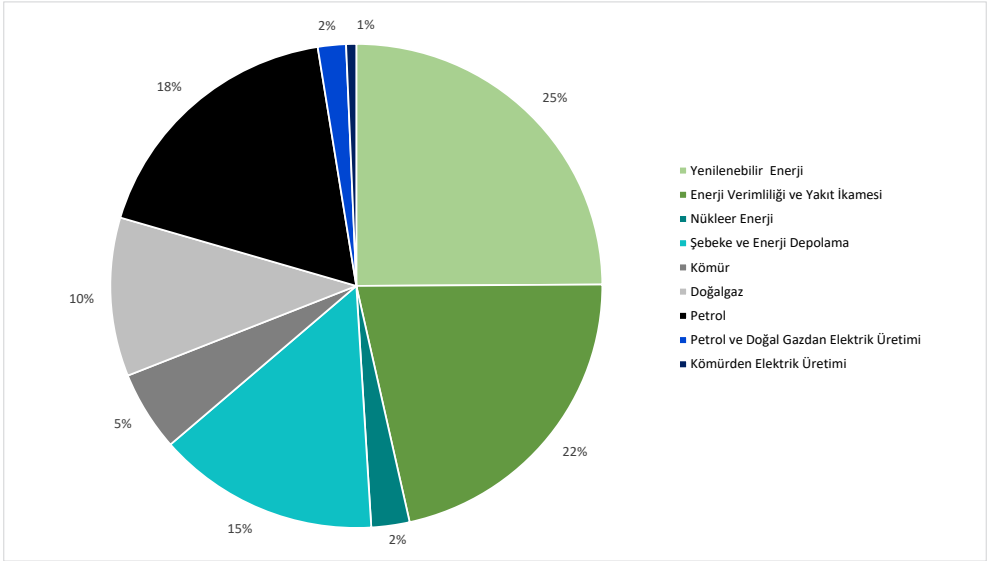
Kaynak: IEA, 2024

Şekil 2.12. Küresel Enerji Yatırımlarının Gelişimi (2015-2024, 2015=100)



Kaynak: IEA, 2024

Şekil 2.13. Küresel Enerji Yatırımlarının Enerji Sektörlerine Göre Dağılımı (2024, %)



Kaynak: IEA, 2024

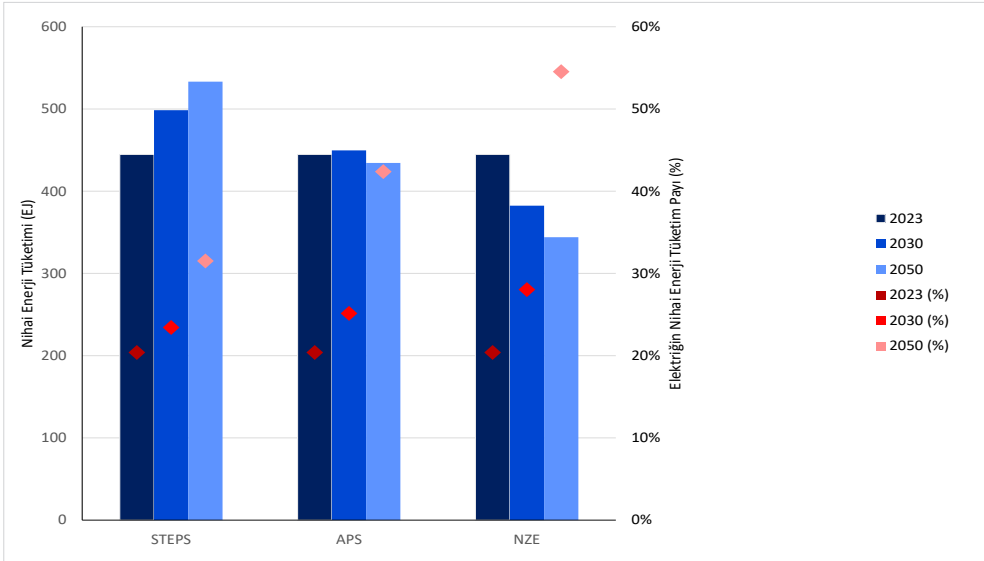
2.2.3. Elektrifikasyon ve Elektrik Sisteminde Dönüşüm

Elektrifikasyon dünya enerji sisteminde son dönemde öne çıkan en önemli trendlerden birisidir. Sanayide ve binalarda geleneksel talep alanlarına ek olarak, ulaşımda elektrikli araçlarda büyüme, ısıtma ve soğutmada ısı pompası çözümleri, dijitalleşme ve artan yapay zekâ uygulamaları gibi yeni büyüme alanları, elektrik talebinde yüksek büyümeyi desteklemektedir. Önümüzdeki yıllarda dünyada elektrik talebinin toplam enerji talebinden altı kat daha hızlı büyümesi beklenmektedir (IEA, 2025b). Enerji talep hizmetlerinde elektrik enerjisi kullanımında artış, fosil yakıt girdisine sahip yanma teknolojilere kıyasla yüksek verim avantajları getirmektedir. Nihai enerji tüketicisi sektörlerde güçlü elektrifikasyon trendi, fosil yakıt ikamesi sağlarken aynı zamanda enerji talebinde artış hızını düşürecektir. Ulaşımda, sanayide ve binalarda temiz elektriğe dayanan elektrifikasyon, fosil yakıtların ikamesiyle emisyonlarda düşüş hedeflerini de desteklemektedir. Küresel elektrik üretiminin 2050 yılına kadar iki-üç kat artış göstermesi beklenmektedir (IEA, 2024d).

2.2.4. Teknolojik Gelişim, Tedarik Zincirleri, Ticaret ve Rekabet

Sürdürülebilir bir enerji dönüşümü, enerji teknolojilerinde sürekli gelişimi gerektirmekte, enerji sisteminde elektrifikasyon ve temiz enerji teknolojilerinde yaygınlaşma, enerji güvenliğinin kapsamını hidrokarbonların ötesinde kritik mineraller, malzemeler ve ilgili tedarik zincirlerine uzanan geniş bir düzleme taşımaktadır. Son dönemde enerji teknolojilerinde gelişim ve yerleşme yarışı hız kazanmakta, enerji ve ticaret kesişiminde gelişen yeni dinamikler, enerji teknolojilerinde performans ve maliyet iyileşmeleri sağlanması yönünde rekabetçiliği güçlendirmektedir. Enerji sisteminin temiz enerji dönüşümü için kritik olan bileşenlerine ilişkin son gelişmeler değerlendirildiğinde, elektrikli araçlar ve güneş enerjisinden elektrik üretimi teknolojilerinin net-sıfır emisyon patikasıyla uyumlu gelişim kaydettiği, diğer teknoloji başlıklarında ise gelişim düzeylerinin henüz yetersiz olduğu ve teknolojilerin gelişiminde ve ticarileşmesinde daha fazla çabaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir⁶ (Tablo 2.1) (IEA, 2023b).

Şekil 2.14. Küresel Nihai Enerji Tüketiminde Elektrifikasyon Gelişimi (2023, 2030, 2050, %,EJ)



Kaynak: IEA, 2024

⁶ Tracking Clean Energy Progress

Tablo 2.1. Temiz Enerji Dönüşümünün Kritik Bileşenlerindeki Gelişim Düzeyinin Değerlendirilmesi

Enerji Sistemi Bileşenleri		● Petrol ve Doğalgaz Tedariki	
Enerji Verimliliği	●	Metan Emisyonlarının Azaltılması	●
Davranış Değişiklikleri	●	Baca Gazı Yakma	●
Elektrifikasyon	●	● Düşük Emisyonlu Yakıtlar	
Yenilenebilir Enerji	●	Biyoyakıtlar	●
Biyoenerji	●	● Ulaşım	
Hidrojen	●	Otomobiller	●
Karbon Yakalama, Depolama ve Kullanma	●	Kamyonet ve Otobüsler	●
İnovasyon	●	Demiryolu Ulaşımı	●
Uluslararası İş Birlikleri	●	Havayolu Ulaşımı	●
Dijitalizasyon	●	Uluslararası Deniz Taşımacılığı	●
Kapsayıcı Teknolojiler ve Altyapı		Elektrikli Araçlar	●
Karbon Taşıma ve Depolama	●	● Sanayi	
Karbon Yakalama ve Kullanma	●	Demir Çelik	●
Biyoenerji ile Karbon Yakalama ve Depolama	●	Kimyasallar	●
Doğrudan Hava Yakalama	●	Çimento	●
Elektrolizörler	●	Alüminyum	●
Bölgesel Isıtma	●	Kâğıt	●
Veri Merkezleri ve Veri İletim Ağları	●	Hafif Sanayi	●
● Elektrik		● Binalar	
Kömür	●	Isıtma	●
Doğalgaz	●	Soğutma	●
Güneş	●	Aydınlatma	●
Rüzgar	●	Elektrikli Ev Aletleri	●
Hidroelektrik	●	Yalıtım	●
Talep Tarafı Katılımı	●	Isı Pompaları	●
Nükleer Enerji	●	●	Gelişimi Hedeflerle Uyumsuz
Şebeke Tipi Batarya Enerji Depolama	●	●	Daha Fazla Çaba Gerekli
Akıllı Şebekeler	●	●	Gelişimi Hedeflerle Uyumlu

Kaynak: IEA, 2023

Enerji ve hammadde girdi maliyetleri, güçlü ve esnek enerji üretim ve taşıma altyapıları, enerjide küresel rekabetçilik bakımından önemini korumakta, yeni sanayi ve ticaret dinamikleri içerisinde tedarik zincirlerinde yerleşme, çeşitlendirme ve güvenilirlik arayışları enerjide rekabetçi büyüme için daha kritik konuma gelmektedir. Enerjide küresel rekabet dinamiklerini şekillendiren bir diğer önemli faktör ise ülkelerin inovasyon, Ar-Ge ve insan kaynağı yetkinlikleridir (Şekil 2.15). Japonya, ABD, Çin, Almanya ve Güney Kore'nin patent başvurularında öne çıktığı görülmektedir. Temiz enerji teknolojileri başlıklarında yapılan patent başvurularında da söz konusu beş ülkenin liderliklerini sürdürdüğü görülmektedir. Çin, temiz enerji teknolojileri üretiminde olduğu gibi, enerji patent başvurularında da payını artırmaya devam etmektedir.

Güneş, rüzgâr, elektrikli araç, batarya depolama, elektrolizör ve ısı pompası teknolojilerinin küresel piyasa hacmi 2015 yılından bu yana yaklaşık dört kat artış kaydetmiştir (2023 yılında 700 milyar \$). Bu değer 2035 yılına kadar üç kat artış göstermesi, Çin'in pazar liderliğini koruması beklenmektedir (Şekil 2.16) (IEA, 2024b). Çin, altı temel temiz enerji teknolojisinin tamamı ve tüm üretim aşamaları için en düşük yatırım maliyetine sahiptir. Çin'in temiz enerji teknolojisi ithalat değerinin 2035 yılı itibarıyla 350 milyar \$'ı aşacağı öngörülmektedir (Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri'nin 2024 yılı petrol ihracatına eşdeğer) (IEA, 2024b).

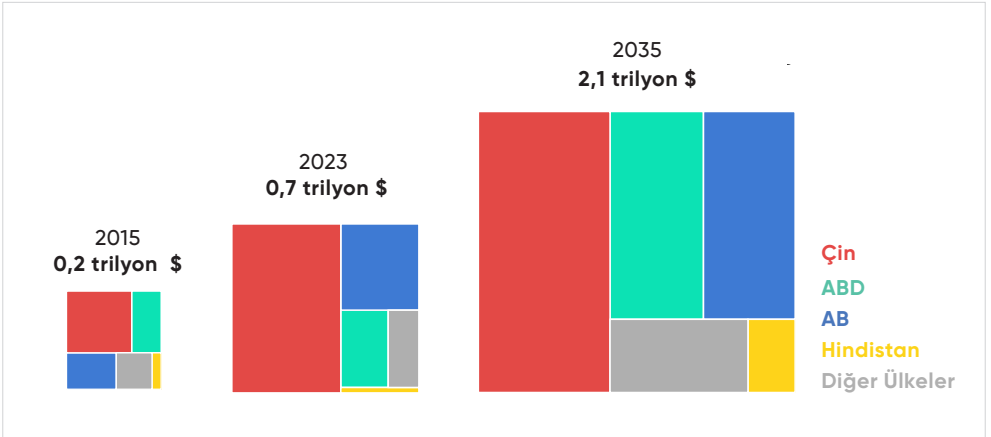
Dünyanın farklı bölgelerinde yeni temiz enerji teknoloji yatırımları açıklanmaya devam etmekle birlikte, üç büyük oyuncunun gelecek yıllarda da temiz enerji teknolojilerinin imalatında baskın rollerini sürdürmesi beklenmektedir. Duyurulan tüm projeler hayata geçirilirse, 2030 yılında Çin, AB ve ABD'nin söz konusu altı temiz enerji teknolojisinin toplam üretim kapasitesinin %80'ine sahip olması beklenmektedir (Şekil 2.17) (IEA, 2024b). Temiz enerji teknolojilerinin hızla yaygınlaşmasıyla, kritik minerallere olan talep de hızlı bir yükseliş trendine girmiştir. Kritik minerallere yönelik talepte güçlü büyüme, lityum talebinde %30, nikel, kobalt, grafit ve nadir toprak elementlerine yönelik talepte %8-15 artış ile kendisi göstermiştir. Temiz enerji teknolojilerinin fosil yakıt kullanan alternatiflerine göre malzeme yoğun üretim süreçleri içermekte oluşu, kritik mineraller ve tedarik zincirlerinin gelişen önemini göstermektedir. Örneğin elektrikli araçlar, içten yanmalı alternatiflere kıyasla üç kat daha fazla mineral talep etmektedir (Şekil 2.18) (IEA, 2021).

Şekil 2.15. Enerjide Küresel Rekabetçiliğin Temel Bileşenleri



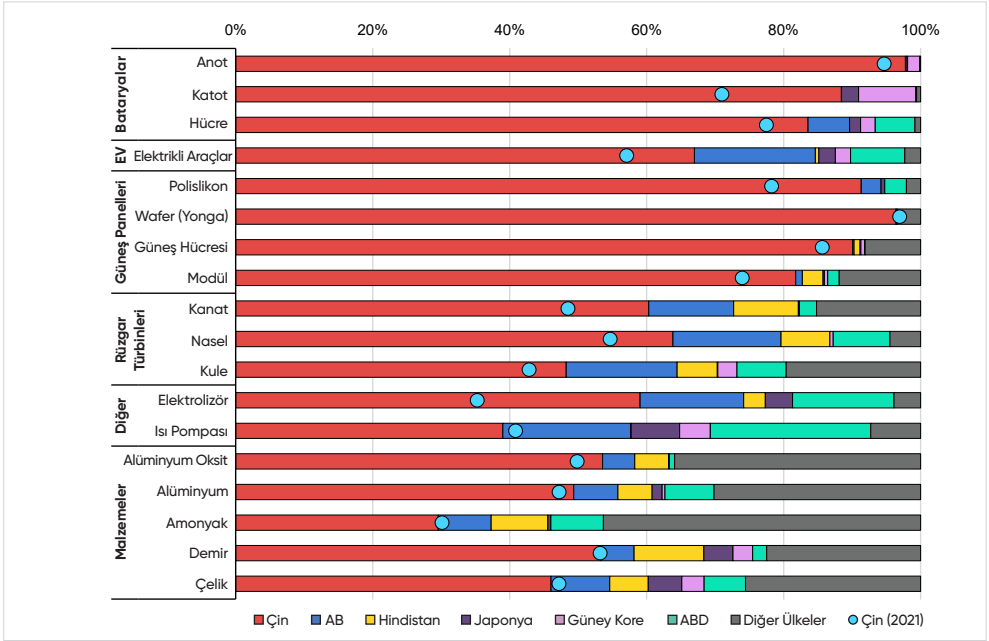
Kaynak: IICEC analizleri

Şekil 2.16. Temiz Enerji Teknolojilerinin Toplam Piyasa Değeri Gelişimi
(2015, 2023, 2035, trilyon \$)



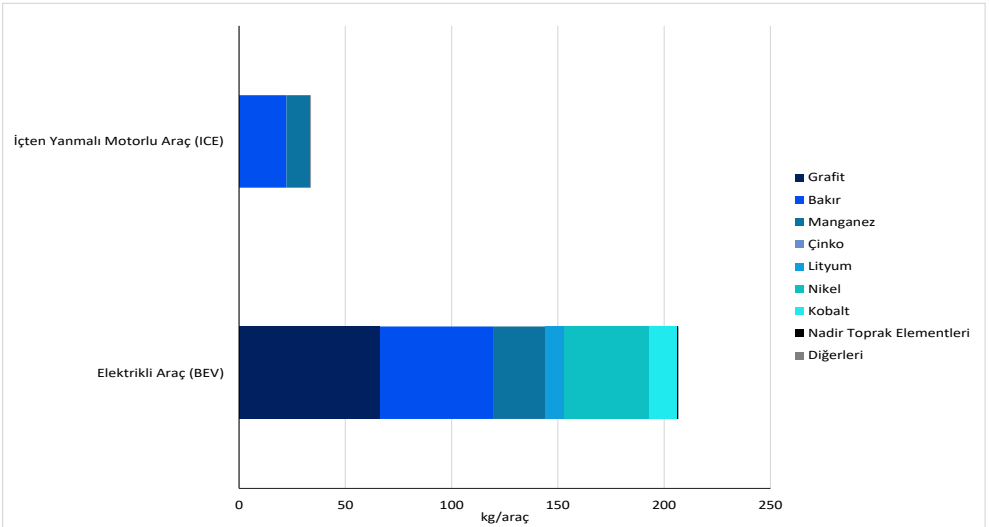
Kaynak: IEA, 2024

Şekil 2.17. Temiz Enerji Teknolojileri İmalatında Bölgesel Yoğunluk (2024, %)



Kaynak: IEA, 2024

Şekil 2.18. Elektrik Araçlar ve İçten Yanmalı Araçların Mineral İhtiyacı Karşılaştırması (kg/araç)



Kaynak: IEA, 2021

2.2.5 Güçlenen Enerji ve Dijitalleşme Etkileşimleri

Dijitalleşme ekonominin tüm alanlarında olduğu gibi enerji sektöründe de hızla yaygınlaşmaktadır. İleri veri analitiği, yapay zeka, makine öğrenmesi gibi yeni alanlarda hızlı gelişmeler, enerji değer zincirinde veri ve dijitalleşme üzerinden daha fazla değer yaratılması yönünde yeni iş modellerine zemin oluşturmaktadır. Dijitalleşme ve ileri veri analitiği uygulamaları, binalarda akıllı sistemler ve enerji yönetimi, sanayide üretim ve proses optimizasyonu, yenilenebilir enerji kaynaklarında ve şebekelerde yatırım ve işletim planlamaları gibi pek çok alanda verimli kaynak yönetimini, enerji verimliliğini ve enerji dönüşümünü güçlendirmektedir. Yapay zeka teknolojilerinde gelişmeler, iklim ve hava durumu tahminlerinden yenilikçi batarya malzeme teknolojilerinin geliştirilmesine kadar çok geniş bir spektrumda yaygın kullanım potansiyeli içermektedir (ICL, 2020; IEA, 2024f ; MIT, 2023; WEF, 2024).

Yapay zeka kullanımındaki yaygınlaşma, yeni veri merkezlerinde yatırım ivmesi oluşturmaktadır. Yapay zeka ile elektrik sektörü dinamikleri arasında oldukça güçlü etkileşimler gelişmektedir (IEA, 2023c). Geçmişte ağırlıklı olarak fosil yakıtlara, merkezi planlamaya ve büyük ölçekli üretim birimlerine dayanan elektrik sistemi mimarisi, arz tarafında yenilenebilir enerjide, özellikle rüzgâr ve güneş enerjisinde, hızlı büyüme ile birlikte dönüşürken, elektrikli araçlarda yaygınlaşma, ısı pompası çözümleri ile birlikte veri merkezlerinde büyüme elektrik talebinde de çok yönlü ve değişken dinamikler geliştirmektedir. Ortalama bir yapay zeka veri merkezi, 100.000 hanenin tüketimine eşdeğer elektrik talep etmektedir (IEA, 2025c). Büyük veri merkezleri ise, elektrik ark ocaklı bir çelik üretim tesisi kadar elektrik tüketmektedir. 100 MW üzeri güç talep eden veri merkezlerinin yıllık elektrik talebi, 350.000-400.000 elektrikli arabaya eşittir (IEA, 2024g). Daha sürdürülebilir ve teknoloji-odaklı bir gelecek perspektifinde, yapay zekave dijitalleşme yoluyla sağlanabilecek enerji verimliliği kazanımlarının, ilgili elektrik ve buna bağlı kaynak tüketimlerinin etkisinin üzerinde olması hedeflenmektedir.

Referanslar

- European Commission (2024), Copernicus Global Climate Highlights 2024
<https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>
- Imperial College London (ICL) (2020), Energy Futures Lab, Digitalisation of Energy
<https://spiral.imperial.ac.uk/server/api/core/bitstreams/cdca31be-e9c1-4107-bd33-64d8c709bd51/content>
- International Energy Agency (IEA) (2021), The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions
<https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
- International Energy Agency (IEA) (2022), Climate Resilience Policy Indicator
<https://www.iea.org/reports/climate-resilience-policy-indicator>
- International Energy Agency (IEA) (2023a), World Energy Outlook 2023
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023/secure-and-people-centred-energy-transitions>
- International Energy Agency (IEA) (2023b), Clean Energy Progress 2023
<https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-progress-2023>
- International Energy Agency (IEA) (2023c), Why AI and energy are the new power couple
<https://www.iea.org/commentaries/why-ai-and-energy-are-the-new-power-couple>
- International Energy Agency (IEA) (2024a), Energy Security
<https://www.iea.org/topics/energy-security>
- International Energy Agency (IEA) (2024b), Energy Technology Perspectives 2024
<https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024c), CO₂ Emissions 2023
<https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>
- International Energy Agency (IEA) (2024d), World Energy Outlook 2024
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024e), World Energy Investment 2024
<https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024f), How will artificial intelligence transform energy innovation?
<https://www.iea.org/commentaries/how-will-artificial-intelligence-transform-energy-innovation>

- International Energy Agency (IEA) (2024g), What the data centre and AI boom could mean for the energy sector
<https://www.iea.org/commentaries/what-the-data-centre-and-ai-boom-could-mean-for-the-energy-sector>
- International Energy Agency (IEA) (2025a), Summit on the Future of Energy Security
<https://www.iea.org/events/summit-on-the-future-of-energy-security>
- International Energy Agency (IEA) (2025b), The Path to a New Era for Nuclear Energy
<https://www.iea.org/reports/the-path-to-a-new-era-for-nuclear-energy>
- International Energy Agency (IEA) (2025c), IEA Executive Director addresses world leaders on crucial AI-energy nexus at international summit chaired by France and India
<https://www.iea.org/news/iea-executive-director-addresses-world-leaders-on-crucial-ai-energy-nexus-at-international-summit-chaired-by-france-and-india>
- International Panel on Climate Change (IPCC) (2023), Sixth Assessment Report (AR6)
<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>
- Massachusetts Institute of Technology (MIT) (2023) Technology Review , Digital technology: The backbone of a net-zero emissions future
<https://www.technologyreview.com/2023/03/08/1069473/digital-technology-the-backbone-of-a-net-zero-emissions-future/amp/>
- Sabancı University İstanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2022), Türkiye Yenilenebilir Enerji Görünümü
<https://iicec.sabanciuniv.edu/treo>
- World Economic Forum (WEF) (2024), Why a digital and AI-first approach is the fastest path to net-zero buildings
<https://www.weforum.org/stories/2024/01/why-a-digital-and-ai-first-approach-is-the-fastest-path-to-net-zero-buildings/>
- World Meteorological Organization (WMO) (2024), Greenhouse gas concentrations surge again to new record in 2023
<https://wmo.int/news/media-centre/greenhouse-gas-concentrations-surge-again-new-record-2023>
- World Meteorological Organization (WMO) (2025), State of the Global Climate 2024
<https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>
- Yalew et al., (2020), Impacts of Climate Change on Energy Systems in Global and Regional Scenarios, Nature Energy, Volume 5, October 2020
<https://www.nature.com/articles/s41560-020-0664-z>

BÖLÜM 3:

Enerji Verimliliğine Küresel & Bölgesel Bakış

3.1. Enerji Verimliliğinde Önemli Gelişmeler, Hedefler ve Gelecek Perspektifi

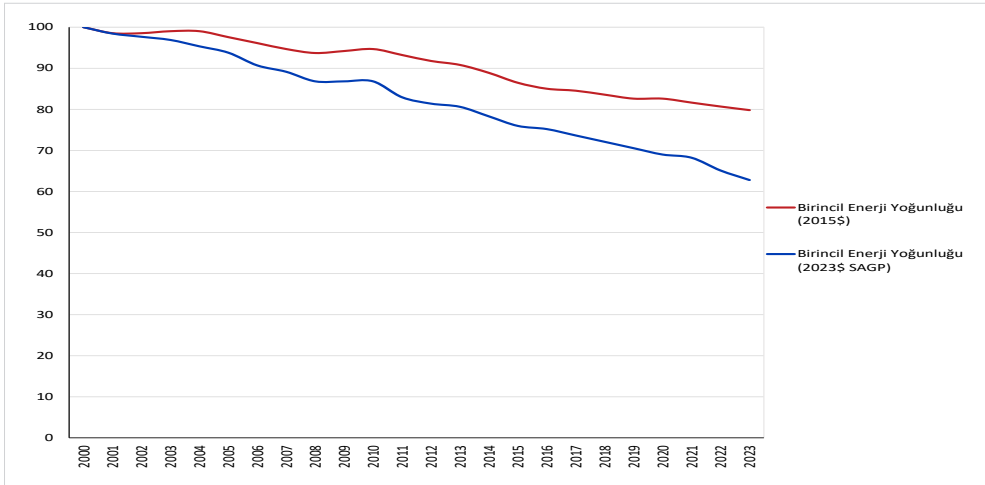
Enerji verimliliği, enerji güvenliğinin güçlendirilmesi, iklim risklerinin azaltılması ve rekabetçi enerji hedeflerine ulaşılabilmesi bakımından küresel ölçekte en önemli fırsat alanlarından birisini oluşturmaktadır. Enerjinin verimli arzı ve tüketimi, sadece enerji ve iklim politikaları kapsamında değil, aynı zamanda çok yönlü ekonomik ve sosyal kalkınma amaçlarına ulaşılabilmesi yönünde de güçlü potansiyel içermektedir. Enerjide verimli büyüme, sunduğu çok yönlü faydalar yoluyla daha güvenli, temiz ve sürdürülebilir enerji geleceğini desteklemektedir. Özellikle enerjide ithalata dayalı, modern enerjiye talebi büyüyen enerji piyasalarında verimli enerji çözümlerinin, enerji maliyetlerinin öngörülebilirliği ve yönetimini de güçlendiren kritik bir unsur olduğu bilinmektedir. Özellikle enerji arz güvenliği bakımından risklerin güçlendiği dönemlerde, enerjinin değeri ve maliyeti yükselirken daha verimli tüketime yönelim artmakta ve ekonomilerin enerji yoğunluğu performansı iyileşmektedir (Şekil 3.1) (IEA, 2019; IEA, 2024a).

Şekil 3.1. Enerji Verimliliğinin Çok Yönlü Faydaları



Enerji yoğunluğu, sektör bazında verimlilik göstergeleri ve talep hizmetleri odaklı birim enerji tüketimi göstergeleri, enerji verimliliğini ölçmede kullanılan veri ve analiz bazlı temel araçlardır (IAEA, 2005). Enerji yoğunluğu, ekonominin enerji verimliliğini ölçmek için kullanılan en genel gösterge olup, enerji tüketiminin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'ya (GSYİH) oranı ile gösterilmektedir. Bu gösterge, geniş ölçekte bir ekonomide büyüme ve enerji talebi arasındaki ilişkinin incelenmesini sağlamaktadır (IEA, 2024b). Küresel ölçekte enerji yoğunluğundaki azalma, dünya genelinde ekonomik çıktı artarken birincil enerji tüketiminde büyüme hızının buna kıyasla daha düşük olduğunu göstermektedir. Enerji yoğunluğu aynı zamanda Satın Alma Gücü Paritesi (SAGP) bazlı GSYİH verileri kullanılarak da hesaplanabilmektedir. Küresel enerji yoğunluğunda 2000-2023 yılları arasında GSYİH bazında yaklaşık %20, SAGP bazlı GSYİH bazında ise yaklaşık %40 azaltım kaydedilmiştir (Şekil 3.2) (IEA, 2025).

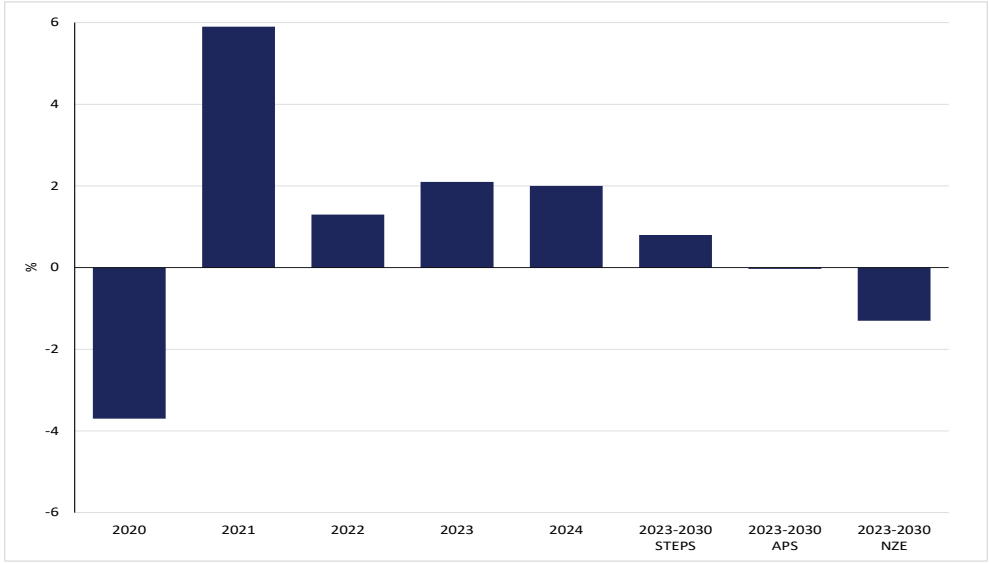
Şekil 3.2. Dünya Enerji Yoğunluğu Değişimi (2000-2023, 2000=100)



Kaynak: IEA, 2025

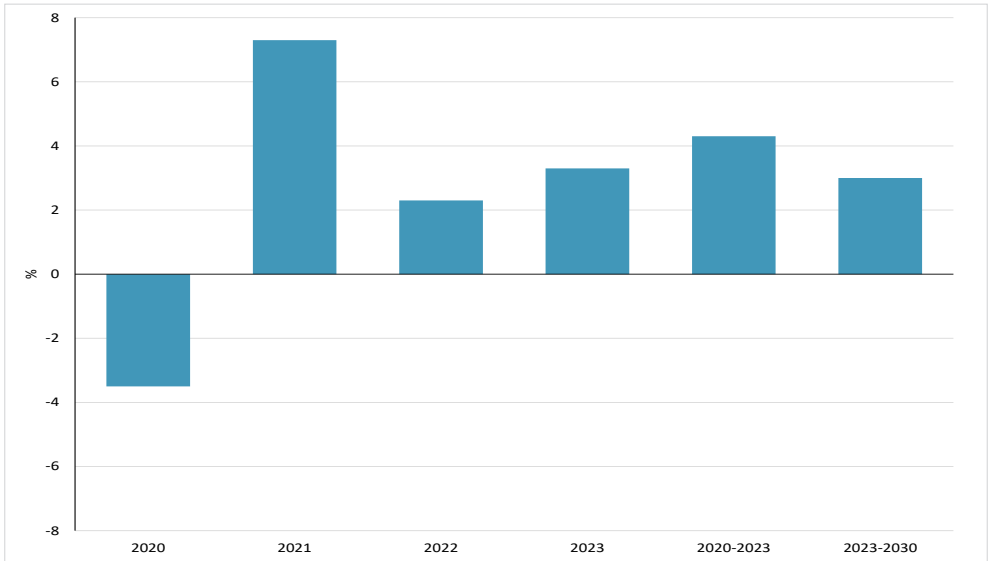
2020 yılında küresel enerji arzı, Covid-19 pandemisi kaynaklı ekonomik daralma ve enerji talebindeki sert düşüş nedeniyle yaklaşık %4 oranında küçülmüştür. 2021 yılında ise ekonomik toparlanmayla birlikte %6'lık güçlü bir büyüme yaşanmış, ardından 2022 yılında yaklaşık %1'e gerilemiştir. 2023 ve 2024 yıllarında birincil enerji arzı büyümesi yaklaşık %2 olarak kaydedilmiş olup, bu gelişmeler dünya enerji talebindeki artışın sürdüğünü göstermektedir. Küresel ekonomi, 2020 yılında Covid-19 pandemisi nedeniyle yaşanan sert ekonomik daralma sonucu küçülmüş ve dünya GSYİH'sı bir önceki yıla yaklaşık %4 oranında gerilemiştir. 2021 yılında ise toparlanma sürecine girilmiş ve küresel ekonomi %7 büyüme kaydetmiştir. 2022 yılında bu büyüme hızı yavaşlamakla birlikte %3 seviyesinde artış gerçekleşmiştir. 2023 yılında küresel GSYH büyüme oranı yine yaklaşık %3 olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4) (World Bank, 2025; IEA, 2024b).

Şekil 3.3. Küresel Birincil Enerji Arzı Yıllık Değişimi ve Gelecek Perspektifi (2020-2030, %)



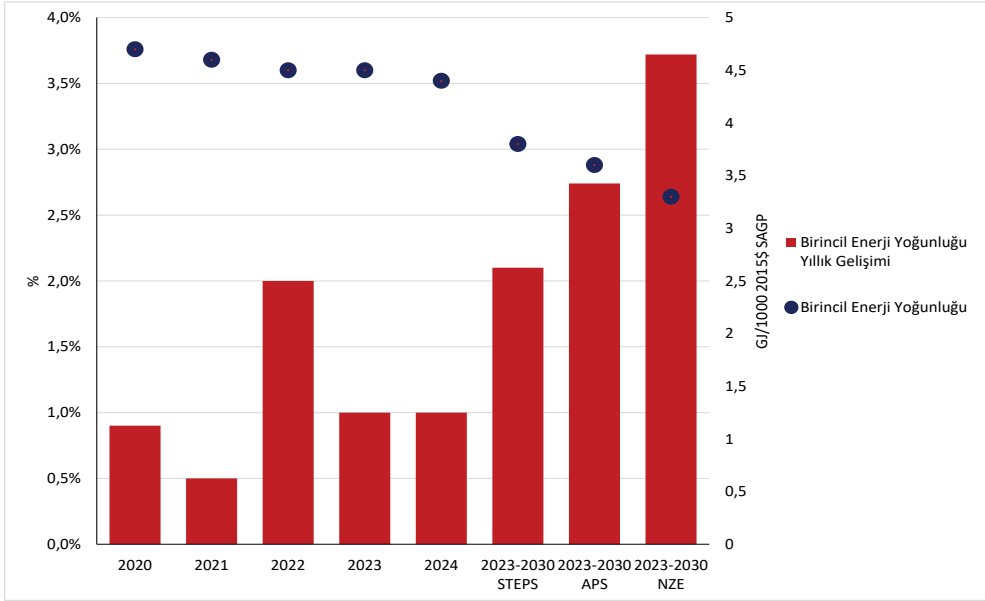
Kaynak: IEA, 2024

Şekil 3.4. Küresel GSYH'nin Yıllık Değişimi ve Gelecek Perspektifi (2020-2030, %)



Kaynak: IEA, 2024

Şekil 3.5. Dünya Birincil Enerji Yoğunluğu ve Enerji Yoğunluğu Seviyeleri Değişimi (2020-2030, %, MJ/bin 2023\$ SAGP)



Kaynak: IEA, 2024

2024 yılı itibarıyla küresel enerji yoğunluğu iyileşme oranı yaklaşık %1 seviyesinde gerçekleşmiş olup, bu oran 2023 ile aynı düzeydedir. Enerji yoğunluğu iyileşme hızında 2022 yılında kaydedilen %2 gelişim ile kıyaslandığında önemli yavaşlama görülmektedir. 2020-2024 döneminde enerji yoğunluğu iyileşme oranı yıllık ortalama yaklaşık %1 seviyesinde gerçekleşmiştir. COP28 Zirvesi'nde belirlenen, 2030 yılına kadar küresel enerji verimliliği artış hızını iki katına çıkararak enerji yoğunluğunu yılda %4 azaltmak hedefi ile karşılaştırıldığında, mevcut ilerleme hızının yetersiz olduğu görülmektedir (IEA, 2024b).

IEA tarafından, enerji verimliliğinin ana odaklardan biri olarak gösterildiği "COP28 Tam Uygulama Senaryosu", net sıfır emisyon hedefleriyle uyumlu yol haritası kapsamında 2030 yılına kadar petrol ve doğal gaz talebindeki azalmaların büyük ölçüde enerji verimliliği ve elektrifikasyon önlemlerinden kaynaklanacağını öngörmektedir. Petrol talebindeki azalmanın yaklaşık %40'ı yenilenebilir enerji kaynaklarının ve düşük emisyonlu yakıtların yaygınlaşmasından, %30'u elektrifikasyon adımlarından, %2'si teknik verimlilik önlemlerinden ve kalan %10'u ise davranışsal değişikliklerden sağlanabilecektir. Elektrikli araçlara geçiş, özellikle bireysel ve ticari ulaşım segmentlerinde büyük bir etki yaratırken, ağır vasıta araçlarında yakıt verimliliğinin artırılması ve yakıt tüketimini optimize eden yeni motor teknolojileri de petrol talebindeki düşüşe önemli katkı sunacaktır (IEA, 2024c; IEA, 2024d).

Benzer şekilde, doğal gaz talebindeki azalmanın yaklaşık %35'i elektrifikasyon adımlarından, %25'i yenilenebilir enerjiye geçiştten, %20'si teknik verimlilik önlemlerinden ve %20'si davranışsal değişikliklerinden sağlanabilecektir. Bu kapsamda enerji verimliliğinde yaygınlaşma, fosil yakıt tüketiminde küresel karbon emisyonlarını azaltmada en büyük katkıyı sağlayacak faktörlerden birisi olarak öne çıkmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) kapsamlı analizlerine göre, 2030 yılına kadar gerçekleşmesi hedeflenen emisyonu azaltımının asgari %35'lik bölümü enerji verimliliği iyileşmeleri ile sağlanabilecektir (IEA, 2024c).

3.2. Enerji Verimliliğine Sektörel Bakış: Kritik Gelişmeler ve Fırsat Alanları

Enerji verimliliğinde tüm tüketici sektörlerde önemli potansiyel ve gelişim alanları bulunmaktadır. Binalar sektörü, küresel nihai enerji tüketiminin %28'ini oluşturarak enerji verimliliği açısından kritik bir Binalarda enerji yoğunluğu 2010-2023 yılları arasında yıllık ortalama %1-2 oranında iyileşmiştir. NZE Senaryosunda, binalarda enerji yoğunluğunun yıllık ortalama %4 düşürülmesi hedeflenmektedir. Sanayide enerji yoğunluğunda da aynı dönemde yıllık ortalama %1-2 iyileşme kaydedilmiştir. NZE Senaryosunda sanayide enerji yoğunluğunun yıllık ortalama yaklaşık %3 oranında azalması beklenmektedir (IEA, 2024c). Ulaştırma sektöründe de benzer trendler çerçevesinde verimlilik performansında önemli artışlar sağlanabilmesi gerekmektedir.

Bu çerçevede, binalarda yalıtım performansının gelişimi, elektrikli ev aletleri ve ekipmanlarında verim artışları, sanayide ısı süreçler ve elektrik motor sistemleri gibi enerji yoğunluğu yüksek alanlarda verimlilik, ısı taleplerinin karşılanmasında ısı pompası çözümleri, ulaşımда elektrifikasyon, enerji yoğunluğu yüksek karayolu ulaşımından verimli alternatiflere geçiş, yakıt ekonomisinde iyileşmeler, toplu taşıma altyapıları, tüm bunlara ek olarak sektörler genelinde verim-odaklı dijitalleşme, yenilikçi finansman ve iş modellerini içeren geniş bir spektrumda yaygın ilerlemeler sağlanabilmesi gerekmektedir¹.

Enerji verimliliğinde iyileşmeler için kritik başarı faktörleri, politika ve stratejiler yoluyla öngörülebilirlik, yatırım ortamında gelişim ve yatırım portföylerinde büyüme, enerji tüketicisi farkındalığında artışlar, verimli enerji teknolojilerinde ilerlemeler ve dijitalleşmedir (Detaylar için lütfen Bölüm 8'e bakınız).

¹ Detaylar için bakınız: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024>

3.3. Enerji Verimliliği Politikalarında Öne Çıkanlar

Son dönemde enerji güvenliğinde gelişen yeni riskler, aşırı iklim olaylarında artışlar, enerji maliyetlerinin ekonomiler üzerindeki etkileri gibi çok yönlü dinamikler, enerji verimliliğinin kritik önemini artırmaktadır. Bu çerçevede, dünya genelinde enerji verimliliği alanında geliştirilen politikaların ve düzenlemelerin sayısı ve çeşitliliği de hızla artmaktadır. 2024 yılında, yeni veya güncellenmiş enerji verimliliği politikalarına işlerlik kazandıran ülkeler, küresel enerji talebinin %70'inden fazlasını oluşturmaktadır. Verimsiz performans gösteren ekipmanların piyasadan kaldırılmasına destek olan minimum enerji performans gereksinimleri² ve ürünlerin enerji performansı hakkında bilgi sağlayarak tüketicilere bilinçli satın alma yapmaları konusunda yönlendirici enerji verimliliği etiketleri pek çok ülkede uygulamaya konulmaya devam edilmektedir (Şekil 3.6) (IEA, 2024c).

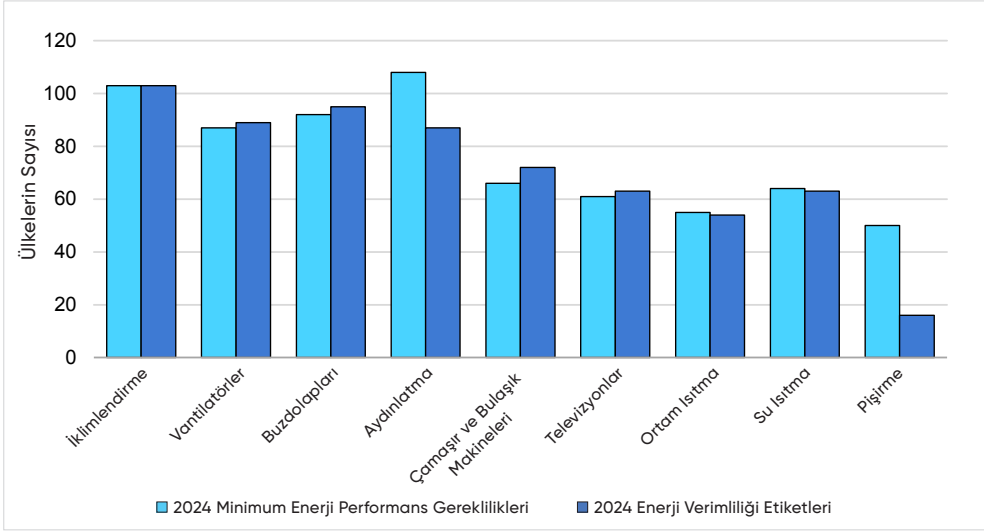
Bu kapsamda büyük ekonomiler içerisinde bazı örnekler, AB tarafından 2050 yılına kadar sıfır emisyonlu bina stokuna ulaşmak için mevcut binaların yenilenmesini teşvik edecek önlemlerin açıklanması, Çin'in elektrikli ev aletleri verim standartlarını güncellemesi, ABD'nin ağır ticari araçlar için yakıt ekonomisi standartlarını güncellemesidir. Geçtiğimiz on yıl içerisinde, dünya genelinde otuz üç ülkede minimum enerji performans gereksinimleri geliştirilmiştir. 2024 yılında on üç ülke minimum enerji performans standartlarını güncelleyerek verim kriterlerini yükseltmiştir. Paris Anlaşması'na taraf olan 195 ülke, ulusal katkı beyanlarını (NDC)³ sunmaya devam etmektedir. 190 ülkenin ulusal planlarında enerji verimliliği eylemlerine somut şekilde yer verilmektedir. Genel olarak tüm bölgelerde enerji verimliliği odağının güçlendiği tespit edilmektedir (Şekil 3.7) (IEA, 2024c).

IEA tarafından 2024 yılında, COP toplantılarında alınan önemli kararlardan biri olan, 2030 yılına kadar her yıl enerji verimliliğindeki küresel ortalama yıllık iyileşme oranını %4'e çıkarma hedefi kapsamında enerji verimliliğine yönelik eylemleri hızlandırmak amacıyla atılması gereken adımlara rehber niteliğinde önemli bir çalışma yayımlanmıştır (IEA, 2024e; IEA, 2024f). Etkin enerji verimliliği politikalarının üç ana mekanizmasını regülasyon çerçevesi, farkındalık ve bilinç artışları ve yatırımlar ve finansal teşvikler oluşturmaktadır.

² Minimum Enerji Performans Gereksinimleri, enerji tüketen cihazların ve ekipmanların ticari amaçlarla satışa sunulmadan ve kullanılmadan önce karşılaması gereken asgari enerji verimliliği performansı seviyesini belirlemektedir.

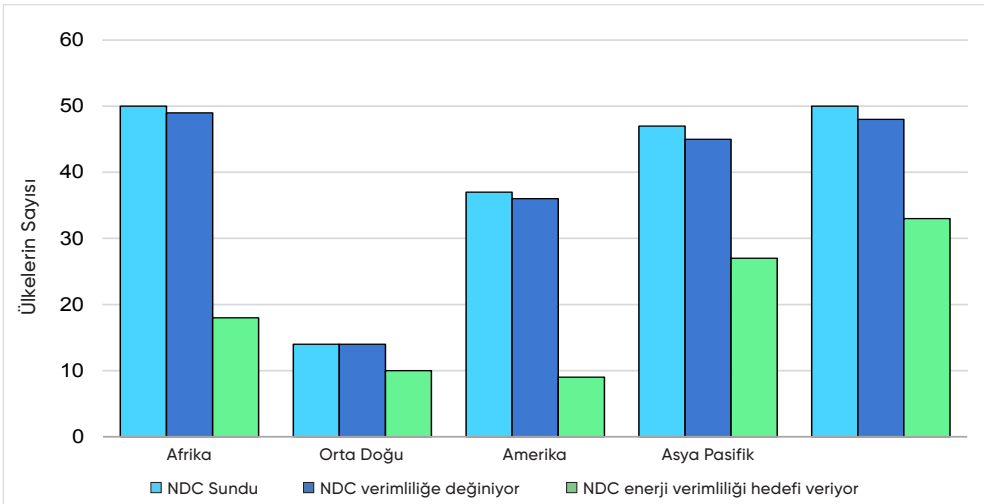
³ Nationally Determined Contributions

Şekil 3.6. Dünyada Bazı Cihazlar İçin Enerji Performans Gereklilikleri ve Enerji Verimliliği Etiketleri Uygulayan Ülkelerin Sayısına Bakış (2024)



Kaynak: IEA, 2024

Şekil 3.7. Ulusal Katkı Beyanlarında Enerji Verimliliği Hedefi Koyan Ülkeler (2024)



Kaynak: IEA, 2024

Düzenleyici çerçeveler ve mevzuat, düşük enerji verimliliği performansı gösteren ekipman ve uygulamaların piyasadan çıkarılmasını, ortalama verimlilik seviyelerinin yükseltilmesi ve performans ölçümleri kurallarının belirlenmesi gibi başlıklarda etkin şekilde uygulanabilmektedir. Enerji tüketiminde farkındalık ve bilinç artışları, tüketicilerin enerjinin değerini gözeterek verimli davranış değişiklikleri sağlamasına zemin oluşturmaktadır. Finansal teşvikler yoluyla verimli seçenekler piyasa koşullarında daha cazip konuma getirilerek, cihazların, binaların ve araçların yenilenmesi ve değiştirilmesi süreçlerine hız kazandırmaktadır. Uygun teşvikler, geniş ölçekte sürdürülebilirliği sağlayan modern teknolojilerin daha fazla kullanımını da teşvik etmektedir (Şekil 3.8).

Şekil 3.8. Enerji Verimliliği Politikalarında 10 Stratejik İlke

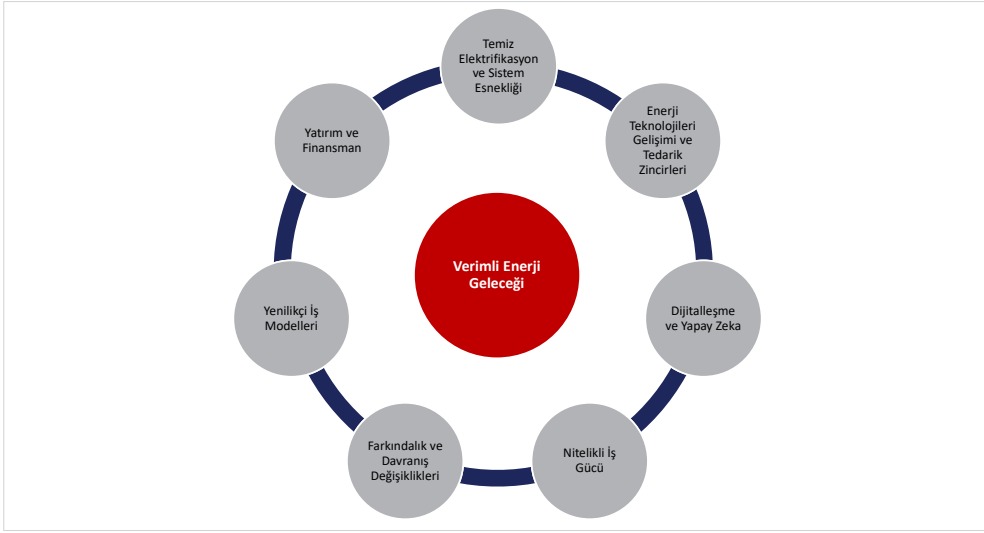
1.Ekonomik, Sosyal Ve Çevresel Fayda İçin Bütün Sektörleri Etkileyen Enerji Verimliliği Eylemlerine Öncelik Verilmesi		
2.Verimliliğin İstihdam Yaratma Potansiyelini Ortaya Çıkarmak İçin Harekete Geçilmesi		
3.Enerji Verimliliği Çözümleri İçin Daha Fazla Talep Yaratılması		
4.Enerji Verimliliğini Sağlamada Aksiyona Geçilmesini Kolaylaştırmak İçin Finansmana Odaklanması		
5.Sistem Genelinde Verimliliği Artırmak İçin Dijital İnovasyonlardan Yararlanılması		
6.Kamu Sektöründeki Uygulamalarla Diğer Sektörlere Örnek Teşkil Edilmesi		
7.Toplumun Tüm Kesimlerinin Sürece Dahil Edilmesi		
8.Daha Etkili Politikalar İçin Davranış Değişikliği Ve Farkındalık Artışından Yararlanılması		
9.Uluslararası İş Birliğinin Güçlendirilmesi		
10.Enerji Verimliliği İçin Gösterilen Çabanın Global Ölçekte Arttırılması		
Regülasyon	Farkındalık ve Bilinç	Finansal Teşvikler

Kaynak: IEA, 2024g

3.4. Daha Verimli Enerji Geleceği için Kritik Zorluklar ve Fırsatlar

Dünya genelinde enerji verimliliğinin çok yönlü enerji, ekonomi, iklim ve kalkınma faydalarının değerlendirilebilmesi için çeşitli alanlarda önemli gelişim fırsatları bulunmaktadır. Dünyanın içinden geçmekte olduğu çok yönlü enerji dönüşümü, enerjide büyümenin daha verimli ve katma değerli tüketimi, konforu ve ekonomik çıktıyı temin edecek şekilde sürdürülmesini gerektirmektedir. Enerji talep sektörlerinde ve bütüncül enerji dengesinin genelinde, yakıt ve teknoloji kompozisyonları bakımından daha verimli bir sisteme geçişin sağlanabilmesi, yatırım ve finansmandan istihdama ve yenilikçi iş modellerini, temiz enerji ve iklim teknolojilerinde gelişim ve ticarileşmeden verimli dijitalleşme çözümlerine kadar geniş bir alanda mevcut gelişim düzeylerini ileriye taşıyacak, politika, piyasa ve teknoloji gelişmeleri ile olanaklı olacaktır (Şekil 3.9).

Şekil 3.9. Daha Verimli Enerji Geleceği İçin Kritik Zorluk ve Fırsat Alanları



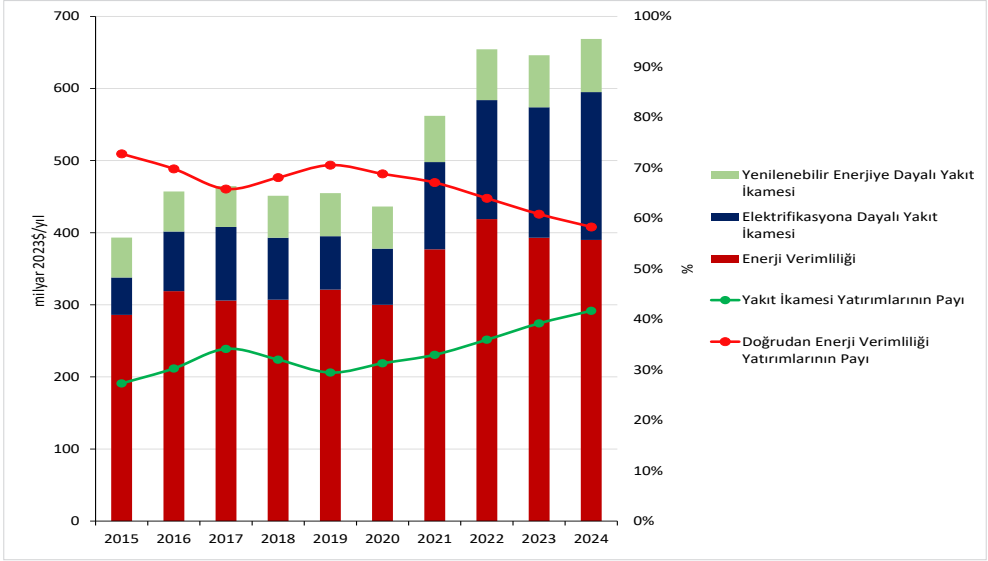
Kaynak: IICEC analizleri

3.4.1. Yatırım ve Finansman

Enerji verimliliğini güçlendiren yatırımlar, doğrudan enerji verimliliğine hizmet eden teknik uygulamalar ve elektrifikasyona ve yenilenebilir enerjiye geçişte fosil yakıt ikamesi gerçekleştiren yatırımları içermektedir. Nihai enerji tüketim sektörlerinde, doğrudan teknik enerji verimliliğine ve yakıt ikamesi sağlayan uygulamalara yapılan küresel yatırımların toplamı 2015–2024 arası dönemde bir-%70 artışla 393 milyar \$/yıl seviyesinden 669 milyar \$/yıl seviyesine ulaşmıştır. 2024 yılında yapılan yatırımların 390 milyar \$/yıl tutarını doğrudan enerji verimliliğine yapılan yatırımlar oluşturmuş, tüm nihai enerji tüketim sektörlerinde gerçekleşen elektrifikasyon ve yenilenebilir enerji yoluyla yakıt ikamesi yatırımları ise yaklaşık 280 milyar \$/yıl seviyesinde gerçekleşmiştir. 2023 yılı ile karşılaştırıldığında 2024 içerisinde toplam enerji verimliliği yatırımlarının 23 milyar \$/yıl arttığı görülürken, bu artışın büyük bölümünün elektrifikasyon yoluyla fosil yakıt ikamesi sağlayan çözümlerde gerçekleştirildiği görülmektedir. Son dönemde yakıt ikamesi yatırımlarının toplam enerji verimliliği yatırımları içindeki payının arttığı görülmektedir (Şekil 3.10) (IEA, 2024g).

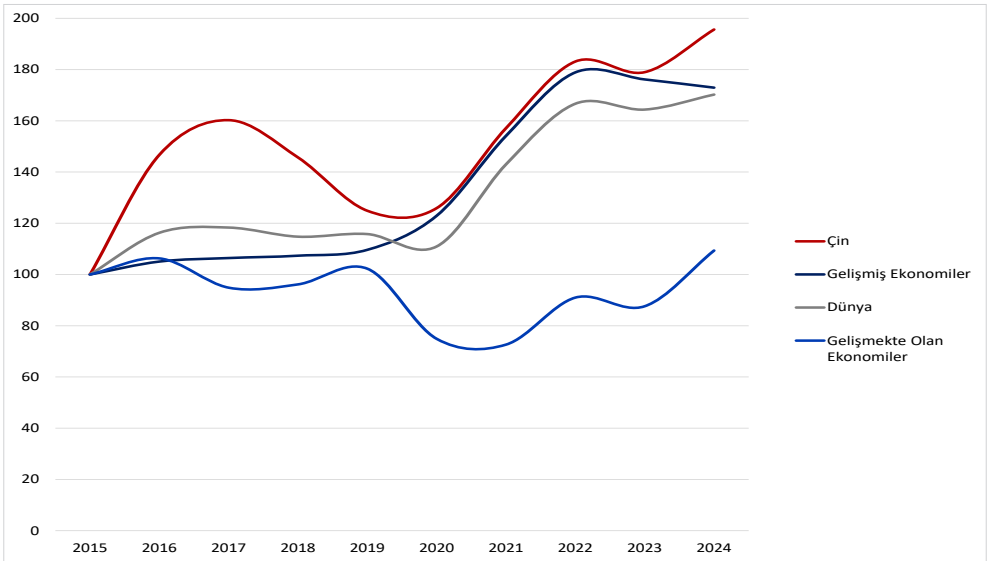
2024 yılında enerji verimliliği yatırımlarında en büyük artış gelişmekte olan ekonomilerde gerçekleşmiştir. Enerji verimliliği yatırımları Afrika'da yaklaşık %60, Orta Doğu'da yaklaşık %40, Orta ve Güney Amerika'da ise %20'den fazla artış göstermiştir. Çin ve Asya Pasifik bölgesinde ise 2024 yılında toplam enerji verimliliği yatırımları yaklaşık %10 artış göstermiştir. Gelişmiş ekonomilere değerlendirildiğinde ise toplam enerji verimliliği ve yakıt ikamesi yatırımlarında son yıllarda düşüş gözlenmektedir (Şekil 3.11) (IEA, 2024c).

Şekil 3.10. Enerji Verimliliği ve Yakıt İkamesi Yatırımları (2015–2024, Milyar 2023 \$/yıl)



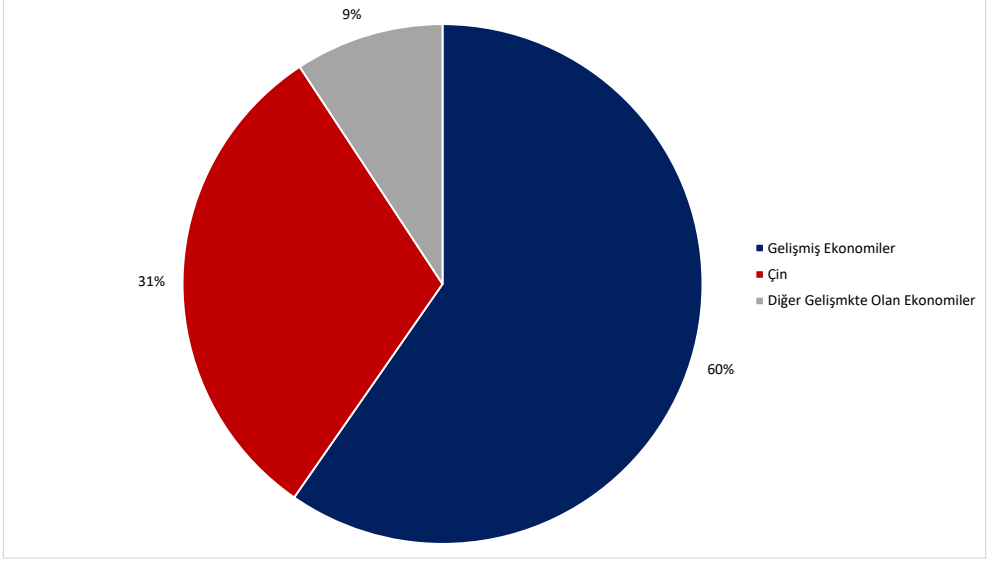
Kaynak: IEA, 2024, IICEC analizleri

Şekil 3.11. Enerji Verimliliği ve Yakıt İkamesi Yatırım Miktarında Bölgesel Trendler (2015–2024, 2015 = 100)



Kaynak: IEA, 2024, IICEC analizleri

Şekil 3.12. Küresel Enerji Verimliliği ve Yakıt İkamesi Yatırımlarında Gelişmiş Ülkeler, Çin ve Gelişmekte Olan Ülkelerin Payı (2024, %)



Kaynak: IEA, 2024

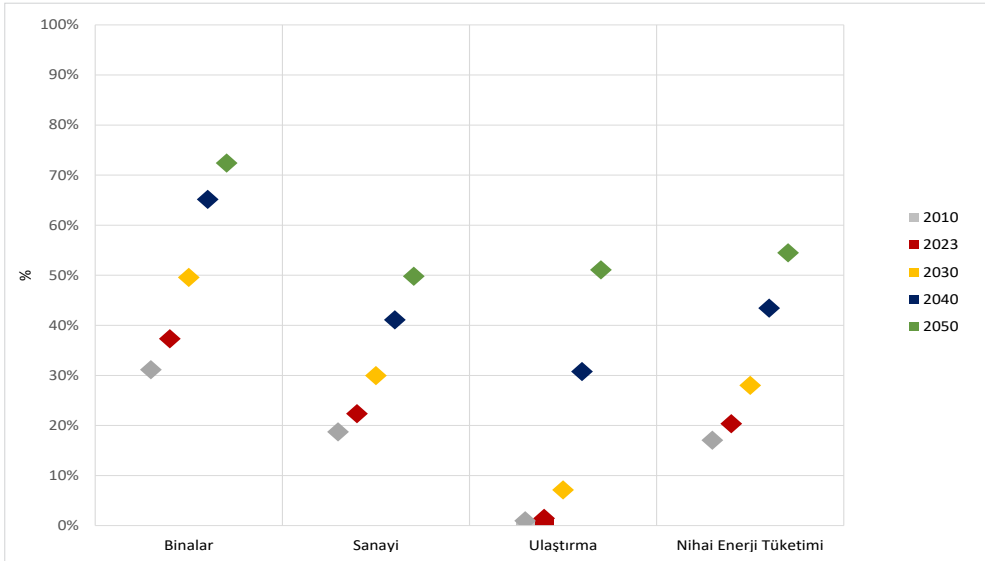
Uzun vadeli politika hedeflerinin, yönlendirici mekanizmaların ve enerji piyasalarında işleyişin yatırım potansiyelini harekete geçirecek, yatırım iklimini, finansmanını ve iş modellerini geliştirecek şekilde düzenlenmesi önemli bir zorluk ve fırsat alanıdır. Enerji verimliliğinde gelişimin IEA NZE patikası ile uyumlu olması için enerji verimliliği yatırımlarının yıllık bazda yaklaşık üç kat artışla 1,9 trilyon \$/yıl seviyesine ulaşması gerekmektedir (IEA, 2024b).

Buna ek olarak, enerji verimliliğine dayanan kazanımların küresel ölçekte daha kapsayıcı bir şekilde gelişim göstermesi gerekmektedir. Bunun için, gelişmekte olan ülkelerde de enerji verimliliği yatırımlarının mevcut seviyeye göre çok daha hızlı şekilde artırılabilmesi gerekmektedir. 2015 yılından bu yana, dünya enerji yatırımları %70'in üzerinde artış gösterirken, gelişmekte olan ülkeler grubunda artış ise %10'un altında kalmıştır. Gelişmekte olan ülkelere bu alana yapılan yatırımların küresel yatırımlar içindeki payı %16'dan %9'a gerilemiştir (Şekil 3.12) (IEA, 2024g). Gelişmekte olan ülkelere enerji verimliliği finansmanının beklenen hızda gelişmemesi, bu alana yönelik yenilikçi finansman seçeneklerinin önemini pekiştirmektedir.

3.4.2. Temiz Elektrifikasyon ve Şebeke Esnekliği

Temiz elektrifikasyon, verimlilik, enerji güvenliği, iklim güvenliği ve sürdürülebilirlik eksenlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Fosil yakıt girdisi ile çalışan teknolojilerin, ısı pompaları ve elektrikli araçlar gibi teknolojilerle ikame edilmesi, son kullanıcı sektörlerde enerji tüketimini üç ila dörtte-birine kadar düşürebilmektedir (IEA, 2024c). Önümüzdeki dönemde elektrifikasyonun küresel enerji sektörünün genelinde en güçlü trendlerden birisi olması beklenmektedir. Dünyada nihai enerji talep sektörlerinde temiz elektrifikasyon uygulamalarının fosil yakıtların ikamesini hızla artırması öngörülmektedir. IEA NZE senaryosunda, elektriğin toplam nihai enerji tüketimindeki payı %20'den, 2030 yılına kadar %28'e ve 2050 yılına kadar yaklaşık %55'e ulaşmaktadır. Binalar sektörü şu anda %37 ile en yüksek elektrifikasyon oranına sahipken, sanayi sektörünün elektrifikasyon oranı %22'yi aşmıştır. Ulaştırma sektörü ise yaklaşık %2 ile en düşük elektrifikasyona sahip sektör konumundadır. IEA NZE senaryosunda 2050 yılına kadar elektrifikasyon ulaşım ve sanayi sektöründe %50'nin üzerine, binalarda ise yaklaşık üçte-ikiye kadar yükselebilmektedir (Şekil 3.13) (IEA, 2024h).

Şekil 3.13. Nihai Enerji Tüketim Sektörlerinde Artan Elektrifikasyon Oranları (2010,2023,2030,2040,2050, %)

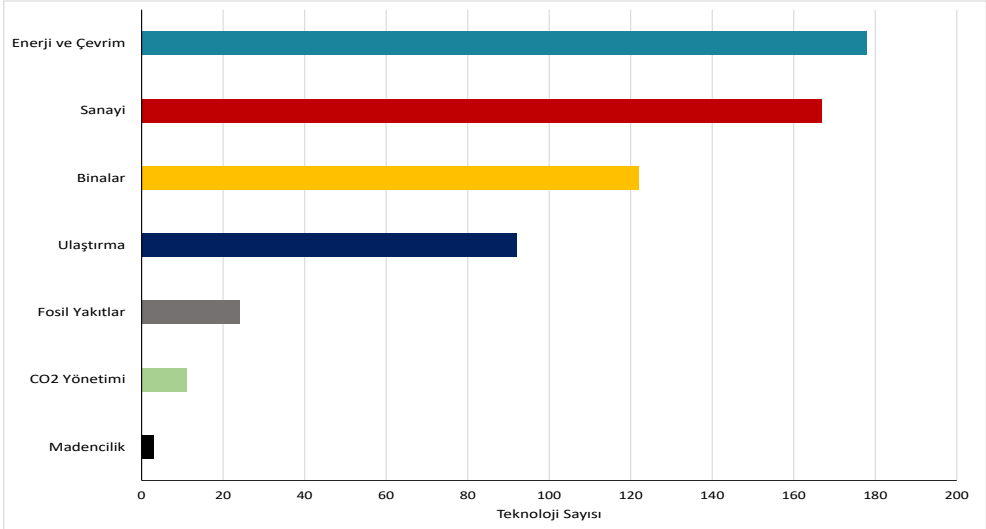


Kaynak: IEA, 2024

3.4.3. Enerji Teknolojileri Gelişimi, Tedarik Zincirileri ve Enerji Verimliliği

Tüm sektörlerde ve enerji dönüşüm ve tüketim süreçlerinde enerji verimliliği potansiyelinden azami ölçüde verimli teknolojilerin geliştirilmesi ve ticarileşme için yeterli olgunluğa ulaşmasıyla mümkün olacaktır. Akıllı sayaçlar, enerji yönetim sistemleri, elektrikli araçlar, nesnelerin interneti (IoT), yeşil çelik üretimi, temiz hidrojen gibi teknolojiler, enerji güvenliğine, temiz enerji dönüşüme ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine kritik katkılar sağlayabilecektir. IEA tarafından geliştirilen Clean Energy Technology Guide⁴, enerji sistemi genelinde net sıfır emisyon seviyesine ulaşılmasına katkıda bulunabilecek yaklaşık 600 teknolojiye gelişim seviyeleri ve fırsatlar hakkında detaylı bilgiler sunan bir veri tabanıdır. (IEA, 2024k). Veri tabanı ayrıca, 600 ayrı temiz enerji teknolojisinin kullanıldığı sektörler, gelişime katkı sağladığı alanlar ve Teknoloji Hazırlık Seviyeleri (TRL)⁵ konularında detaylı bilgiler sağlamaktadır. Buradaki analizler, enerji ve çevrim sektörlerinde, binalarda, ulaşımda ve sanayide daha verimli, güvenli ve temiz enerji dönüşümüne katkı sağlayabilecek, kritik teknolojik olanaklara işaret etmektedir (Şekil 3.14, Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17) (IEA, 2024i).

Şekil 3.14. Temiz Enerji Dönüşümüne Hizmet Eden Teknolojileri Sektörlere Dağılımı

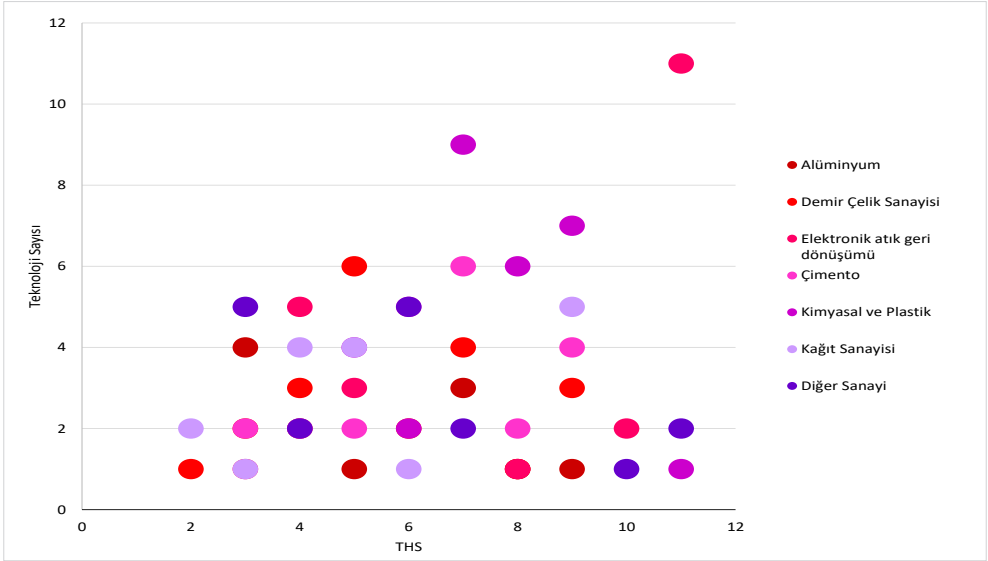


Kaynak: IEA, 2024

⁴ Detaylar için ETP Clean Energy Technology Guide
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/etp-clean-energy-technology-guide>

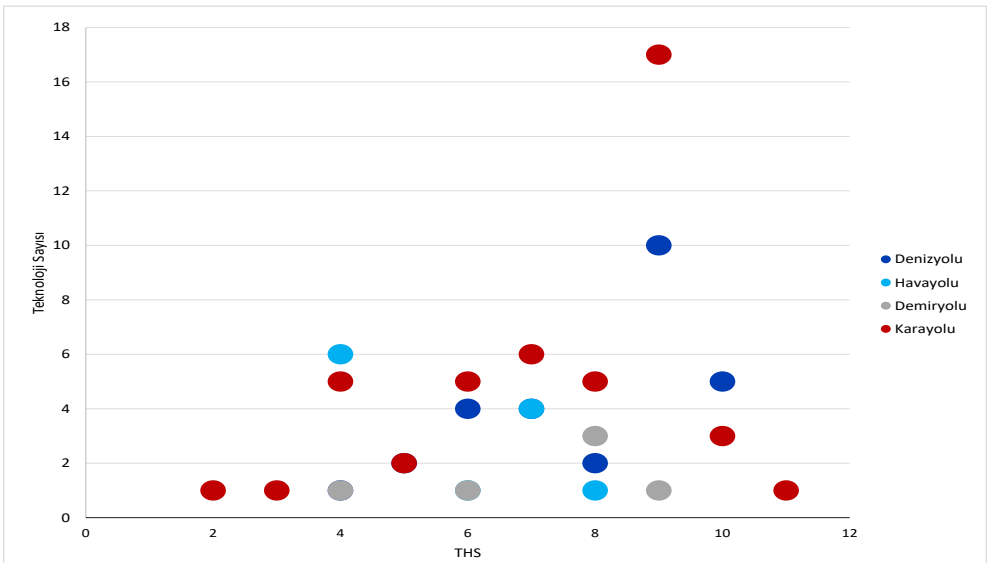
⁵ Technology Readiness Level

Şekil 3.15.Sanayi Sektöründe Temiz Enerji Teknolojileri ve Teknoloji Hazırlık Seviyeleri



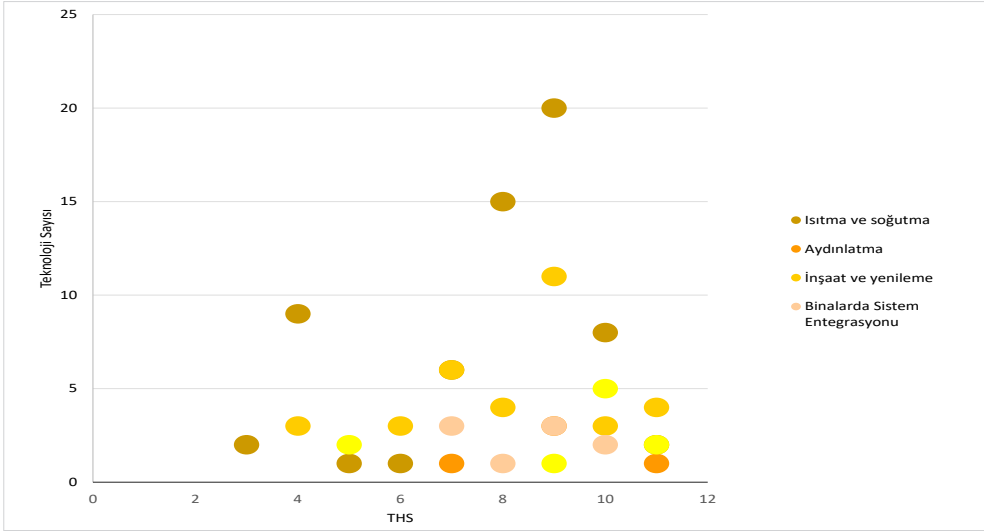
Kaynak: IEA, 2024; IICEC analizleri

Şekil 3.16. Ulaşım Sektöründe Temiz Enerji Teknolojileri ve Teknoloji Hazırlık Seviyeleri



Kaynak: IEA, 2024; IICEC analizleri

Şekil 3.17. Binalar Sektöründe Temiz Enerji Teknolojileri ve Teknoloji Hazırlık Seviyeleri

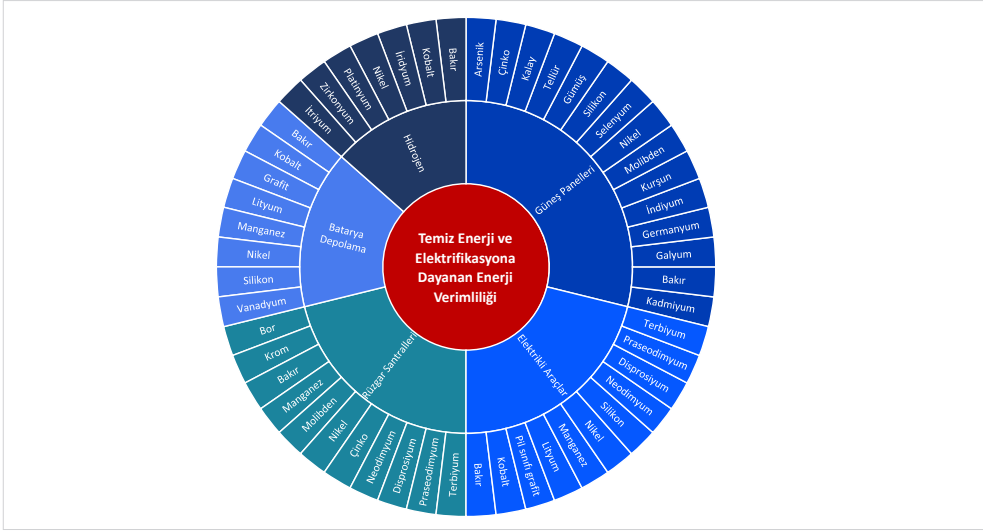


Kaynak: IEA, 2024; IICEC analizleri

Temiz enerji dönüşümü ekseninde tüm bu teknolojilere olan talebin artmasıyla özellikle elektrikli araçlar, batarya teknolojileri, elektrik hatları ve temiz enerji teknolojilerinin imalatında kullanılan minerallere olan talepte de önemli artış gerçekleşecektir. Temiz enerji teknolojilerinin imalatı başta bakır, alüminyum kobalt, lityum, nikel, nadir toprak elementleri ve silikon olmak üzere pek çok farklı mineralin güvenli, kesintisiz ve rekabetçi tedarikine bağlıdır (Şekil 3.18). Mineral ihtiyaçlarında hızlı büyüme, bu çerçevede önemli bir odak alanıdır. Örneğin, elektrikli araçlar, içten yanmalı motorlu geleneksel bir otomobile göre altı kat daha fazla mineral girdisi gerektirirken, kara üstü bir rüzgâr santrali, gazla çalışan bir enerji santralinde dokuz kat daha fazla mineral kaynağı gerektirmektedir. 2010 yılından bu yana, bir birim elektrik üretim kapasitesi için gereken ortalama mineral miktarı yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının artışına paralel olarak bir-buçuk kat artmıştır. IEA NZE senaryosuna göre 2050 yılına kadar net sıfır emisyon değerine ulaşmak için gerekli olan teknolojik gelişim ve dönüşüm küresel mineral ihtiyacını altı katına çıkaracaktır (IEA, 2021).

Elektrik iletim ve dağıtım hatlarına duyulan artan ihtiyaç göz önüne alındığında, bakırın elektrik hatlarında kullanımına bağlı talebinin 2023 yılındaki değerine göre 2050 yılına kadar APS Senaryosunda yaklaşık iki, NZE senaryosunda ise yaklaşık iki-buçuk katına çıkacağı öngörülmektedir. Elektrikli araçlar ve batarya enerji depolama teknolojilerinin üretiminin artmasına paralel olarak bu teknolojilerin üretiminde kullanılacak, grafit, kobalt, bakır, lityum, manganez, silikon ve nadir toprak elementlerine olan talebin de ciddi oranda yükseleceği öngörülmektedir (IEA, 2024j).

Şekil 3.18. Temiz Enerji Dönüşümünde Kritik Teknolojilerde Mineral Gereksinimleri



Kaynak: IEA, 2024

3.4.4. Dijitalleşme ve Yapay Zeka

Dijital dönüşüm, büyük veri analitiği ve yapay zeka teknolojilerinde devam eden gelişimin katkı potansiyelinin yüksek olduğu alanlardan birisi de enerji sektörüdür. Petrol ve doğalgaz rezervuarlarından, rafinerilerde üretim proseslerine, elektrikli araçlardan, binalarda akıllı enerji yönetim sistemlerine kadar tüm sektörlerde dijitalleşme, enerji verimliliğini destekleyecektir. Veri toplayıp analiz eden teknolojilerin yaygınlaşması nihai enerji tüketim sektörlerinde enerji verimliliğini arttırmaya yönelik pek çok fırsat sunmaktadır. Örneğin, akıllı ev sistemleri, konutlarda çeşitli sensörler yardımıyla veri toplayarak ve bu verileri işleyerek evlerdeki elektrikli cihazları en verimli şekilde tek bir merkezden yönetebilmektedir. Diğer yandan tüketicilere enerji tüketim trendleriyle ilgili düzenli bilgi akışı sağlayarak tüketicilere enerji tüketim alışkanlıkları hakkında daha fazla farkındalık kazanma imkanı tanımaktadır. Nesnelerin interneti teknolojisi cihazların uzaktan izlenmesini ve yönetimini sağlarken, iç ve dış aydınlatmaların gereksiz kullanımı, hanelerde ve iş yerlerinde ısıtma ve soğutma enerjisinde israf, endüstriyel tesislerde üretimde ve gıda tedarik zincirlerinde depolamada sıcakların izlenememesi nedeniyle ekonomik kayıplar gibi pek çok zorluğun önüne geçilebilmektedir. Diğer yandan enerjide dijitalleşmenin önemli bileşenlerinden akıllı sayaçlar yoluyla enerji kullanım verileri anlık olarak takip edilebilmektedir. Ulaşım sektöründe büyük veri ve yapay zeka teknolojileri trafik yönetimi, ulaşım planlaması, toplu taşıma, mikro mobilite gibi farklı kullanım alanlarında, kullanıcı dostu, verimli alternatiflerin gelişimini desteklemektedir.

Dijitalleşme teknolojileri yalnızca enerji talep sektörlerinde değil, enerji arz tarafında da önemli verimlilik kazanımları sağlama potansiyeline sahiptir. Bu çerçevede, yenilenebilir ve dağıtık enerji kaynaklarının, elektrikli mobilitenin yaygınlaşmasıyla giderek karmaşılaşan elektrik şebekesinde elektrik arz ve talebinin gerçek zamanlı takibini ve dengelenmesi, talep katılımı ve yönetimi, hava olaylarının öngörülmesi, talep tahminleri, üretim planlamaları gibi alanlarda, büyük veriye dayalı yapay zeka algoritmaları ile önemli verim artışları sağlanabilmektedir.

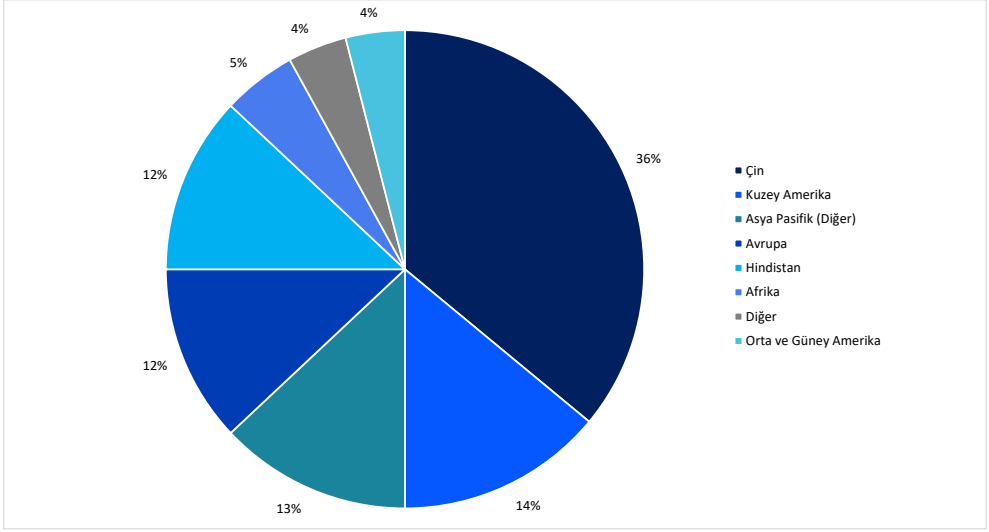
Enerjide dijitalleşme ve yapay zekanın yükselişi, enerji verimliliği için hem bir fırsat hem de bir zorluk alanı olarak gelişmektedir. Yapay zeka temelli veri merkezlerin sayılarının artması küresel enerji sisteminde enerji kullanımını arttıran ve elektrifikasyonu güçlendiren yeni bir dinamiktir. Buradaki büyümenin enerji değer zincirinde enerji ve malzeme tüketimini azaltacak yönde ilerlemesi, inovasyonların ve teknolojik gelişimin önemini güçlendirmektedir. (IEA, 2024k).

3.4.5. Nitelikli İş Gücü

Enerji verimliliği alanındaki yaklaşık 10 milyon çalışan istihdam edilmektedir. Ekonomik koşullar, yatırım ivmesinde ve buna bağlı iş portföylerinde büyümeyi etkilemektedir. Tüm bunlara rağmen enerji verimliliğinde istihdam edilen kişi sayısı Covid-19 pandemisi dönemindeki düşüşün ardından 2023 yılında 2019 yılındaki istihdam seviyelerine ulaşabilmektedir. Çin 3,5 milyon kişi ile enerji verimliliği istihdamında başı çekerken, bunu 1,4 milyon ile Kuzey Amerika bölgesi takip etmektedir. Enerji verimliliği hedefleri, nitelikli istihdamda da buna paralel artış ile hayata geçirilebilecektir (Şekil 3.19) NZE senaryosuna göre enerji verimliliğinde istihdam edilen kişi sayısının 2030 yılına kadar %50'lik artış ile 15 milyona ulaşması beklenmektedir. Sektörde istihdam edilen kişi sayısında yıllık bazda %6'lık büyüme hızının yakalanabilmesi gerekmektedir (IEA, 2024c; IEA, 2024l).

Enerji verimliliği istihdamında çalışan sayısı kadar, yetkinlik gelişimi de kritik bir iyileşme alanıdır. Bu çerçevede mesleki eğitim programlarının yaygınlaştırılmasının, kamu-özel sektör-akademi iş birliklerinin artırılmasının yetkin iş gücünün gelişimi için belirleyici olacağı düşünülmektedir. Ekonomi genelinde küresel iş gücünün yaklaşık %40'ını kadınlar oluştururken, enerji sektörü özelinde kadın istihdamı bu sektörde çalışanların %20'sinden daha azını oluşturmaktadır (IEA, 2024c). Enerji sektörünün genelinde olduğu gibi, enerji verimliliğinde de kadın istihdamını artıracak programlara odaklanılması, güvenli, temiz ve verimli enerji geleceği için en kritik gelişim alanlarından birisi olmaya devam etmektedir.

Şekil 3.19. Enerji Verimliliği İstihdamının Bölgelere Göre Dağılımı (2023, %)



Kaynak: IEA, 2024

3.4.6. Yenilikçi İş Modelleri

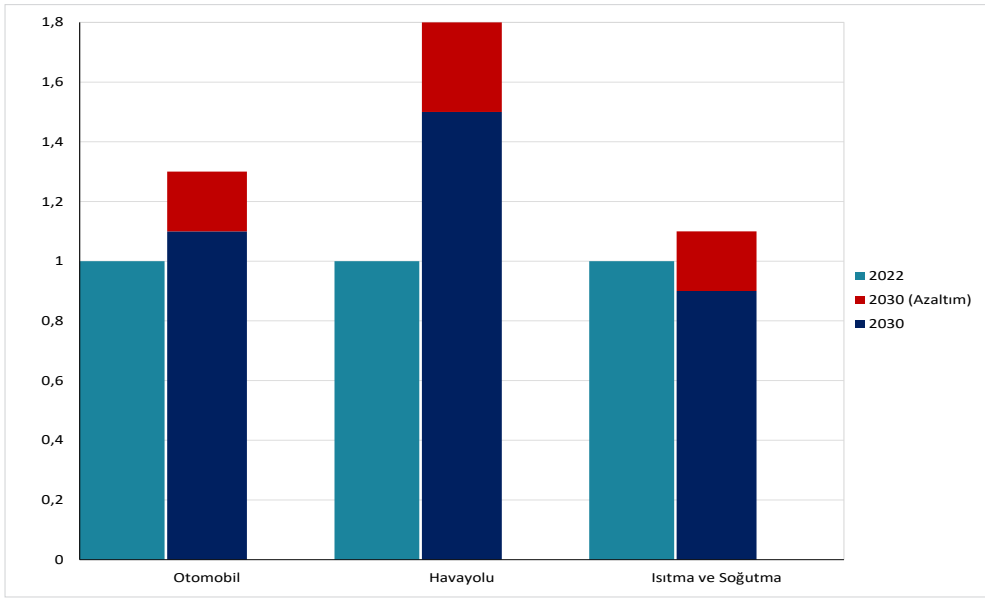
Enerji üretiminde ve tüketiminde gerçekleşen hızlı değişimler içerisinde yeni iş modelleri gelişmektedir. Talep yönetimi hizmetleri, enerji hizmet şirketleri (ESCO) modeli, akıllı bina sistemleri yönetimi, şebekelerde dijitalleşme ve uzaktan yönetim, tüketicilerin üretici niteliği kazandığı modeller, döngüsel ekonomi gibi farklı alanlar, enerjide verimli büyüme için rekabetçi ve maliyet-etkin fırsatlar sunabilecektir (Önemli örnekler ve detayları için lütfen Bölüm 8'e bakınız).

3.4.7. Farkındalık ve Davranış Değişiklikleri

Enerji verimliliği odaklı davranış değişiklikleri, son tüketicilerin ulaşımında, hanelerde ve dahil oldukları üretim süreçlerinde rutin alışkanlıklarının dışına çıkarak, tasarruf ve verimli tüketim yoluyla enerji taleplerinin azaltılabilmesini belirtmektedir. Evlerde termostat derecelerinin ayarlanması, araç sürüş alışkanlıkları, toplu taşıma ve bisiklet kullanımı, yüksek enerji verimliliğine sahip cihazları satın almaya yönelmek gibi pek çok farklı alanda enerjinin daha rasyonel kullanımını sağlayan davranış değişikliği alternatifleri bulunmaktadır. Bu eylemlerin pek çoğu genellikle düşük maliyetle veya hiç maliyet oluşturmadan gerçekleştirilebilmektedir. Bilinç düzeyinde ve farkındalıkta artışa dayalı davranış değişiklikleri, enerji verimliliğine hizmet eden oldukça maliyet-etkin bir fırsat olarak değerlendirilmelidir.

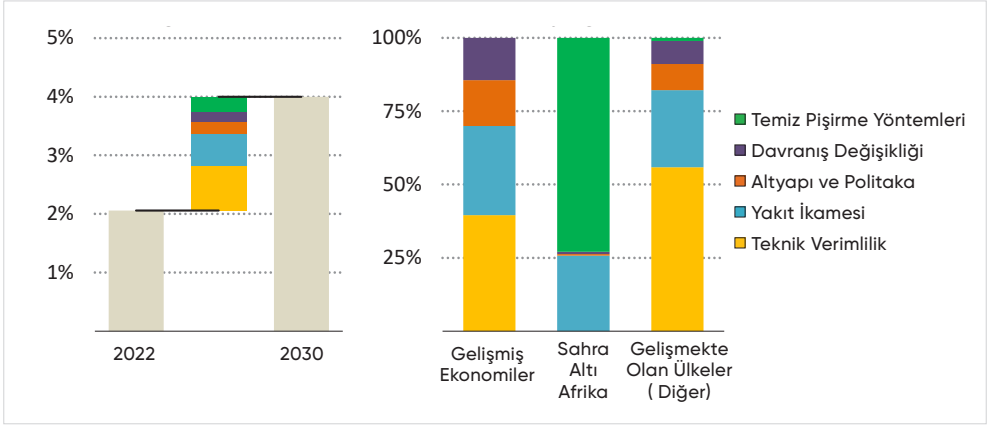
NZE senaryosuna göre, 2030 yılına kadar son tüketicilerin verimli davranış değişikliği göstermeleri durumunda, hava yolu ulaşımı aktivite seviyesinde %20'ye kadar düşüş sağlanırken, otomobiller ve ısıtma ve soğutma alanlarında aktivite seviyeleri davranış değişikliğine bağlı olarak 2022 yılı düzeylerine yakın seviyede kalabilmektedir (Şekil 3.35) (IEA, 2023). Enerji yoğunluğu iyileşme hızının iki katına çıkarılma hedefine ulaşılmasında, yenilenebilir enerji ve elektrifikasyona dayalı yakıt ikamesi, teknik verimlilik artışı ve temiz pişirme yöntemlerinin yaygınlaşmasının yanında, davranış değişikliklerinin de önemli bir araç olabileceği görülmektedir (Şekil 3.21) (IEA,2024d).

Şekil 3.20. Davranış Değişikliği Yoluyla Küresel Potansiyel Aktivite Düşüşü (2022,2030 2022=1)



Kaynak: IEA, 2023

Şekil 3.21. Enerji Yoğunluğunda Küresel İyileşme Hızını İki Katına Çıkarmak Hedefine Bakış (2022, 2030, %)



Kaynak: IEA, 2024

Referanslar

- International Atomic Energy Agency (IAEA) (2005), Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodologies
https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1222_web.pdf
- International Energy Agency (IEA) (2019), Multiple Benefits of Energy Efficiency
<https://www.iea.org/reports/multiple-benefits-of-energy-efficiency-2019>
- International Energy Agency (IEA) (2021), The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions
<https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
- International Energy Agency (IEA) (2023), Global potential reductions in activity due to behavioral changes in cars, aviation, and heating and cooling in the Net Zero Scenario, 2022-2030
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-potential-reductions-in-activity-due-to-behavioural-changes-in-cars-aviation-and-heating-and-cooling-in-the-net-zero-scenario-2022-2030>
- International Energy Agency (IEA) (2024a), Energy Efficiency
<https://www.iea.org/energy-system/energy-efficiency-and-demand/energy-efficiency>
- International Energy Agency (IEA) (2024b), Energy Efficiency Progress Tracker
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-efficiency-progress-tracker>
- International Energy Agency (IEA) (2024c), Energy Efficiency 2024
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024d), From Taking Stock to Taking Action 2024
<https://www.iea.org/reports/from-taking-stock-to-taking-action>
- International Energy Agency (IEA) (2024e), Energy Efficiency Policy Toolkit 2024
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-policy-toolkit-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024f), IEA 9th Annual Global Conference on Energy Efficiency
<https://www.iea-events.org/9th-global-conference>
- International Energy Agency (IEA) (2024g), World Energy Investment 2024
<https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024>

- International Energy Agency (IEA) (2024h), World Energy Outlook 2024
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024i), ETP Clean Energy Technology Guide
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/etp-clean-energy-technology-guide>
- International Energy Agency (IEA) (2024j), Global Critical Minerals Outlook 2024
<https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024k), Electricity 2024
<https://www.iea.org/reports/electricity-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024l), World Energy Employment 2024
<https://www.iea.org/reports/world-energy-employment-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2025), Energy Statistics Data Browser
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>
- World Bank (2025), Open Data
<https://data.worldbank.org/>

BÖLÜM 4:

Türkiye Enerji Sektörü Dinamikleri & Stratejik Öncelikler

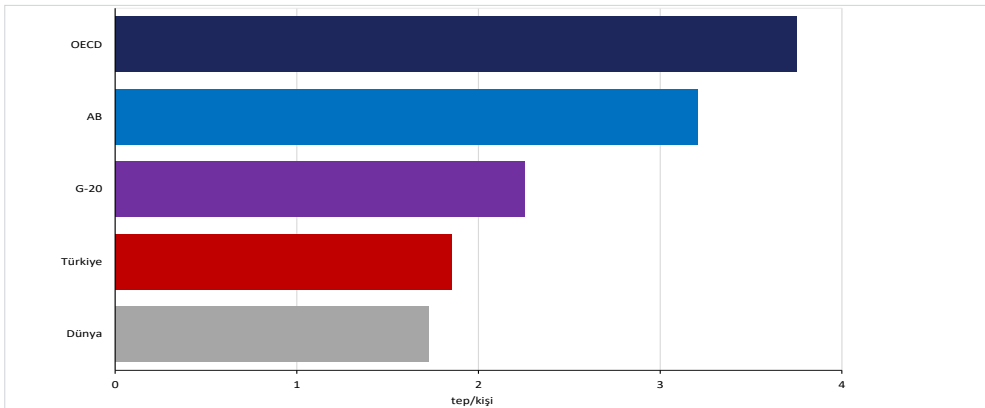
4.1. Enerji Arz ve Talep Dinamiklerine Genel Bakış

4.1.1. Enerji Talebi Dinamikleri

Türkiye, dünyanın en dinamik, Avrupa'nın ise en büyük enerji piyasaları arasında yer almaktadır. Ekonomik ve sosyal gelişim, modern enerjiye olan talebi güçlendirmektedir. 2000 yılından bu yana Türkiye'nin nüfusu %32, birincil enerji arzı ve nihai enerji talebi ise 2 kat artış göstermiştir. Bu dönemde kişi başına birincil enerji tüketimi 1,2 tep'den 1,8 tep seviyesine ulaşmıştır (yıllık ortalama %2 artış). Aynı dönemde kişi başına birincil enerji talebi artışı dünya genelinde yıllık %0,6 ve gelişmiş ekonomilerin ağırlığını yansıtan OECD ortalamasında ise yıllık %0,8 olarak kaydedilmiştir (IEA, 2025; ETKB, 2024a; TÜİK, 2025a).

Bu çerçevede Türkiye'nin enerji talep büyüme dinamikleri gelişmekte olan ekonomilerin genel karakteristikleriyle uyum göstermekte olup kişi başına enerji tüketimi halen dünya ortalamasına oldukça yakın seviyededir. Diğer büyük ekonomilerle kıyaslandığında ise, Türkiye'de kişi başına çok daha az enerji tüketilmektedir. Türkiye'nin kişi başına birincil enerji tüketimi AB ortalamasının yaklaşık %60'ı, G-20 ortalamasının yaklaşık %90'ı ve OECD ortalamasının ise yaklaşık yarısı düzeyindedir (Şekil 4.1) (IEA, 2025; ETKB, 2024a; European Commission, 2024; TÜİK, 2025a; World Bank, 2025). Türkiye Ulusal Enerji Planı'na (TUEP) göre, birincil enerji talebinin 2020-2053 döneminde yıllık ortalama %1 artış göstermesi ve kişi başına enerji talebinin bu dönemde 2,4 tep düzeyine ulaşması beklenmektedir (%36 artış) (ETKB, 2022). TUEP kapsamında sunulan büyüme ve gelişim perspektifi, 2023-2053 döneminde kişi başına birincil enerji talebinde yıllık ortalama %0,5 artışa işaret etmektedir. Kişi başına enerji tüketimi gelişmiş ekonomilere kıyasla daha düşük seyrederken, enerji talebinde büyüme hızı ise bu tür ekonomilere kıyasla çok daha yüksek gerçekleşmeye devam etmektedir.

Şekil 4.1. Kişi Başına Birincil Enerji Tüketimi (2023, tep/kişi)

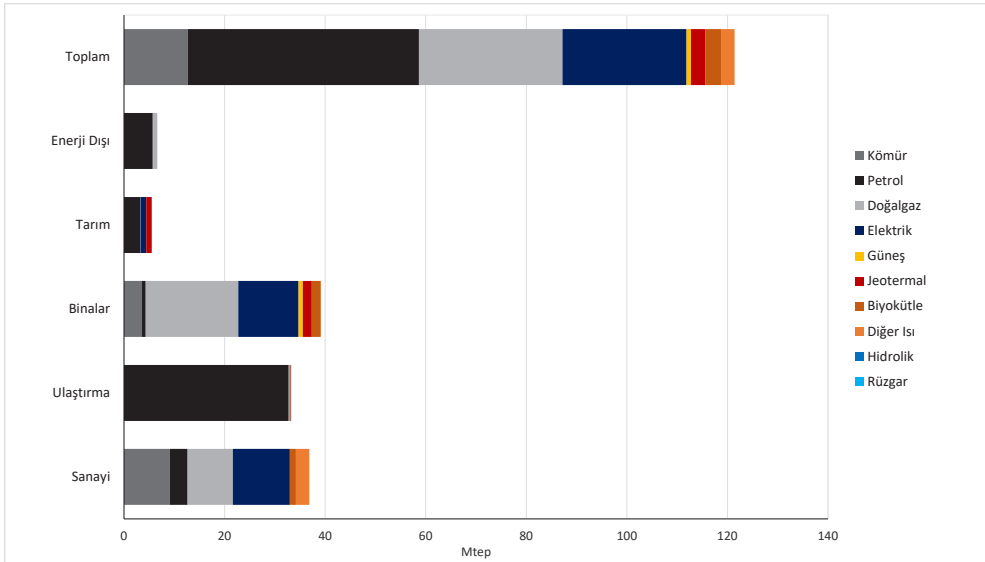


Kaynak: ETKB, 2024; IEA, 2025; TÜİK, 2025; European Commission, 2024

Nüfus artışı ve genç nüfus gibi demografik etkenler, devam eden sanayileşme, endüstri sektörlerinin genel yapısal nitelikleri ve enerji-yoğun karakteristikleri, kentleşme, mobilite, dijitalleşme ve tüm bunlarla da yakından ilişkili olarak nihai tüketim sektörlerinde hızlanan elektrifikasyon dinamikleri, enerji talebinde güçlü büyümeyi destekleyen başlıca faktörlerdir (Talep dinamiklerine analitik bakış ve analizler için lütfen Bölüm 5.1'e bakınız).

Türkiye'nin 2023 yılında 121,5 Mtep olarak kaydedilen toplam nihai enerji talebinin %33'ü binalarda gerçekleşmiş olup bunu %30 ile sanayi ve %27 ile ulaştırma izlemektedir. Tarım ve enerji dışı sektörlerin her biri ise nihai enerji talebinin %5'ini oluşturmaktadır (Şekil 4.2). Petrol nihai enerji talebi içerisinde %38 pay ile ağırlıklı payını korumakta, doğal gaz ve kömür ise nihai enerji talebinin sırasıyla %23 ve %11'ini temsil etmektedir. Elektrik enerjisinin nihai enerji talebinde payı %20'ye ulaşmış olup, talebin %8'i ise doğrudan yenilenebilir enerji ve diğer ısı kullanımına dayalı gerçekleşmektedir (Nihai enerji talebinin sektörler ve enerji türleri bazında detaylı analizleri için lütfen Bölüm 5.6'ya bakınız) (ETKB, 2024a).

Şekil 4.2. Nihai Enerji Talebinin Sektörler ve Enerji Türlerine Göre Dağılımı (2023, Mtep)



Kaynak: ETKB, 2024

4.1.2. Enerji Arz Dinamikleri

Türkiye'nin 158,4 milyon tep seviyesine ulaşan birincil enerji arz büyüklüğü içerisinde fosil kaynakların toplam payı yaklaşık %82 seviyesindedir. Birincil enerji arzının yerli üretim bileşeninde hacimsel olarak önemli bir büyüme gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, yerli üretimin birincil enerji arzını karşılama oranı halen yaklaşık üçte-bir seviyesindedir¹ (ETKB, 2024a). İthal fosil-yakıt ağırlıklı birincil enerji arzı yapısının Türkiye enerji sektörünün güvenli, rekabetçi ve sürdürülebilir büyümesi bakımından iki kritik yansıması olmaktadır (IICEC, 2020; IICEC, 2021; IICEC, 2022; IICEC, 2023):

- **Enerji Güvenliği, Enerji İthalat Faturası ve Maliyetler:** Fosil yakıt ithalatının birincil enerji arzındaki ağırlıklı payı, fosil yakıt fiyatlarında değişimlerle birlikte enerji ithalat faturasında ve dolayısıyla cari işlemler dengesinde kritik etkiye sahiptir. Söz konusu yapısal etki, enerji piyasalarındaki girdi maliyetlerinde, bunun neticesinde enerji piyasaları dinamiklerinde ve nihai tüketici seviyesinde fiyatlamaların gelişiminde belirleyici olmaktadır. Bu itibarla, Türkiye'nin enerji politikası öncelikleri, birincil enerji arzında ve elektrik üretiminde ithalat ağırlığının azaltılmasına ve kendine yeterliliğinin güçlendirilmesine odaklanmaktadır (Detaylar için lütfen Bölüm 4.2 ve Bölüm 4.6'ya bakınız). Enerji talebinin geleceğinde belirleyici olacak teknolojilerde yerli üretim ve tedarik yetkinliklerinin geliştirilmesi de bütüncül enerji sisteminin teknoloji-odaklı ve sürdürülebilir geleceği bakımından öne çıkan diğer bir stratejik yönelimdir.
- **Sera Gazı Emisyonları ve Temiz Enerji Dönüşümü:** Türkiye'nin Paris Anlaşması'na taraf olmasıyla birlikte ortaya konulan "Net-sıfır emisyon" vizyonu, enerji sektöründen kaynaklı emisyonların kapsamlı bir dönüşüm perspektifi içerisinde azaltılmasını gerektirmektedir. Ulusal Katkı Beyanı, 2038 yılına kadar enerjiden kaynaklı emisyonların tepe noktasına ulaşması hedefini içermektedir. COP29 kapsamında sunulan 2053 Uzun Dönemli İklim Stratejisi, net-sıfır vizyonuna yönelik sektörel değişim ve gelişim alanlarını ve ilgili bazı sayısal hedefleri içermektedir (Detaylar için lütfen Bölüm 4.3 ve Bölüm 4.6'ya bakınız).

Bölüm 2'de sunulduğu gibi, daha sürdürülebilir enerji geleceği hedeflerinde zorluklar ve fırsatlar bakımından önemli izdüşümleri olan küresel ve bölgesel gelişmeler yaşanmaktadır. Bu dinamikler arasında başlıca faktörler olarak, enerji güvenliğine ilişkin yeni riskler ekseninde derinleşen ve çok katmanlı nitelik kazanan enerji güvenliği paradigmasının, teknolojilerde, dijitalleşmede ve yapay zeka kullanımında gelişimin, temiz enerji teknolojilerinde ve ilgili tedarik zincirlerinde gelişen rekabet, korumacılık güvenlik dinamiklerinin, enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin tedarikinde belirginleşen enerji ve ticaret etkileşimlerinin öne çıktığı görülmektedir.

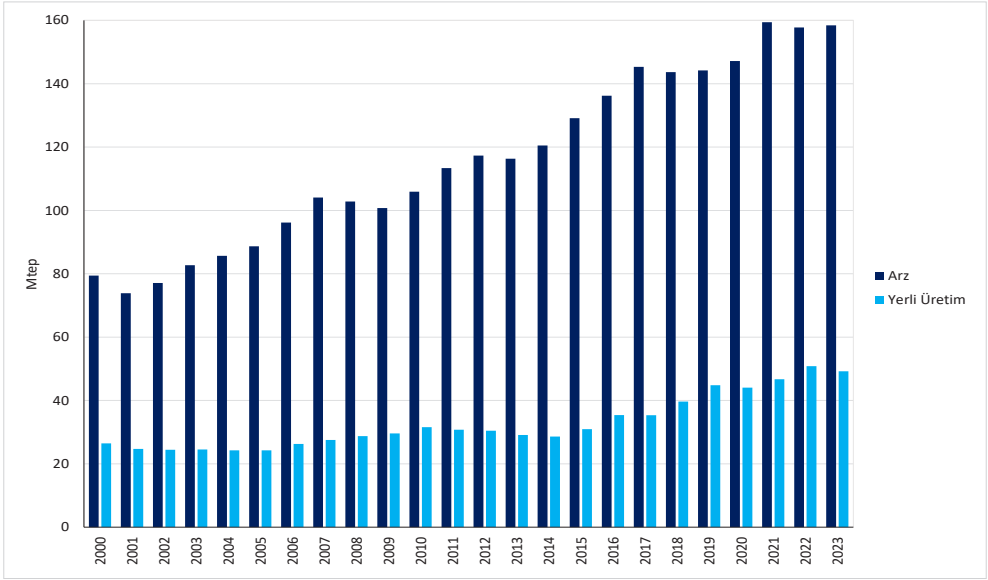
¹ 2021, 2022 ve 2023 yıllarında sırasıyla %29, %32 ve %31 (Detaylar için lütfen Bölüm 4.2'ye bakınız).

Bu çerçevede, Türkiye'nin büyüyen enerji sisteminde birincil enerji arz portföyünün ve nihai enerji tüketiminin yapısında, yakıtlar ve teknolojiler bazında güvenli ve sürdürülebilir dönüşümü destekleyecek değişimlerin gerçekleştirilebilmesi kritiktir. Bu dönüşüm, enerji güvenliğinin güçlendirilmeye devam edilmesi ve net-sıfır hedefine yönelik somut gelişmelerin sağlanabilmesinin yanı sıra, enerji sektörü ve sanayi başta olmak üzere enerji tüketicisi sektörlerin sürdürülebilir rekabetçiliklerinin temin edilebilmesi perspektifinden de önem arz etmektedir. Türkiye'nin son dönemde büyüyen enerji sistemi içerisinde enerji altyapılarının güçlenmesinde ve çeşitlendirilmesinde kaydettiği gelişmeler, bölgesel enerji dengeleri içerisinde bir ticaret merkezi olma vizyonunu da güçlendirmektedir.

4.2. Enerji İthalatı, Enerji Arzında Çeşitlendirme ve Enerjide Yerli Üretimi Güçlendirme Perspektifi

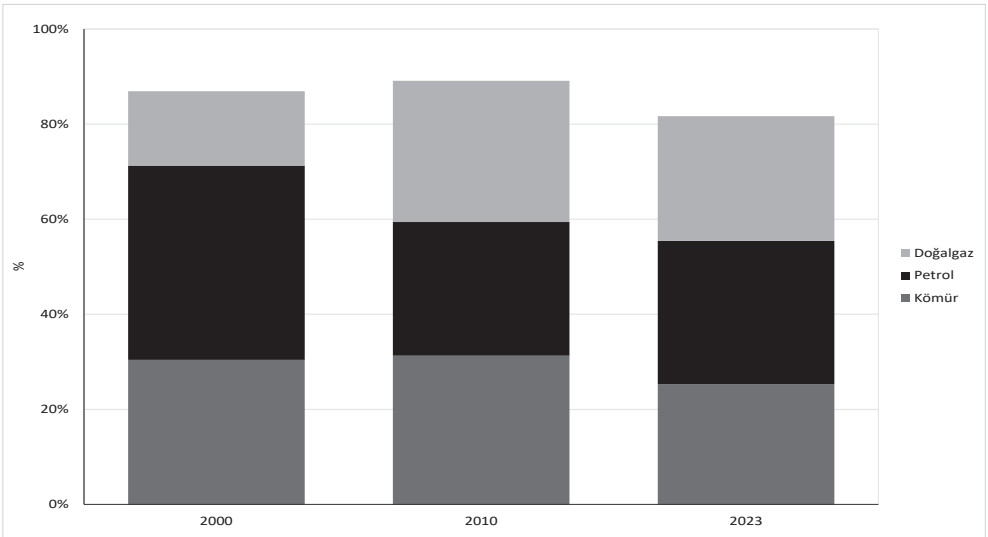
Türkiye'nin birincil enerji arzında 1990 yılında yaklaşık 25 Mtep olan yerli üretim, 2000 yılında 26,4 Mtep'e ve 2023 yılında 49,2 Mtep'e ulaşmıştır. Buna karşın, talepteki sürekli büyümeyle birlikte arzın ithalat yoğunluğunda belirgin bir azalma gerçekleşmemiştir. 2000 – 2023 döneminde yerli üretim yaklaşık iki kat artarken birincil enerji arzında da iki kat artış kaydedilmiştir (Şekil 4.3). Birincil enerji arzında toplam ithal fosil yakıt ağırlığı yaklaşık %70 seviyesindedir (2000 yılında %68 ve 2010 yılında %73) (Şekil 4.4). Doğal gaz kullanımında hızlı yaygınlaşmanın neticesinde 1990 yılından bu yana toplam fosil yakıt ithalatı içerisinde doğal gazın ağırlığı %9'dan yaklaşık %40'a çıkmıştır. Son dönemde kömürün ve petrolün toplam fosil yakıt ithalatına katkısı sırasıyla yaklaşık %20 ve yaklaşık %40 olarak gerçekleşmektedir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Enerji sistemi akışları içerisinde öne çıkan fiziksel büyüklükler, rafinerilere ham petrol girdisi, elektrik üretim sektörüne doğal gaz ve kömür arzı, binalarda ve sanayide doğal gaz ve kömür kullanımı, ağırlıklı bölümü karayolunda olmak üzere ulaştırma sektöründe petrol ürünleri tüketimidir.

Şekil 4.3. Birincil Enerji Arzı ve Birincil Enerji Üretimi Gelişimi (2000–2023, Mtep)



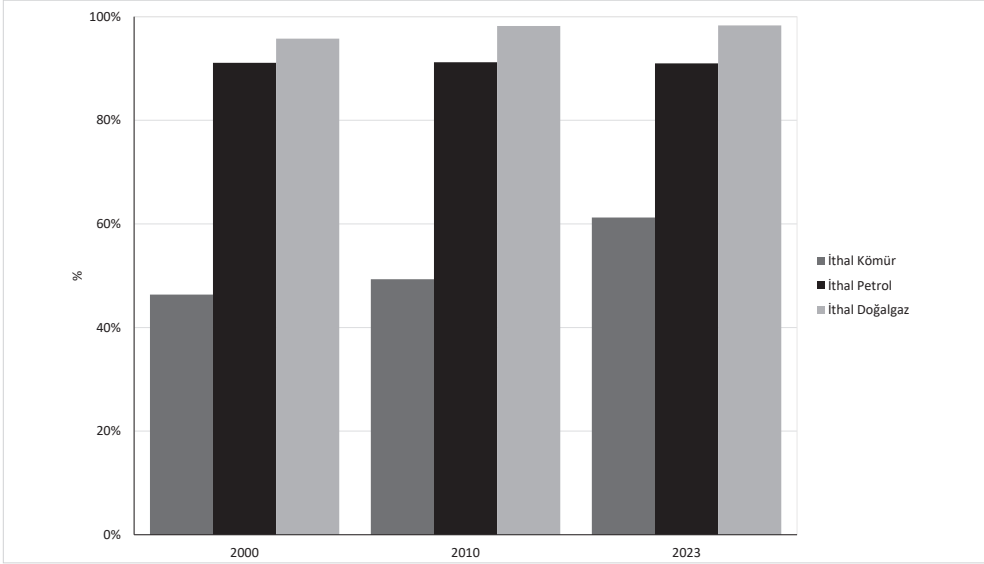
Kaynak: ETKB, 2024

Şekil 4.5. Birincil Enerji Arzında Fosil Yakıt Ağırlığının Gelişimi (2000–2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024

Şekil 4.6. Birincil Enerji Arzında İthal Fosil Yakıt Ağırlığının Enerji Kaynaklarına Göre Gelişimi (2000–2023, %)



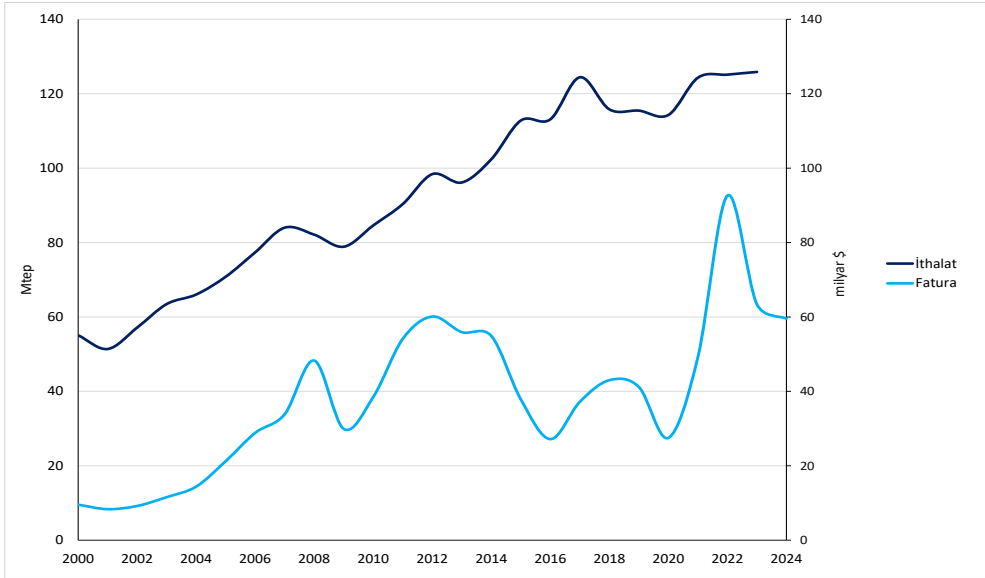
Kaynak: ETKB, 2024

Son dönemde özellikle jeopolitik gelişmelerin sonucu olarak emtia fiyatlarında artış trendi, enerji ithalat faturasında büyümeyi ve geçmiş dönemler ile kıyaslandığında daha yüksek seviyeleri beraberinde getirmiştir. Fiyatlarda çok hızlı artışların gerçekleştiği 2022 yılında enerji ithalat faturası 2021 yılına göre yaklaşık iki kat artarak 97 milyar \$'a ulaşmış, 2023 yılında emtia fiyatlarında gerileme ve birincil enerji üretiminde kısmi artışlar neticesinde 69 milyar \$ olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2025b). 2024 yılında enerji ithalat faturası 66 milyar \$ olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.7). İthalat faturasının ağırlıklı bileşenlerini, doğal gazın elektrik üretiminde, binalarda ve sanayide kullanımı, ulaşım sektörü talebi ağırlıklı olmak üzere ham petrol girdisi ve dizel tüketimi, bazı sanayi sektörlerinde ve elektrik üretiminde ithal kömür tüketimi oluşturmaktadır. Doğal gaz ithalat kompozisyonunda petrol fiyatları ile olan ilişkinin kısmen azalması ve petrol ürünleri marjlarında değişimlerin etkisiyle, enerji ithalat faturası ile Brent petrol göstergesi arasındaki kuvvetli ilişki kısmen zayıflarken Avrupa doğal gaz piyasalarındaki dinamiklerin etkisi güçlenmeye devam etmektedir.

Enerji ithalatı, Türkiye ekonomisinin dış ticaret dengeleri içerisinde önemli ağırlığını sürdürmektedir. 2024 yılında enerji ithalatı, toplam ithalatın %19'una ve dış ticaret açığı büyüklüğünün %79'una karşılık gelmiştir (TÜİK, 2025b). Cari işlemler dengesi, enerji ithalatı hariç tutulduğunda çoğunlukla pozitif seyrederken, cari açığın büyük bölümünü enerji ithalatı oluşturmaktadır (Şekil 4.8) (TCMB, 2024).

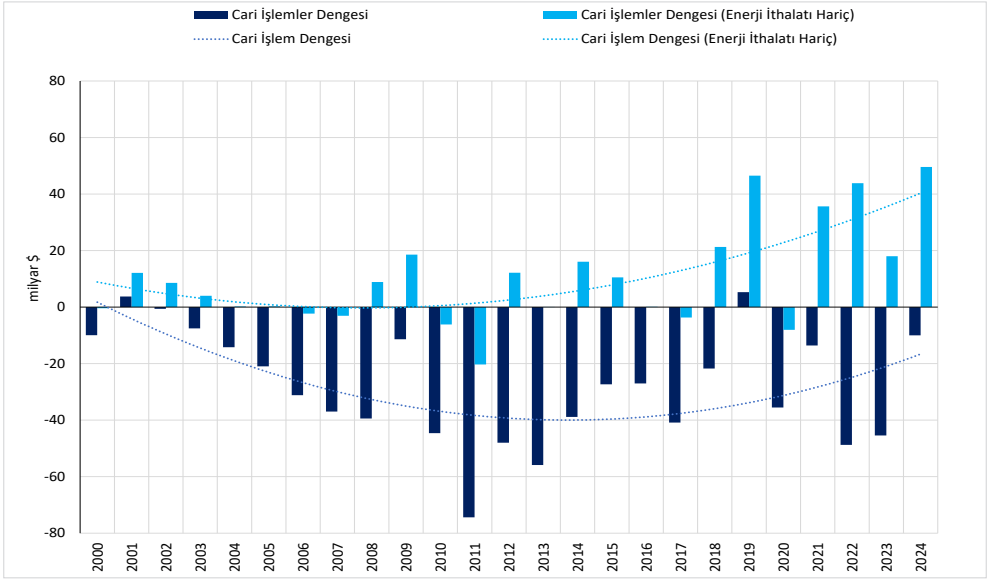
Son dönemde doğal gaz ve petrol keşiflerinde sağlanan gelişmeler yerli üretim bazını büyütürken, yenilenebilir enerjiden elektrik üretiminde artış trendi ve yeni hedefler de enerji arzında yerli üretim bileşenini güçlendirmektedir. Bu gelişmelerin önümüzdeki dönemde birincil enerji arzında yerlilik oranını yükseltmeye önemli katkı sağlaması beklenmektedir. Cari işlemler dengesinde güçlü yapısal ve sürdürülebilir iyileştirmelerin sağlanabilmesi için, enerji kaynakları ithalat miktarlarında kalıcı düşüşler ve çeşitlendirme yoluyla ithalat faturasını düşürecek stratejilerin ve yatırımların, enerji tüketim sektörlerinde, özellikle sanayide, daha verimli ve katma değerli üretim ve tüketim yapılarına dönüşüme ilişkin kapsayıcı stratejiler ve yatırımlarla da desteklenmesi gerekmektedir.

Şekil 4.7. Enerji İthalatının ve Faturasının Gelişimi (2000–2023, Mtep, milyar \$)



Kaynak: ETKB 2024; TÜİK, 2025

Şekil 4.8. Cari İşlemler Dengesi ve Enerji İthalatı Etkisi (2000-2024, milyar \$)



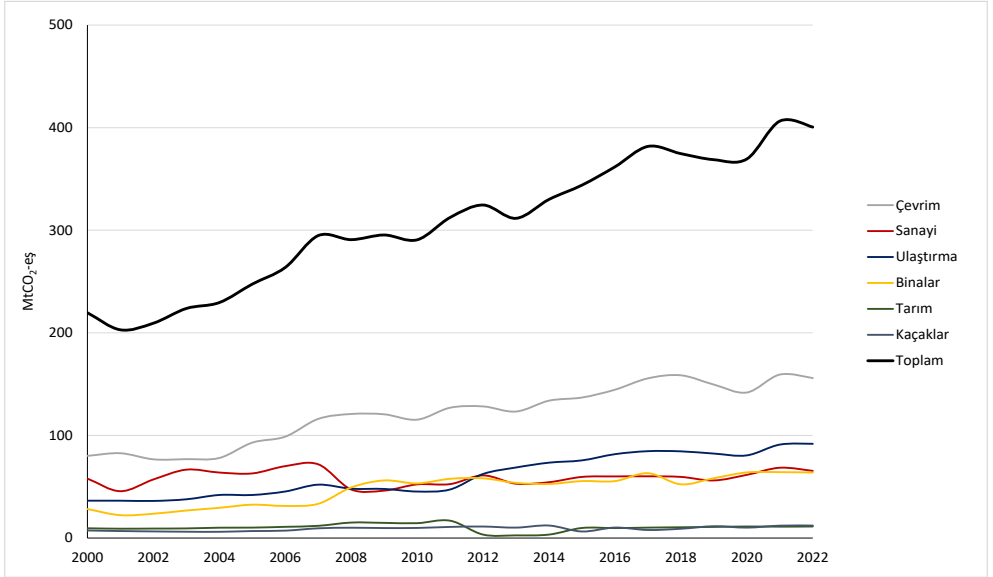
Kaynak: ETKB, 2024; TCMB, 2024

4.3. Enerji Sektöründen Kaynaklı Emisyonlar ve Net-Sıfır Emisyon Geleceği Perspektifi

Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %72'lik bölümü enerji sektöründen kaynaklanmaktadır (2000 ve 2010 yıllarında da %72) (UNFCCC, 2024; TÜİK, 2024). Enerji sisteminde fosil kaynakların ağırlıklı payı, enerjiden kaynaklı emisyonlarda enerji talebindeki büyümeye benzer bir artışı beraberinde getirmektedir. 1990 yılında 143,1 milyon ton CO₂-eş olan enerji kaynaklı emisyon envanteri, 2000 yılında 219,8 milyon ton CO₂-eş'e, 2000-2022 döneminde ise %82 artışla 400,6 milyon ton CO₂-eş düzeyine ulaşmıştır. 2000 yılından bu yana özellikle elektrifikasyonda büyümenin etkisiyle, enerjiden kaynaklı sera gazı emisyonu envanteri içerisinde çevrim sektörünün payı %36'dan %39'a çıkmıştır. Tamamına yakını halen petrol ürünlerine dayalı olan ulaştırma sektörü, enerjiden kaynaklı emisyon büyüklükleri bakımından en büyük ikinci sektör durumundadır (%23). Binalar ve sanayi ise emisyon envanteri içerisinde %16'şar paya sahiptir (Şekil 4.9).

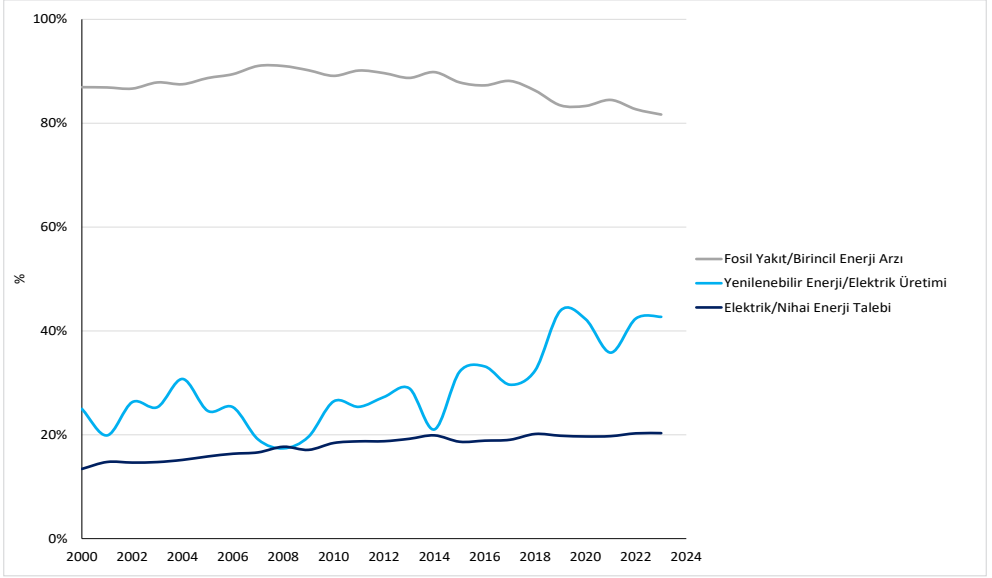
Enerji sektöründe karbon dinamiklerinin önemli bir göstergesi, birim enerji tüketimi başına salınan karbonun ölçüsü olan karbon yoğunluğudur. Enerji verimliliği, elektrik üretiminde yenilenebilir enerjiye yönelim ve nihai tüketim sektörlerinde fosil yakıt ikamesi sağlayan elektrifikasyon neticesinde enerji sektörünün toplam karbon yoğunluğunda iyileşmeler sağlanmaya devam edilmektedir. Özellikle elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin artan payının, çevrim sektörü emisyonlarının büyüme hızını düşürmeye devam etmesi beklenmektedir. Bu gelişmeler, artan enerji talebi dinamikleri içerisinde gelişmekte olan bir ekonomi olarak net-sıfır emisyon perspektifi için önemli bir zemin oluşturmaktadır. Bununla birlikte nihai tüketim sektörlerinde fosil yakıt yoğunluğu kaynaklı olarak emisyon büyüklüklerinde büyüme sürmektedir. 2000–2023 döneminde nihai enerji tüketiminin karbon yoğunluğu %11 düşüş kaydetmiştir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11). Enerjiden kaynaklı toplam emisyonların ekonomik büyüme ve birincil enerji arzındaki büyüme ile güçlü ilişkisi sürerken, 2000 yılından bu yana emisyonlardaki kümülatif artış oranı, birincil enerji arzındaki toplam büyüme ile benzer seviyede gerçekleşmiştir (yaklaşık iki kat).

Şekil 4.9. Enerjiden Kaynaklı Sera Gazı Emisyon Envanteri Gelişimi (2000–2022, MtCO₂-eş)



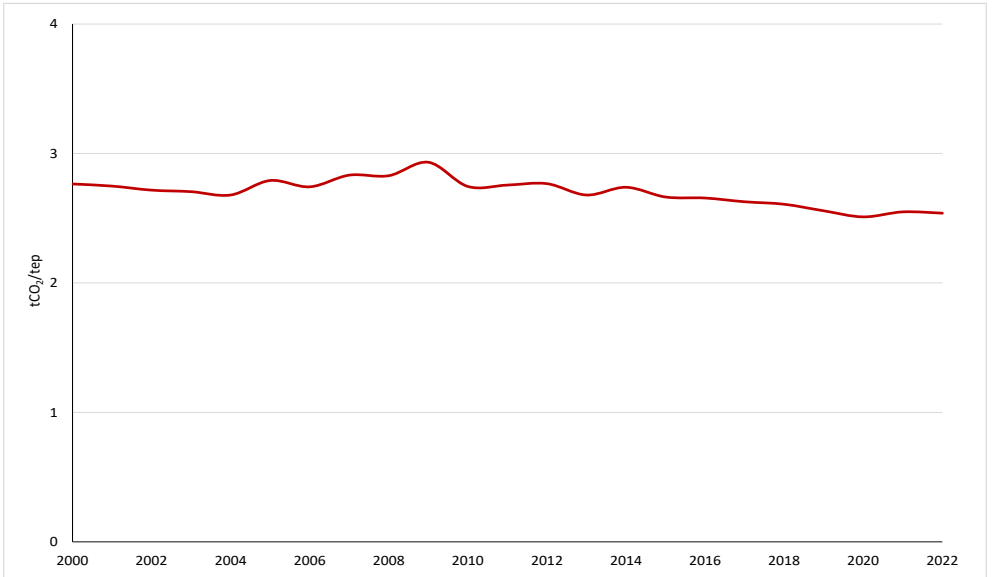
Kaynak: UNFCCC, 2024; TÜİK, 2024

Şekil 4.10. Enerji Sisteminde Karbon Yoğunluğu Dinamiklerinin Gelişimi (2000–2023, %)



Kaynak: UNFCCC, 2024; TÜİK, 2024

Şekil 4.11. Nihai Enerji Tüketiminde Karbon Yoğunluğu Gelişimi (2000–2022, tCO₂/tep)



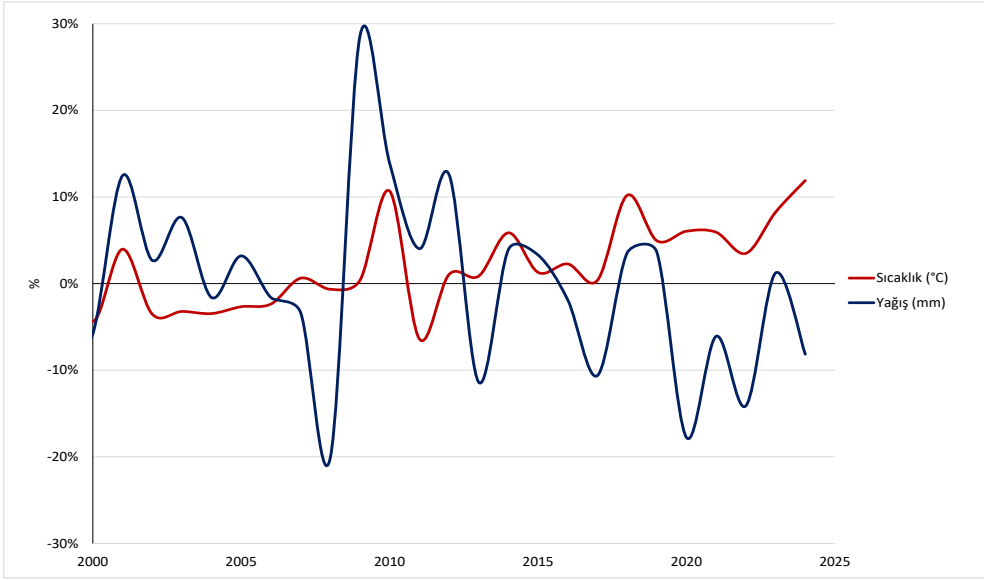
Kaynak: UNFCCC, 2024; TÜİK, 2024

4.4. Enerji Sistemi ve Kritik İklim Riskleri

Bölüm 2’de sunulduğu gibi, son dönemde iklime ilişkin riskler daha görünür duruma gelirken, aşırı iklim olaylarının frekansı artmaktadır. Bu kapsamda, yüksek sıcaklık dönemleri, aşırı yağış ve kuraklık etkilerine sahip hidrolojik koşullarda bozulma, enerji altyapılarının güvenli işletilmesi için yeni zorluklar getiren diğer aşırı iklim olayları gibi, enerji sisteminin güvenli işletilmesi ile yüksek ilişkiye sahip dinamikler belirginleşmektedir. Akdeniz havzası, iklim değişikliğinin etkilerine en fazla duyarlı bölgeler arasında yer almaktadır. IPCC çalışmalarında, küresel sıcaklıklarda yüksek artışı durumunda Türkiye’nin de içinde olduğu Akdeniz Havzasında öngörülen önemli etkiler, kuraklık artışları, yağışlarda azalma ve rüzgar hızında azalma gibi yeni dinamikleri içermektedir (IPCC, 2023). Akdeniz Havzası’nda görülen iklim değişikliği kaynaklı sıcaklık artışlarının Türkiye üzerinde etkili olduğu tespit edilmektedir (ÇŞİDB, 2024a).

Uzun dönemli Türkiye meteorolojik verilerinin analizleri de bu tespitlerle uyum göstermektedir. Uzun dönemli ortalamalara göre sıcaklıklarda belirgin bir artış trendi gözlenmektedir. Yağışlarda dönemsel değişimler de daha belirgin duruma gelmektedir. Geçmiş yıllar ortalamalarına göre yağışlarda önemli düşüşler kaydedilmektedir (MGM, 2025). İklim ile ilgili gelişmeler, kurak dönemlerde hidroelektrik üretiminde azalma, sıcak dönemlerde elektrik tüketiminde soğutma talebi kaynaklı artış, elektrik şebekeleri gibi kritik enerji altyapılarının işletiminde aşırı iklim olayları kaynaklı yeni zorluklar, rüzgar üretimini belirleyen karakteristiklerde değişim gibi çok yönlü alanlarda, enerji arz ve talep dinamikleri bakımından yeni belirsizlikleri beraberinde getirmektedir Türkiye elektrik sisteminde sıcaklıklar ile puant elektrik talebi arasındaki ilişki son dönemde oldukça belirgin duruma gelmiştir (IEA, 2021; IEA, 2024). Tüm bu gelişmeler, enerji sisteminin iklim direncini artırabilecek stratejilerin, enerji değer zincirinin iklim değişikliğine uyumunun, enerji arz portföyünde ve altyapılarında çeşitlendirmenin, bütüncül ve teknik planlamaların önemini pekiştirmektedir (Şekil 4.12).

Şekil 4.12. Sıcaklık ve Yağışlarda Ortalamalara göre Değişim (2000-2024, %)



Kaynak: MGM, 2025

4.5. Enerji ve İklim Politikalarının Temel Öncelikleri ve Gelişmeler

Türkiye'nin enerji politikaları, enerji güvenliğinin güçlendirilmesi, enerjide ithalat ağırlığı azaltılarak kendine yeterliliğin artırılması ve net-sıfır hedefi ile uyumlu bir enerji sisteminin geliştirilmesi kritik hedeflerinin, eş zamanlı olarak, verimli, rekabetçi ve maliyet-etkin şekilde gerçekleştirilmesine odaklanmaktadır. Bu yönde kapsamlı ve uygulanabilir enerji arz ve talep dönüşümüne ilişkin hedeflerde, teknoloji-odaklı stratejiler de önemli yer tutmaktadır. Son dönemde enerji politikasının arz güvenliği ve yerleştirme bileşenlerinde önemli gelişmeler kaydedilmektedir. Özellikle elektrik kurulu gücünde ve yenilenebilir enerji kapasitesinde büyüme, yeni doğal gaz ve petrol keşifleri ile birlikte yerli doğal gaz ve petrol üretim bazında tekrar büyümeye geçilmesi, elektrik şebekeleri ve doğal gaz depolama kapasiteleri gibi kritik altyapılarda gelişimin sürdürülmesi, rüzgar ve güneş teknolojilerinin tedarik zincirlerinde yaygın konumlanmaya yönelik girişimler gibi çeşitli alanlarda sağlanan gelişmeler yoluyla enerji sektörünün büyümesi, sosyal ve ekonomik gelişim hedeflerinin en önemli destekleyicileri olarak kritik bir işlev üstlenmeye devam etmektedir (ETKB, 2024b). Enerji ve iklim geleceğine yönelik temel politika belgeleri ve hedefleri aşağıda özetlenmektedir:

- **12. Kalkınma Planı (2024-2028):** Sürdürülebilir ve kapsayıcı büyüme hedefinin gerçekleştirilmesini sağlamak üzere bütüncül bir yol haritası vizyonu ile yayımlanan Kalkınma Planı, enerjide arz güvenliğine, net-sıfır emisyon hedefini sağlayacak enerji dönüşümüne ve ilgili teknolojilerde gelişim fırsatlarına ilişkin önemli stratejik hedefler içermektedir. Plan'da enerji arz güvenliğinin güçlendirilmesine yönelik gelişmelere, ekonominin rekabetçiliğini sağlayacak yeşil ve dijital dönüşüme, teknoloji-odaklı büyümenin katma-değeri yüksek üretim için kritik önemine vurgu yapılmaktadır.

Plan, gerek enerji arzında, gerekse de Türkiye ekonomisinin sürdürülebilir rekabetçiliği bakımından kritik olan imalat sanayisinde ithalat bağımlılığının düşük seviyelere indirilmesi, bu kapsamda enerji verimliliğine, enerji teknolojilerinde gelişime ve yerleşmeye öncelik verilmesi hedeflerini de öne çıkarmaktadır. Dünyadaki yönelimlere benzer şekilde, yenilenebilir enerji ve elektrifikasyon gibi Türkiye enerji sektörü için kritik fırsat alanlarına vurgu yapılırken, yeşil hidrojen, enerji depolama ve diğer yeni teknoloji alanlarının da enerji güvenliği ve net-sıfır hedefi için önemli rol oynayacağı belirtilmektedir. Nükleer enerjinin enerji arz portföyüne dahil edilmesini de içeren bir büyüme perspektifi sunulmaktadır (SBB, 2023).

- **Türkiye Ulusal Enerji Planı (TUEP) (2022):** TUEP, enerji politikalarına baz oluşturan bütüncül bir perspektiften Türkiye'nin enerji güvenliği hedeflerini ve 2053 net-sıfır emisyon perspektifini yansıtmaktadır (ETKB, 2022). Enerji arz ve talebine ilişkin uzun vadeli bir planlama perspektifi sunan TUEP, birincil enerji arzının ve nihai enerji talebinin yakıt ve teknoloji kompozisyonunda, enerji güvenliğini ve kendine yeterliliğin artırılmasını öngören sayısal hedefler içermektedir. TUEP aynı zamanda 2053 net-sıfır hedefi ile ilişkili olarak, özellikle 2035 sonrası hızlanan bir dönüşüm perspektifi sunmaktadır. Plan'da, fosil yakıtların birincil enerji arzında payı 2035 yılında %70'e ve 2053 yılında yaklaşık %20'ye düşmektedir (2023 yılında %80'in üzerinde). 2053 yılı hedefleri, birincil enerji arzının yarısının yenilenebilir enerjiden karşılanması öngörüsünü yansıtırken, nükleer enerjinin birincil enerji arzında payı aynı dönemde yaklaşık %30'a ulaşmaktadır (2023 yılında sırasıyla %18 ve sıfır). Elektrik enerjisi, özellikle 2035 sonrası artan talep ivmesi ile birlikte 2053 yılında nihai enerji talebinin en ağırlıklı bileşeni konumuna gelmektedir. Elektrik kurulu gücü içerisinde yenilenebilir enerji ve nükleer enerjinin toplam katkısı 2035 yılında yaklaşık %70'e ve 2053 yılında %90'ın üzerine ulaşmaktadır. Yenilenebilir enerjide büyümeye ek olarak, enerji verimliliği performansında sürekli iyileşme, enerji sisteminin esnekliğinin güçlendirilmesi, orta ve uzun vadede enerji depolama, hidrojen ve sentetik yakıtların sisteme entegrasyonu gibi alanlar, Plan'da öne çıkan diğer önemli temalar ve hedeflerdir.

- **Enerji Dönüşümü: Yenilenebilir Enerji 2035 Yol Haritası (2024):** 2024 yılında açıklanan 2035 Yol Haritası, değişen küresel ve bölgesel enerji dinamikleri içerisinde, enerjide arz güvenliğini sağlama, dışa bağımlılığı azaltma ve 2053 net sıfır emisyon hedefine ulaşma doğrultusunda geliştirilen politika önceliklerini ve bunları destekleyecek stratejik gelişim alanlarını içermektedir (Şekil 4.13). Bu çerçevede, yenilenebilir ve yerli kaynaklardan, nükleer enerjiye, piyasa reformlarından kurumsal yeniden yapılanmaya, güçlü ve modern enerji altyapılarından dijitalleşmeye kadar kapsayıcı ve bütüncül bir perspektifte, daha güvenli, rekabetçi ve temiz enerji geleceğini destekleyecek on üç odak alanına vurgu yapılmaktadır. 2035 perspektifi, elektrifikasyonda ve rüzgar ve güneşten elektrik üretiminde güçlü büyümeye, bu çerçevede iletim şebekesinin de gelişimine yönelik kritik bir büyüme perspektifi sunmaktadır. Güneş ve rüzgâr toplam kurulu gücünün mevcuda göre yaklaşık dört kat artışla 120 GW seviyesine ulaşması hedeflenmektedir (11 yılda yaklaşık 90 GW büyüme). Plan'daki elektrik üretimi ve iletim altyapısı hedefleri 108 milyar \$'lık bir yatırım büyüklüğüne işaret etmektedir (Yılda yaklaşık ortalama 10 milyar \$) (ETKB, 2024c; ETKB, 2024d).

Şekil 4.13. Enerji Politikası Öncelikleri ve Stratejik Gelişim Odakları



Kaynak: ETKB

- **2053 Net-Sıfır Hedefi ve Ulusal Katkı Beyanı (NDC):** Türkiye 2053 net-sıfır hedefini açıklarken, 2030 yılı için %21 olarak açıklanan artıştan azaltım hedefi, 2022 yılında gerçekleşen COP27 Konferansındaki yeni Ulusal Katkı Beyanı kapsamında yüzde %41'e yükseltilmiştir (Bu hedef 2012 yılının baz yıl olarak kabul edildiği referans senaryoya göre 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarında %41 azaltımı ifade etmekte ve 2030 yılında 695 milyon ton CO₂-eş seviyesine karşılık gelmektedir). Net-sıfır hedefi doğrultusunda, toplam emisyonların 2038 yılında tepe noktasına ulaştırılması hedefi beyan edilmiştir. Ulusal Katkı Beyanı, uyum kapsamında öngörülen politikaları ve tedbirleri de içermektedir (ÇŞİDB, 2024b).
- **2053 Uzun Dönemli İklim Stratejisi:** COP29 kapsamında sunulan uzun dönemli strateji, 2053 net sıfır emisyon hedefi içerisinde bütüncül bir perspektiften iklim değişikliğiyle mücadeleyle yönelik uyum ve azaltım vizyonunu içermektedir. Sanayi, ulaştırma, binalar, tarım ve enerji başta olmak üzere emisyon dinamiklerinin yönetilmesi bakımından kritik olan ilgili tüm sektörlerde net sıfır emisyon hedefini gerçekleştirecek yapısal dönüşüm öncelikleri sunulmaktadır. Enerji arzının sürdürülebilir, güvenli ve kaliteli koşullarda, karşılanabilir maliyetlerle sağlanması perspektifinden, 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının azami seviyede değerlendirilmesi ve enerji verimliliğinin geliştirilmesi hedeflerine vurgu yapılmaktadır.

Yenilenebilir enerji, artan elektrifikasyon, enerji verimliliği, yenilikçi enerji teknolojilerinde yaygınlaşma hedefleriyle, elektrik üretim kompozisyonunun dönüşümü, bu stratejide öne çıkan büyüme ve dönüşüm alanları arasındadır. Enerji tüketicisi sektörlerde büyüme dinamiklerinin emisyon yoğunluğunu azaltacak ve net-sıfır hedefini destekleyecek dönüşüm politikaları, stratejiler ve planlar, bazı alanlarda 2035 ve 2053 sayısal hedefleri ile birlikte sunulmaktadır (ÇŞİDB, 2024a).

- **2024-2030 İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı:** Ulusal Katkı Beyanı'nın uygulama planı olarak hazırlanan Eylem Planı, 2030 yılı azaltım hedefine yönelik olarak sektörler bazında dönüşüm eksenlerini sunmaktadır. Plan, enerji, sanayi, binalar, ulaştırma, atık, tarım ve AKAKDO² olmak üzere 7 ana azaltım sektörüne ek olarak, adil geçiş ve karbon fiyatlandırma mekanizmalarına ilişkin iki yatay alanı da kapsamaktadır (ÇŞİDB, 2024c).

² AKAKDO: Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişimi ve Ormancılık

- **Orta Vadeli Program (OVP) (2025-2027):** OVP, ekonomik istikrara ve makro ekonomik dengelere ilişkin hedefler içerisinde, enerji maliyetlerinin ve enerji faturasının cari işlemler dengesi ve enflasyon etkilerine vurgu yapmaktadır. Bu çerçevede, yenilenebilir enerji kullanımında ve enerji verimliliğinde artış başta olmak üzere, enerji sektöründe arz güvenliğini ve çevresel performansı eş zamanlı olarak güçlendirecek alanlarda çok sayıda eylem tanımlanmaktadır. OVP, 2053 net-sıfır emisyon hedefine yönelik olarak uzun vadeli ve düşük emisyonlu bir kalkınma stratejisinin, kalkınma planlarıyla uyumlu şekilde hazırlanması hedefini de belirtmektedir. Sürdürülebilir ve teknoloji-odaklı enerji dönüşümüne katkı sunmak üzere, enerji depolama, hidrojen ve ileri karbon teknolojileri alanlarında Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinin desteklenmesi de OVP hedefleri içerisinde yer almaktadır (SBB, 2024).
- **Diğer Politika Belgeleri:** İklim Kanunu³, ulusal emisyon ticaret sisteminin kurulması, Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) uyum ve uygulama stratejileri, Yeşil Mutabakat Eylem Planı ve enerji ve iklim odaklı sanayi, ulaşım ve kentleşme stratejileri kapsamındaki gelişmelerin, önümüzdeki dönemde enerji sektörünün büyümesinde, arz ve talepte hedeflenen dönüşümlerde ve ekonominin ve enerji sisteminin sürdürülebilir rekabetçiliğinin gelişiminde kritik rol oynayacağı değerlendirilmektedir.

Son dönemde, Türkiye enerji sektörünün daha güvenli ve sürdürülebilir büyümesine yönelik olarak önemli adımlar atılmaya devam edilmektedir:

- **Yenilenebilir enerji odaklı büyüme:** 2024 yılında elektrik kurulu gücünde 5 GW artışın %98'lik bölümü yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak gerçekleşirken, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam kurulu güç içerisindeki payı %58'e ulaşmıştır (TEİAŞ, 2025a). Enerji Dönüşümü ve Yenilenebilir Enerji 2035 Yol Haritası, elektrik üretiminde güneş ve rüzgar ağırlıklı gelişimin ana büyüme eksenlerini ortaya koyarak yeni bir yatırım ivmesinin bazını oluşturmaktadır. Rüzgarda ve güneşte yeni YEKA yarışmaları gerçekleştirilmiş olup, depolamalı yenilenebilir enerji projelerinin fizibilite ve proje geliştirme çalışmaları devam etmekte, öztüketim odaklı kapasite artışı sürmektedir.

³ İklim Kanunu Türkiye'nin iklim değişikliği hedefleri ile de bağlantılı olarak ulusal emisyon ticaret sistemi (ETS) kurulmasını hedeflemektedir.

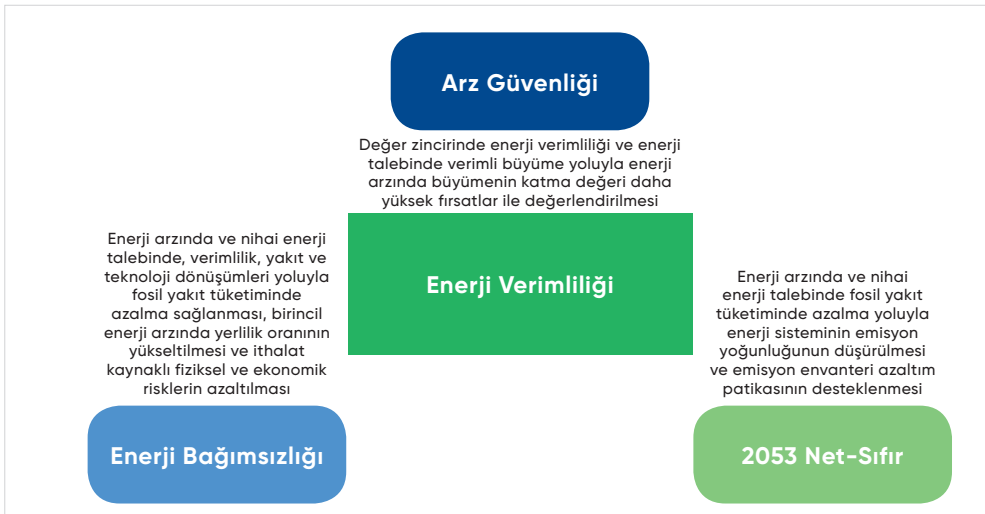
- **Elektrifikasyonda güçlü dinamikler:** 2024 yılında brüt elektrik talebi %5 artışla 348,9 TWh'e yükselmiştir. Elektrikli araçlarda büyüme hızlanarak devam ederken, 2024 yılında elektrikli araçların otomobil satışlarında pazar payı %10'a, elektrikli araç parkı 184.000'e ulaşmıştır. Isıtma ve soğutmada enerji verimi avantajları kapsamında ısı pompası sistemlerinin yaygınlaşmasına yönelik sektörel çalışmalar yoğunluk kazanmaktadır (ODMD, 2024; TEİAŞ, 2025a; TÜİK, 2025c).
- **Yerli hidrokarbon üretiminde artış ivmesi:** Karadeniz gazı ve Gabar'da petrol keşifleri ile sağlanan üretim artışları, hidrokarbon arzında yerli üretim bazını güçlendirmektedir. Karadeniz gazında günlük üretim yaklaşık 7 milyon m³'e, Gabar petrol üretimi ise günlük 70.000 varile ulaşmıştır. ETKB 2024-2028 Stratejik Planında 2028 yılında yerli doğal gaz ve petrol üretiminin sırasıyla 15,5 bcm/y ve günlük 210.000 varil seviyesine çıkarılması hedeflenmektedir (ETKB, 2024b).
- **Enerji altyapılarında gelişim:** Doğal gaz sisteminde giriş kapasitelerinde artışlar, kaynak, güzergah ve altyapılarda çeşitlendirmeye ilişkin gelişmeler devam etmektedir. Elektrik dağıtımında elektrifikasyona paralel güçlü büyümeyle birlikte hat uzunluğu 1,5 milyon km'ye, toplam kurulu gücün %80 arttığı dönemde dağıtımdan bağlı üretim kapasitesi dokuz kat yükselirken, 2026-2030 yeni tarife dönemi hazırlıkları sürdürülmektedir. Elektrik iletim hattı uzunluğu 76.000 km'ye yaklaşmış olup, iletim sistemi yaklaşık 800 transformatör merkezi ile hizmet vermektedir (ELDER, 2023; TEİAŞ, 2025b).
- **Kritik mineraller odağı:** Enerji güvenliğinin ve enerji dönüşümünün öncelikli alanlarından birisi durumuna gelen kritik minerallere yönelik stratejinin ilk adımları belirlenirken, Türkiye Kritik ve Stratejik Madenler Raporu 2025 yılı başında yayımlanmıştır (ETKB, 2025).
- **Güçlenen enerji verimliliği odağı ve hedefleri:** 2024 yılı içerisinde yayımlanan Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Eylem Planı, enerji verimliliğini ana politika öncelikleri arasında konumlarken, 2030 yılında enerji yoğunluğunun 2023 yılı seviyesine göre %15 azaltılmasını hedeflemektedir. Türkiye 2022 ve 2023 yıllarında enerji yoğunluğunda sırasıyla yıllık %6,3 ve %4,5 azaltım performansı ile küresel ölçekte öne çıkarken, II. Ulusal Eylem Planı'nda tanımlanan stratejik öncelikler ve eylemler enerji verimliliğinin çok yönlü enerji güvenliği, iklim değişikliği ile mücadele ve katma-değeri yüksek büyüme katkılarını desteklemektedir (ETKB, 2024e).

4.6. Daha Sürdürülebilir Enerji Geleceği için Enerji Verimliliği Odağı

Enerji verimliliği, tüm dünyada olduğu gibi, Türkiye'nin de enerji güvenliğinin güçlendirilmesi, enerjide ithalattan kaynaklı fiziksel ve ekonomik risklerin yönetilmesi, enerji sisteminde karbon yoğunluğu azaltılarak net-sıfır emisyon hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi, aynı zamanda enerji arzında ve tüketiminde katma değeri daha yüksek büyüme fırsatlarının ve bunu sağlayacak yakıt ve teknoloji dönüşümlerinin gerçekleştirilebilmesi için en kritik politika, piyasa ve teknoloji alanlarından birisi durumundadır. Türkiye'nin dinamik enerji sektörü mimarisi içerisinde enerji verimliliği, üçlü politika hedef setinin eş zamanlı ve birbirlerini destekleyecek şekilde gerçekleştirilebilmesi için yüksek potansiyel ve etkiye sahip bir gelişim ve fırsat odağı olarak giderek daha fazla öne çıkmaktadır.

Enerji verimliliği, Türkiye'nin enerji geleceğinin ve enerji sisteminde hedeflenen dönüşümün belirleyicisi olacak tüm stratejik odak alanlarıyla önemli kesişimler ve sinerjiler sunmaktadır (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15). Daha güvenli, rekabetçi ve temiz enerji geleceği hedeflerine ulaşılabilmesi, enerji değer zincirinin genelinde enerji verimliliğini, enerji talep sektörlerinde tüketiciyi ve daha verimli talep dinamiklerini odağına alan bir dönüşümle desteklenerek, hızla büyüyen, dinamik enerji sistemi içerisinde enerji arzının katma-değeri yüksek kullanım alanlarına yönlendirilmesi ve ekonominin enerji yoğunluğunun azaltılmasında son dönemde güçlenen performansın sürdürülmesi ile olanaklı olacaktır.

Şekil 4.14 – Enerjide Üçlü Politika Hedef Seti ve Enerji Verimliliği ile Çok Yönlü Fırsatlar



Kaynak: IICEC analizleri

Şekil 4.15. Enerjide Stratejik Odak Alanları ve Enerji Verimliliği Kesişimleri



Kaynak: IICEC analizleri

Referanslar

- Elektrik Dağıtım Hizmetleri Birliği (ELDER) (2023), Elektrik Dağıtım Sektör Raporu
<https://www.elder.org.tr/Content/files/df7e73fd-07f2-4e84-b386-c846ecb499fa.pdf>
- European Commission (2024), Eurostat Database
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>
- International Energy Agency (IEA) (2021), Climate Resilience
<https://www.iea.org/reports/climate-resilience>
- International Energy Agency (IEA) (2024), Energy Efficiency 2024
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/daily-peak-demand-versus-average-daily-temperatures-during-cooling-seasons-in-turkiye-2019-2022-and-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2025), Data and Statistics
<https://www.iea.org/data-and-statistics>
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023), Climate Change Synthesis Report 2023
https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (2025), Meteorolojik Parametrelerin Türkiye Analizi
<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=F>
- Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği (ODMD) (2024), Türkiye Otomotiv Pazarı Raporu
https://www.odmd.org.tr/web_2837_1/index.aspx
- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2020), Turkey Energy Outlook 2020
<https://iicec.sabanciuniv.edu/tr/teo>
- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2021), Türkiye Elektrikli Araçlar Görünümü
<https://iicec.sabanciuniv.edu/tr/tevo>
- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2022), Türkiye Yenilenebilir Enerji Görünümü
<https://iicec.sabanciuniv.edu/tr/teo>
- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2023), Türkiye Yeşil Hidrojen Geleceği
<https://iicec.sabanciuniv.edu/tr/tghf>

- Türkiye Cumhuriyeti Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) (2024a), 2053 Uzun Dönem İklim Stratejisi
<https://iklim.gov.tr/db/turkce/dokumanlar/turkiyenin--8230-3143-20250210095501.pdf>
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) (2024b), Türkiye Cumhuriyeti Güncellenmiş Birinci Ulusal Katkı Beyanı
<https://iklim.gov.tr/db/turkce/dokumanlar/turkiye-cumhuriyeti--8230-3128-20240510161607.pdf>
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) (2024c), İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030)
<https://iklim.gov.tr/eylem-planlari-i-19>
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (MB) (2024), Ödemeler Dengesi ve İlgili İstatistikler
<https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Istatistikler/Odemeler+Dengesi+ve+Ilgili+Istatistikler/Odemeler+Dengesi+Istatistikleri/>
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB) (2023), On İkinci Kalkınma Planı
https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/11/On-Ikinci-Kalkinma-Planı_2024-2028_17112023.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB) (2024), Orta Vadeli Program (2025-2027)
https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2024/09/Orta-Vadeli-Program_2025-2027.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2022), Türkiye Ulusal Enerji Planı
<https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20317>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024a), Denge Tabloları
https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/Ulusal_Enerji_Denge_Tablolari/2023_R1.xlsx
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024b), 2024-2028 Stratejik Planı
<https://sp.enerji.gov.tr/>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024c), Enerji Dönüşümü & Yenilenebilir Enerji 2035 Yol Haritası
https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/Yenilenebilir%20Enerjide%202035%20Yol%20Haritas%C4%B1%20Lansman%20Sunumu_202410221014.pdf

- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024d), Yenilenebilir Enerjide 2035 Yol Haritası
https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/Yenilenebilir%20Enerjide%202035%20Yol%20Haritas%C4%B1%20Lansman%20Sunumu_202410221014.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024e), 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimliliği-ulusal-enerji-verimliliği-eylem-planı>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2025), Türkiye Kritik ve Stratejik Madenler Raporu
https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/TKDB/tr/Belgeler/Tu%CC%88rkiye_Kritik_ve_Stratejik_Madenler_Raporu.pdf
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) (2025a), Elektrik Üretim Raporları
<https://www.teias.gov.tr/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari>
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) (2025b), Sayılarla Elektrik İletimi
<https://www.teias.gov.tr/sayilarla-elektrik-iletimi>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2024), Sera Gazı Emsiyon İstatistikleri 1990-2022
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2022-53701>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2025a), Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları 2024
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-SonucLari-2024-53783>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2025b), Dış Ticaret İstatistikleri Aralık 2024
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dis-Ticaret-Istatistikleri-Aralik-2024-53538>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2025c), Motorlu Kara Taşıtları
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2024-53463>
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2024), Türkiye 2024 National Inventory Document (NID)
<https://unfccc.int/documents/644387>
- World Bank (2025), Open Data
<https://data.worldbank.org/>

BÖLÜM 5:

Enerji Talebini

&

Genel Enerji Dengesinin

Dönüşümünü

Destekleyen Kritik

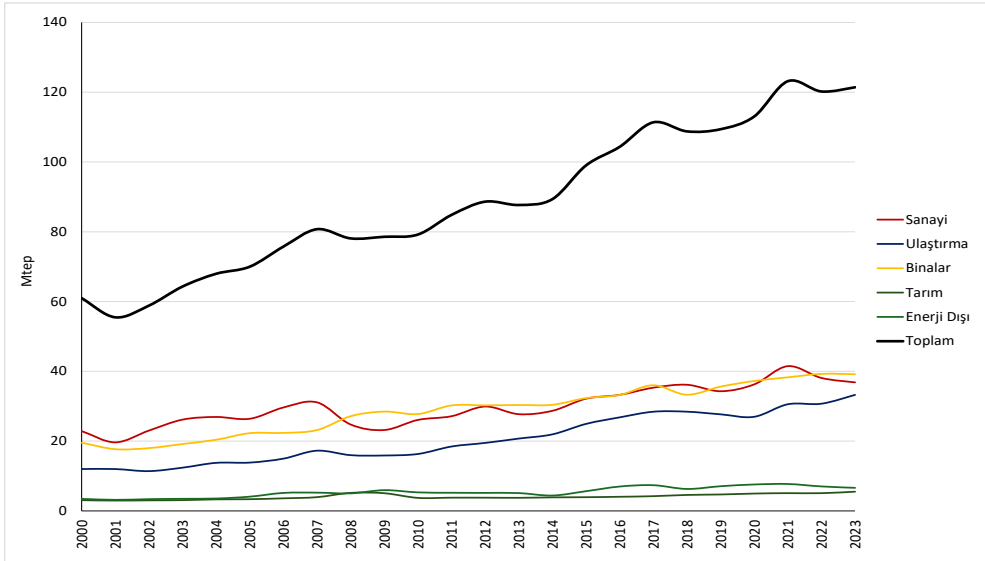
Faktörler

5.1. Nihai Enerji Talebi Görünümü

Türkiye'nin nihai enerji talebi 2000 yılından bu yana yıllık ortalama %3'e yakın büyüme kaydetmiştir. 2023 yılında 121,5 Mtep olarak kaydedilen nihai enerji talebinin %33'ü binalarda, %30'u sanayide, %27'den fazlası ise ulaştırma sektöründe gerçekleşmiş olup, büyük enerji tüketicisi bu üç sektör talebin yaklaşık %90'ını temsil etmektedir. Enerji-dışı tüketim hariç tutulduğunda, söz konusu sektörlerin nihai enerji tüketimindeki payı %95 olarak kaydedilmiştir (ETKB, 2024).

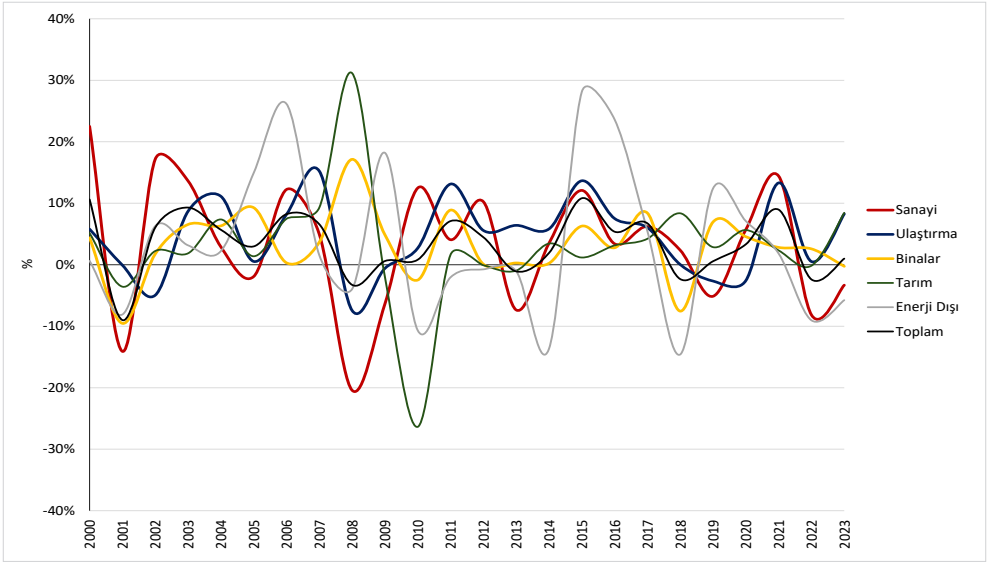
Nihai enerji talebinin sektörel yapısında son dönemde en belirgin değişimler ulaştırmanın payındaki artış ve tarımın payında devam eden kısmi düşüş olarak gerçekleşmektedir. 2000 yılından bu yana binalarda ve sanayide enerji talebinde yıllık ortalama büyüme %3 ve %2 olarak kaydedilmiş, ulaşım enerji talebi ise aynı dönemde yıllık ortalama %5 artış göstermiştir. Enerji talebindeki temel büyüklükler, binalarda ve sanayide ısıtma ve soğutmaya talep ve ulaşım hizmetlerinin enerji tüketimidir. Tarım, yaklaşık 5 Mtep seviyesinde tüketimiyle toplam nihai enerji talebinin %4-5'ine karşılık gelmektedir (1990 ve 2010 yıllarında da %5) (ETKB, 2024) (Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3).

Şekil 5.1. Nihai Enerji Talebinin Sektörel Gelişimi (2000-2023, Mtep)



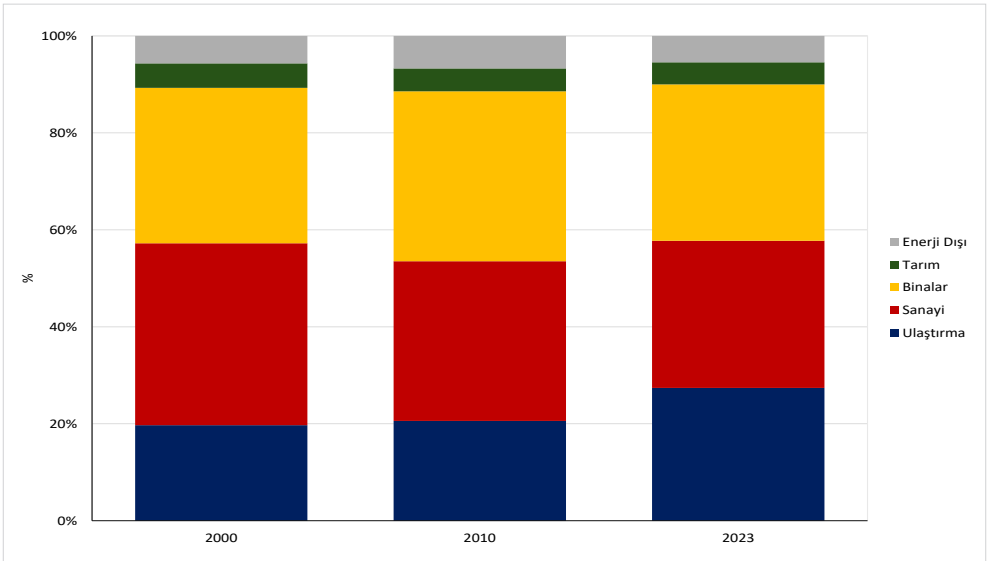
Kaynak: ETKB, 2024

Şekil 5.2. Sektörler Bazında Enerji Talebi Yıllık Ortalama Büyüme Hızları (2000-2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024

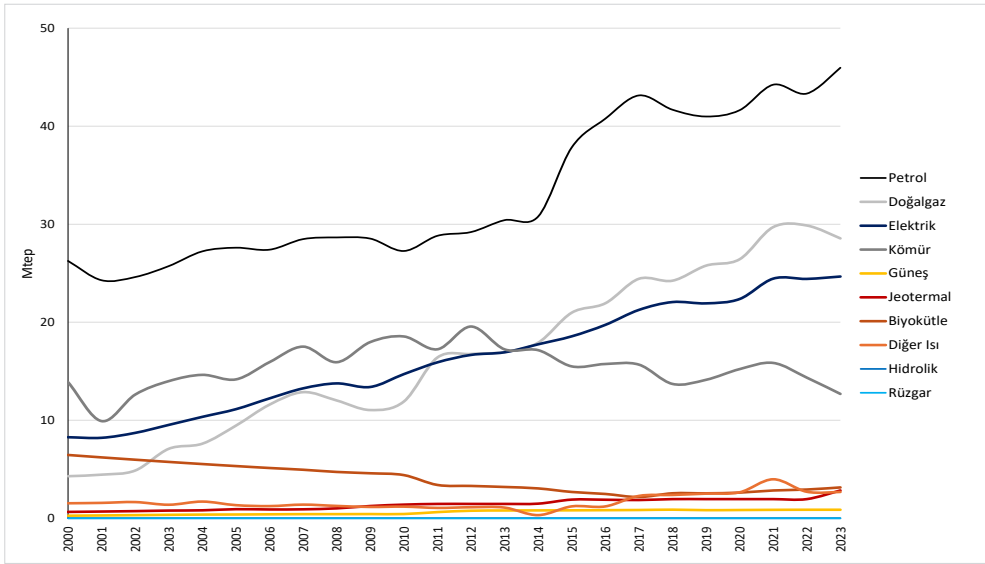
Şekil 5.3. Nihai Enerji Talebinin Sektörel Dağılımı (2000-2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024

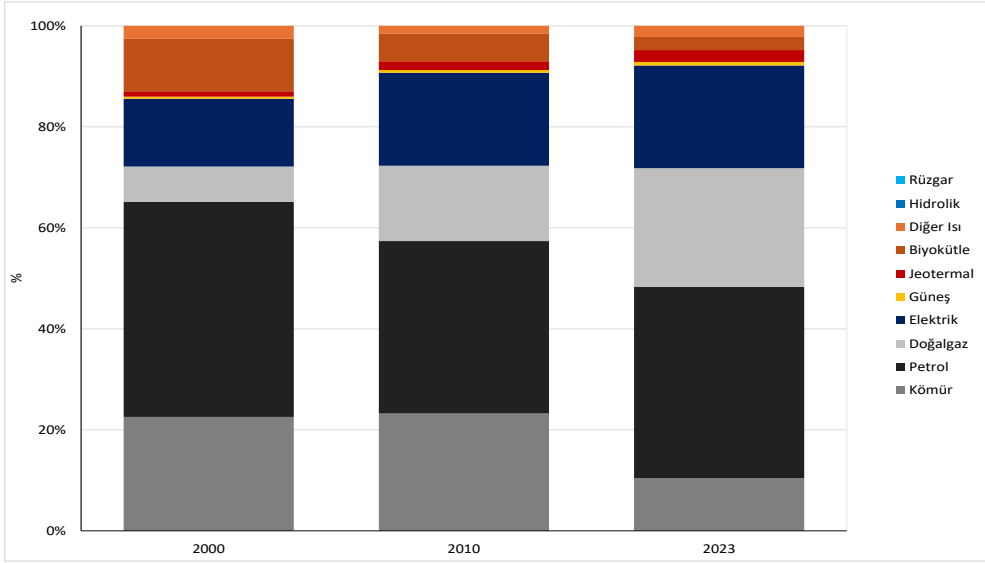
Elektrifikasyonda gelişimin binalarda ve sanayide belirgin etkisine karşın, enerji talep hizmetlerinin karşılanmasında toplam fosil yakıt ağırlığında önemli bir değişim henüz gerçekleşmemiştir. Fosil yakıtların nihai talepte 2000 yılında yaklaşık %83 olan payı 2010 yılında %78 ve 2023 yılında %72 olarak kaydedilmiştir. Doğal gaz kullanımında yaygınlaşmanın özellikle binalarda kömürü geniş ölçüde ikame etmesi ile fosil yakıt kompozisyonunda dönüşüm gerçekleşmektedir. 2023 yılında toplam nihai enerji tüketiminde petrol yaklaşık %38 ile ilk sırada yer alırken, bunu %24 ile doğal gaz izlemiştir. 2000 yılından bu yana elektrik enerjisinin payı %13'den %20'ye yükselirken, doğrudan yenilenebilir enerjinin katkısı %12'den %6'ya gerilemiştir. Yenilenebilir enerji talebinin sırasıyla %2, %1 ve %3'ünü jeotermal, güneş ve biyokütle oluşturmaktadır (ETKB, 2024) (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5).

Şekil 5.4. Nihai Enerji Talebinin Enerji Türlerine Göre Gelişimi (2000-2023, Mtep)



Kaynak: ETKB, 2024; TEİAŞ, 2025

Şekil 5.5. Nihai Enerji Talebinin Enerji Türlerine Göre Dağılımı (2000-2023, %)



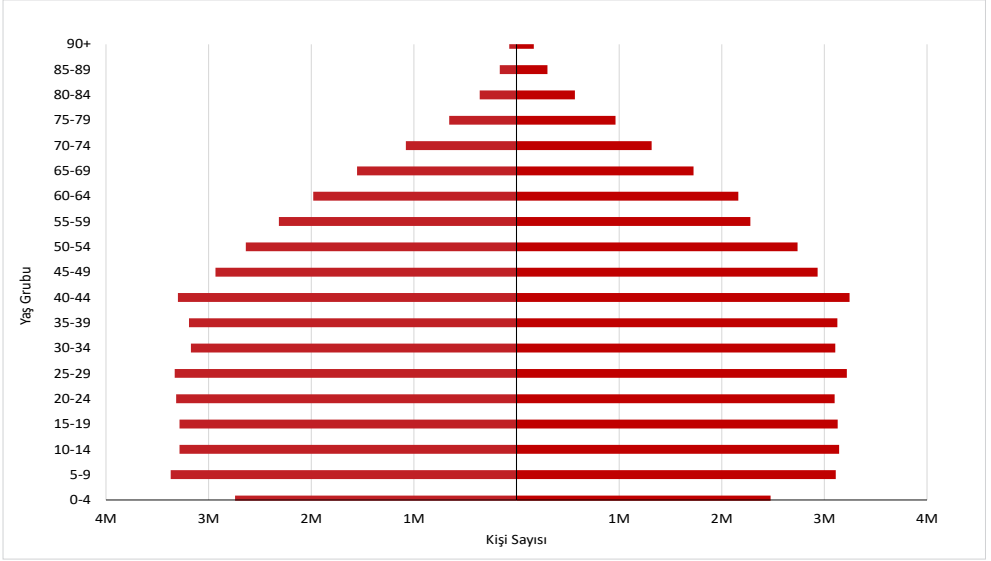
Kaynak: ETKB, 2024; TEİAŞ, 2025

5.2. Demografi

Ekonomik ve sosyal gelişim ile birlikte, modern enerji tüketimi ihtiyacı ve enerji talebinde büyüme güçlenmektedir. Bu çerçevede, nüfus artışı, genç ve dinamik nüfus, kentsel nüfusta artış ve devam eden kentleşme ve kent-yoğun nüfus büyüklüklerinde artış dinamikleri, Türkiye'nin enerji talebinde büyümeyi ve çeşitlenmeyi destekleyen önemli faktörlerdir.

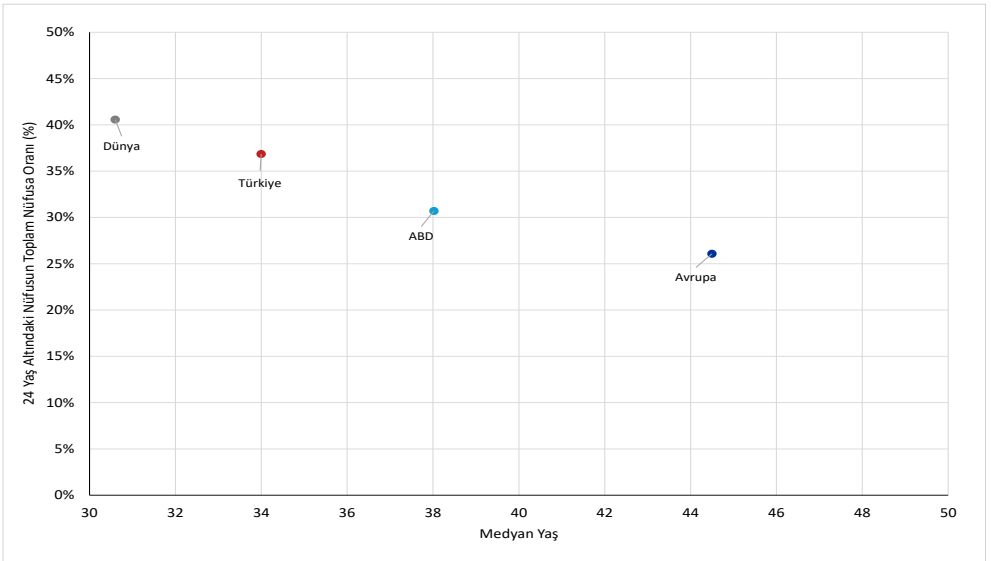
Türkiye, OECD ve G-20 ülkeleri içerisinde en genç nüfusa sahip ülkelerden biridir (Türkiye'de medyan yaş 34, OECD ve G-20 ortalamaları yaklaşık 40) (Şekil 5.6). Türkiye'nin 14 yaş altı nüfusunun toplam nüfusa oranı %22 ve 24 yaş altı nüfusunun toplam nüfusa oranı %37 seviyesindedir (Şekil 5.7) (UN, 2024). 2050 yılına kadar yıllık ortalama nüfus artışının binde 4 olması öngörülmektedir (2000 – 2023 döneminde yıllık ortalama %1). Nüfusun büyüme hızı projeksiyonu, aynı dönemde dünya nüfusunda beklenen büyüme hızından daha düşük olmakla birlikte, OECD ve AB genelinde beklenenin oldukça üzerindedir (Şekil 5.8) (TÜİK, 2024a; World Bank, 2024a).

Şekil 5.6. Nüfus Piramidi Grafiği (2024)



Kaynak: TÜİK, 2025

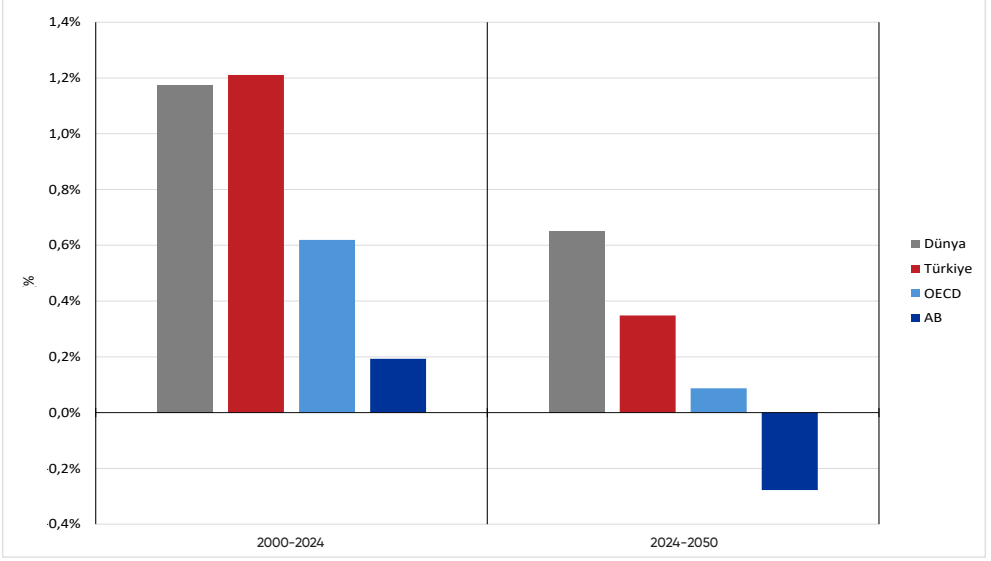
Şekil 5.7. Medyan Yaş ve Genç Nüfusun Toplama Oranı¹ (% , yıl)



Kaynak: European Commission, 2024; TÜİK, 2025; UN, 2024

¹ 24 yaş altı nüfus

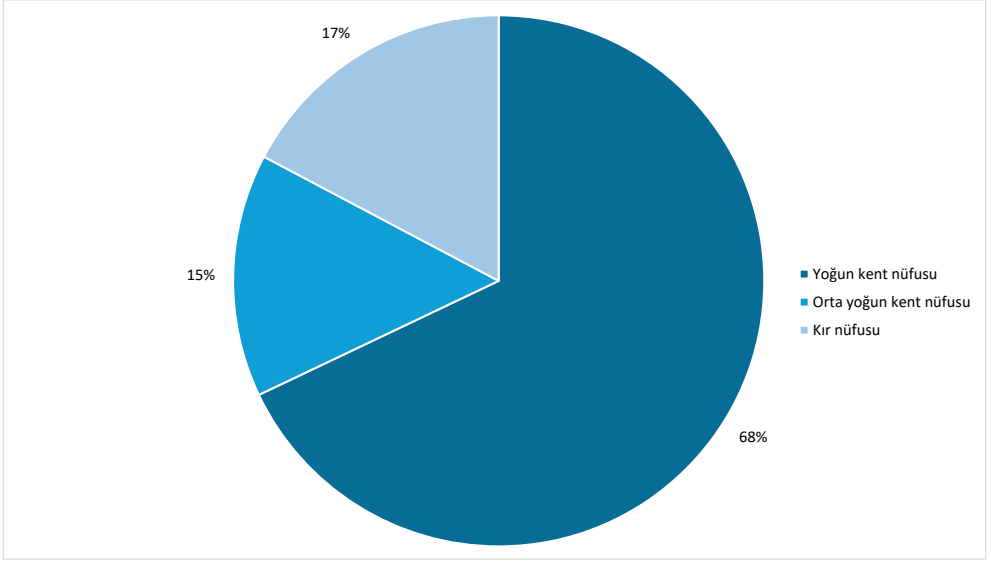
Şekil 5.8. Dönemsel Ortalama Yıllık Nüfus Artış Hızları (%)



Kaynak: TÜİK, 2024; World Bank, 2024

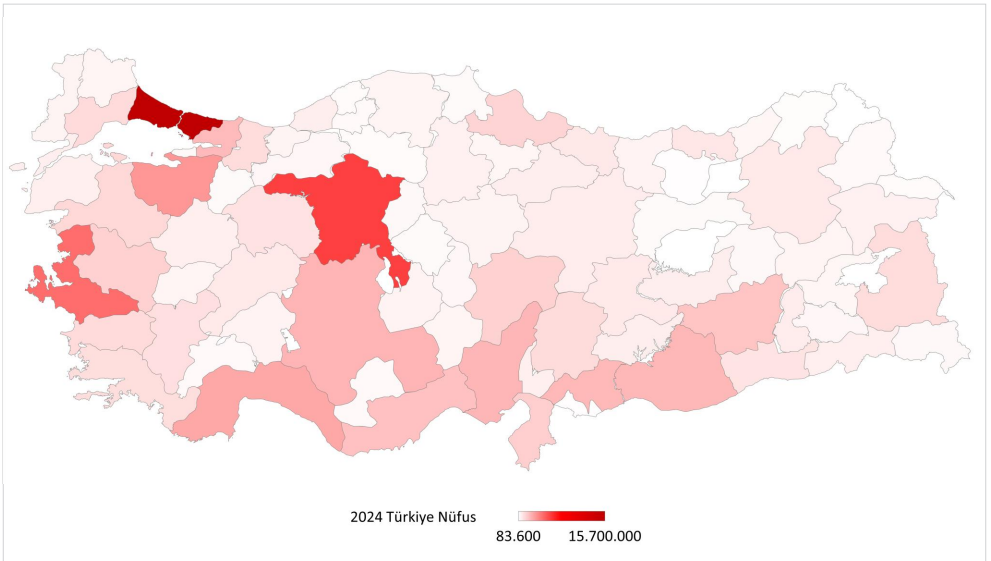
Kentleşme ve kentsel dönüşüm süreçleri devam ederken, kentsel nüfusun toplam nüfusta payı 2024 sonu itibariyle %83'e yükselmiştir (2000 yılında %65). Türkiye nüfusunun üçte-ikisinden fazlasını yoğun kentsel nüfus oluşturmaktadır (Şekil 5.9). 2024 sonu itibariyle yaklaşık 86 milyona ulaşan Türkiye nüfusunun yaklaşık üçte ikilik bölümü (toplam nüfusun %72'si'i), 1 milyonun üzerinde nüfusa sahip 24 ilde yaşamaktadır (Şekil 5.10) (TÜİK, 2023a; TÜİK, 2025a). Kentlerde artan nüfus, enerji talebinde güçlü büyümeyi desteklemektedir (TÜİK,2024b). Sosyo-ekonomik faktörlerle de desteklenerek öne çıkan önemli bir diğer gösterge ise ortalama hane halkı büyüklüğünde düşüş eğilimidir (2010 yılında 3,8'den 2023 yılında 3,1'e) (Şekil 5.11) (TÜİK, 2024c). Bilişim teknolojilerinde yaygınlaşma, internete erişim, mobil telefon kullanım sıklığı, elektrikli ev aletleri pazar talebinde büyüme gibi dinamikler de tüm dünyada olduğu gibi güvenilir ve kesintisiz enerjiye talebi artırmaktadır. 2023 sonu itibariyle, evden internete erişime sahip hanelerin oranı %96, hanelerde taşınabilir bilgisayar bulunma oranı %45 olarak ölçülürken, hanelerin neredeyse tamamında mobil telefon bulunduğu tespit edilmektedir (2005 ve 2010 yıllarında sırasıyla %73 ve %91) (Şekil 5.12) (TÜİK, 2023b).

Şekil 5.9. Kent Kır Nüfus Dağılımı



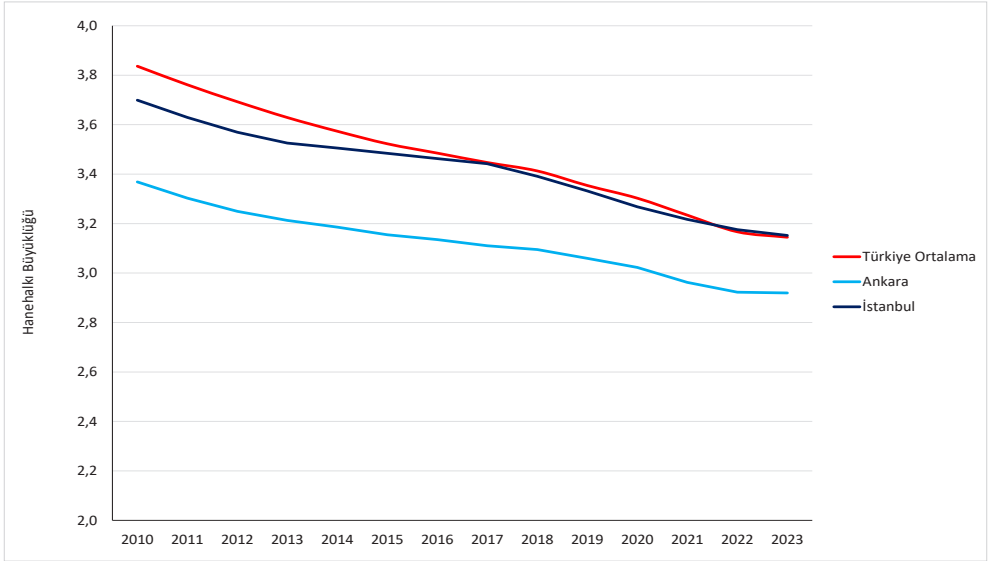
Kaynak: TÜİK, 2023

Şekil 5.10. İllere göre Nüfus Haritası (2024)



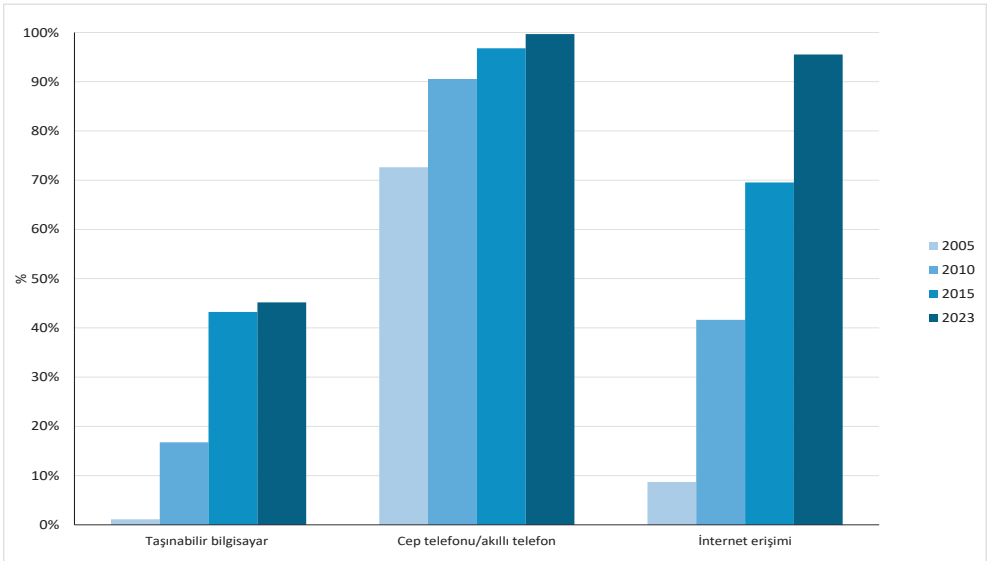
Kaynak: TÜİK, 2025

Şekil 5.11. Hanehalkı Büyüklüğü Gelişimi (2010–2023, kişi/hane)



Kaynak: TÜİK, 2024

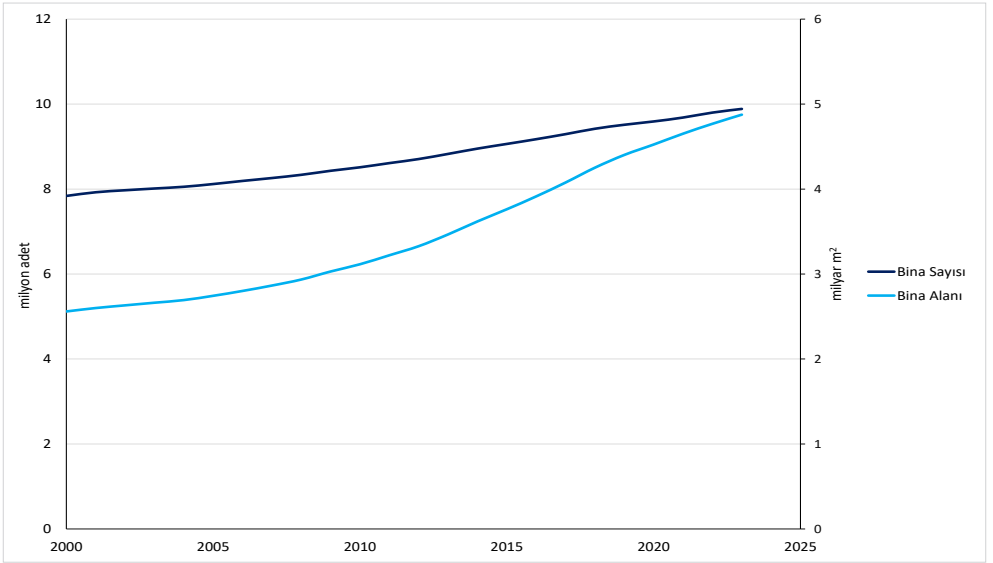
Şekil 5.12. Hanelerde Bazı Teknolojilerin Sahiplik Oranlarında Gelişim (2005, 2010, 2015, 2023, %)



Kaynak: TÜİK, 2023

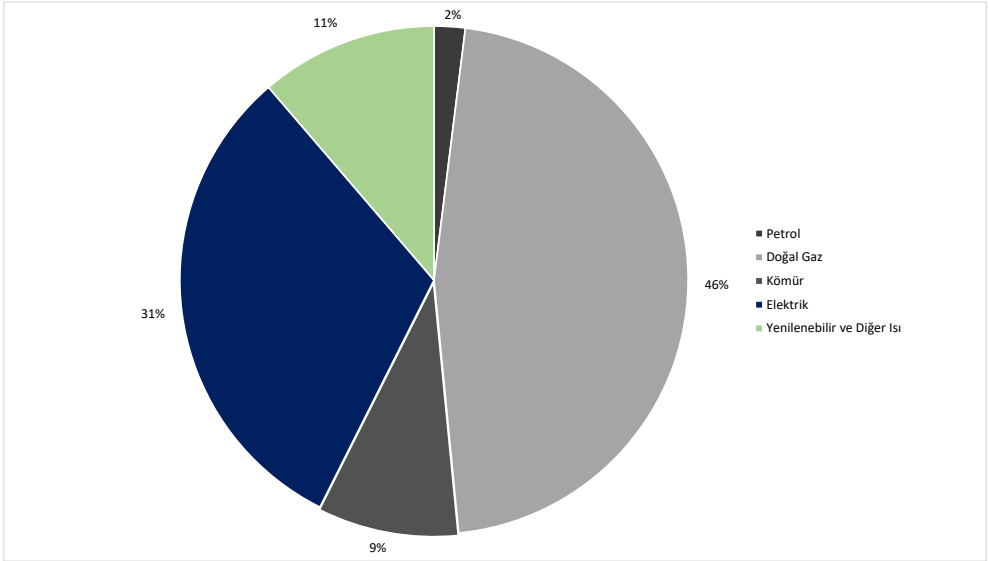
Kentleşmenin ve kentsel nüfusta artışın bir yansıması olarak konut sayısında hızlı artış devam ederken, kamu ve özel sektör hizmet bina stoku da büyümesini sürdürmektedir. 2000 yılında yaklaşık 8 milyon olan bina sayısı 10 milyon seviyesine ulaşmış, aynı dönemde bina alanı yaklaşık iki kat artışla 5 milyar m²'ye yükselmiştir (TÜİK, 2025b) (Şekil 5.13). Binalarda enerji talebinin yaklaşık üçte-ikisi ısıtma ve soğutma amaçlı olarak gerçekleşmektedir (TÜİK, 2024b). Binalarda enerji talebinin yaklaşık yarısı doğal gaz ile karşılanırken, elektrik enerjisinin katkısı üçte-bire yaklaşmaktadır. Kömür ve petrol ürünlerin binalarda enerji tüketiminde payı ise sırasıyla %9 ve %2 seviyesindedir. Son dönemde ortalama sıcaklıklardaki artışlar neticesinde soğutma talebinde artış gözlenmektedir. Bu gelişimin mevsimsel elektrik talep dinamiklerinde etkisi güçlenmeye devam etmektedir (IEA, 2021 ; IEA, 2024). Isıtma amaçlı doğrudan yenilenebilir enerji kullanımı talebin %6'sına karşılık gelmektedir (Jeotermal %2, güneş %1 ve biyokütle %3) (ETKB, 2024) (Şekil 5.14).

Şekil 5.13. Bina Sayısı ve Alanı Gelişimi (2000-2023, milyon adet, milyar m²)



Kaynak: TÜİK, 2025

Şekil 5.14. Binalarda Enerji Tüketimi (2023, %)

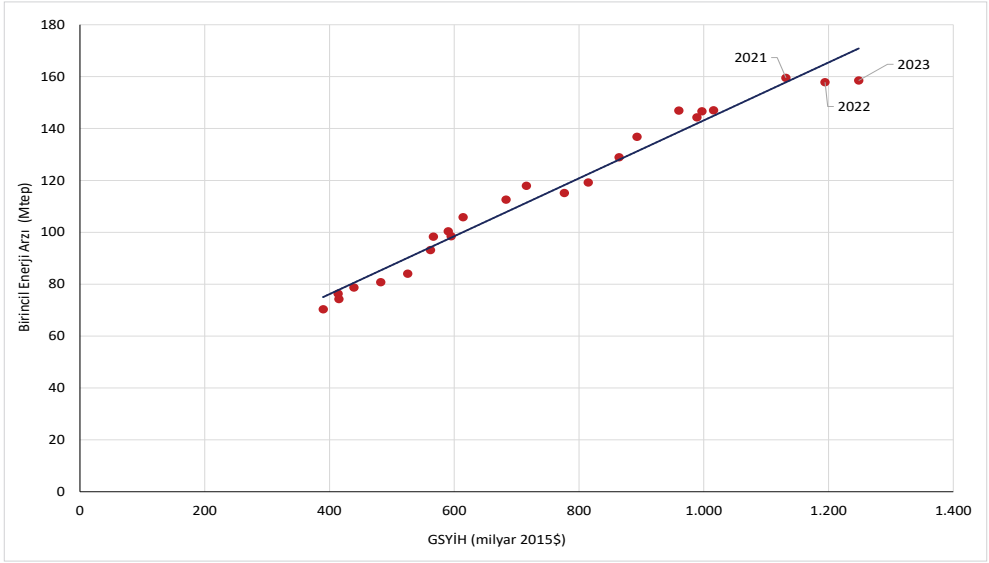


Kaynak: ETKB, 2024

5.3. Sanayileşme ve Sanayi Yapısı

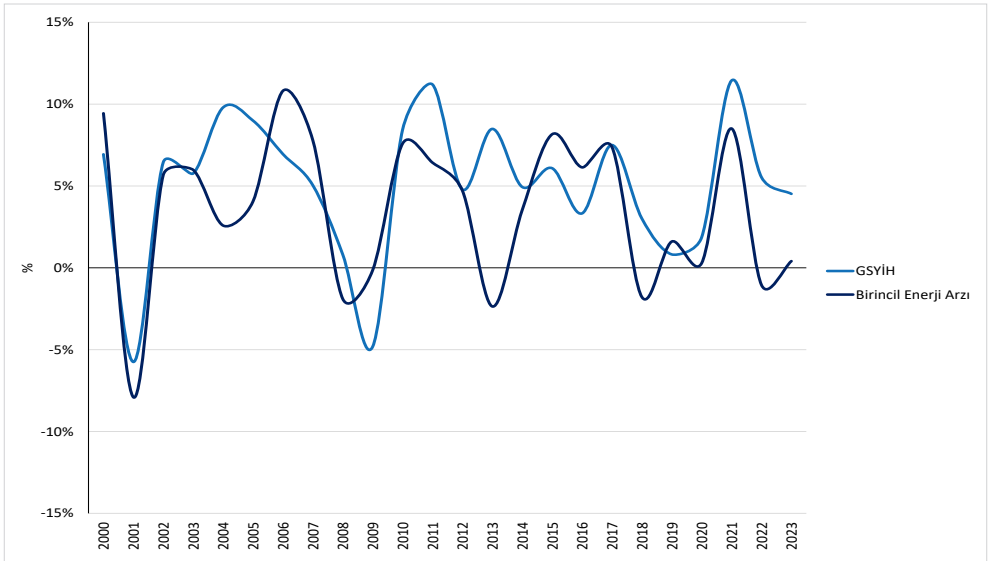
Gelişmekte olan bir ekonomi olarak Türkiye'nin enerji talebinde büyüme ile ekonomik büyüme arasındaki güçlü ilişki, son dönemde kısmen azalmakla birlikte devam etmektedir (Şekil 5.15 ve Şekil 5.16). Sosyo-ekonomik gelişim dinamiklerini de yansıtan bu etkileşim içerisinde, sanayi sektörünün Türkiye Gayri Safi Yurt İçi Hasılası (GSYİH) içerisindeki ağırlığı ve sanayinin enerji-yoğun yapısı oldukça etkili olmaktadır. 2000 yılından bu yana Türkiye nüfusu %32 ve Türkiye ekonomisi yaklaşık üç kat büyürken birincil enerji arzı yaklaşık iki katına çıkmıştır (Şekil 5.17). Sanayi sektörü GSYİH'nın yaklaşık üçte-birini oluşturmaktadır (1990 yılında %31, 2000 yılında %27 ve 2010 yılında %21) (TÜİK, 2024d). İmalat sanayi Türkiye GSYİH'nın yaklaşık beşte-birini temsil etmektedir (2000 ve 2010 yıllarında sırasıyla %19 ve %18). Türkiye, OECD ve G-20 ekonomileri içerisinde imalat sanayinin GSYİH payının en yüksek olduğu ülkelerden birisi olmaya devam etmektedir (OECD ortalaması %15, AB ve dünya ortalamaları %13) (World Bank, 2024b) (Şekil 5.18).

Şekil 5.15. GSYİH ve Birincil Enerji Arzı (2000–2023, milyar 2015 \$, Mtep)



Kaynak: ETKB, 2024; World Bank, 2024

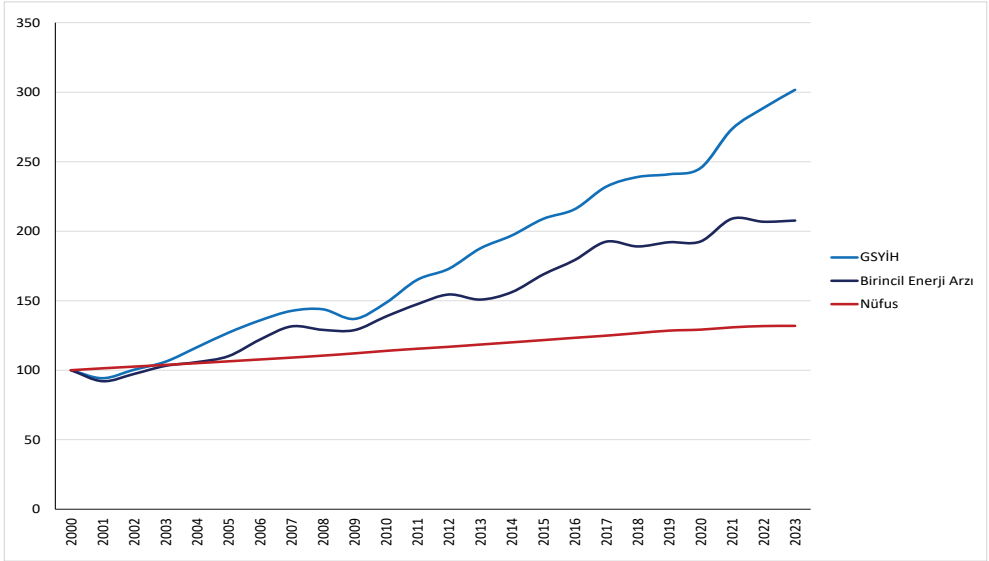
Şekil 5.16. GSYİH ve Birincil Enerji Arzı Yıllık Büyüme Hızları² (2000–2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024; World Bank, 2024

² 2015\$ bazında

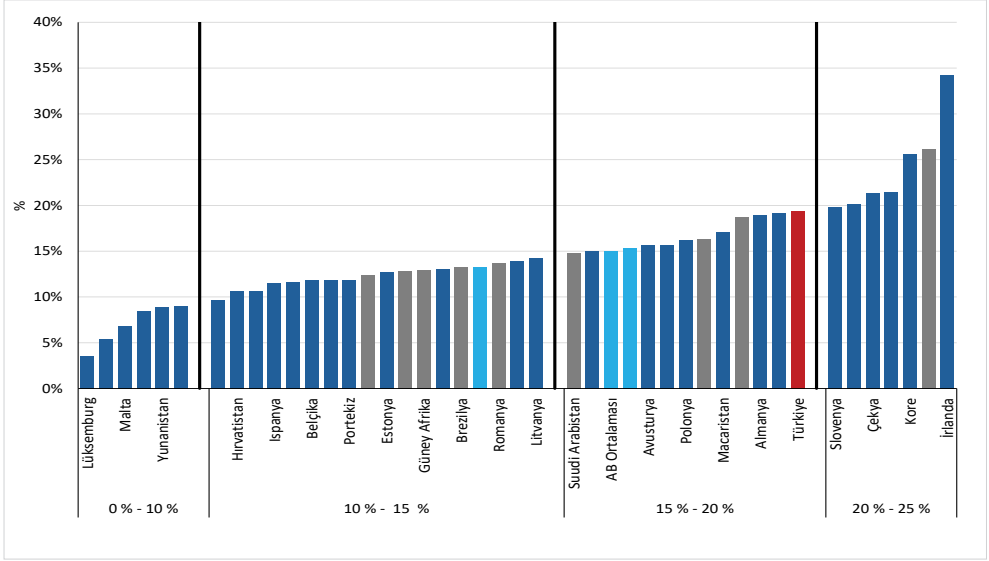
Şekil 5.17. Nüfus, GSYİH ve Birincil Enerji Arzı Gelişimi (2000 = 100)



Kaynak: ETKB, 2024; World Bank, 2024

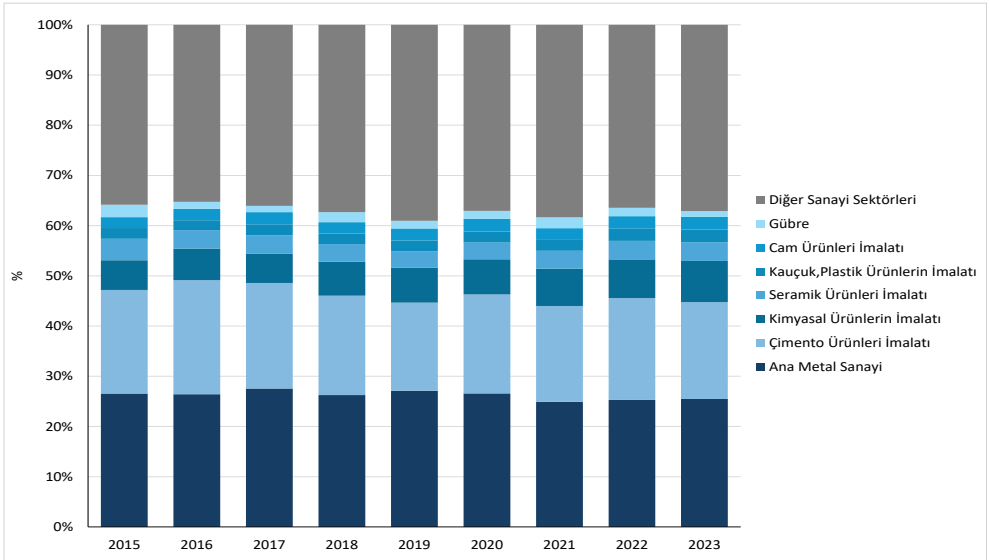
İmalat sanayide enerji-yoğun sektörler üretim ve ihracat bakımından ağırlıklı yer tutmaktadır. Sanayide enerji tüketiminin yaklaşık üçte-ikisi, çimento, demir-çelik, demir dışı metaller, kimya ve petrokimya, tekstil, cam ve seramik gibi, üretim süreçlerinde enerji girdisi yoğunluğu yüksek olan imalat sektörlerinde gerçekleşmektedir (Şekil 5.19). Çelik ve çimento sektörleri toplamda sanayi enerji tüketiminin yaklaşık %45'ini oluşturmaktadır. Bu yapısal karakteristiğin bir yansıması olarak, enerji verimliliği alanında güçlenen politika önceliklerinin, artan farkındalığın, ilgili yatırımlarda son dönemdeki artışların olumlu etkilerine karşın, sanayi sektörünün enerji dinamiklerinde enerji tüketimi ile ekonomik çıktı ve büyüme arasındaki kuvvetli ilişkiyi değiştirecek nitelikte bir değişim henüz gerçekleşmemiştir. Üretim süreçlerinde yüksek sıcaklık ve bununla ilişkili yanma proseslerinden yoğun şekilde faydalanan enerji-yoğun sanayi toplam enerji tüketiminin yaklaşık beşte-birine karşılık gelmektedir (Şekil 5.20) (ETKB, 2024). Enerji talebinde büyümenin itici güçleri arasında yer alan bu sektörler, Türkiye'nin ihracatına önemli katkılarıyla da öne çıkmaktadır (Şekil 5.21). Sanayi sektörü ve enerji tüketimi dinamikleri, gelişen bölgesel ve küresel rekabet koşulları, yeni ticaret dinamikleri, karbon ve sürdürülebilirlik ilişkileri içerisinde, kritik ve bütüncül planlama gerekliliğine işaret etmektedir. Ulusal Kalkınma Planı, imalat sanayiinde teknoloji odaklı yapısal dönüşüme öncelik vermektedir (SBB, 2023).

Şekil 5.18. Bazı OECD ve G-20 Ülkelerinde İmalat Sanayinin GSYİH İçerisindeki Payı (%)



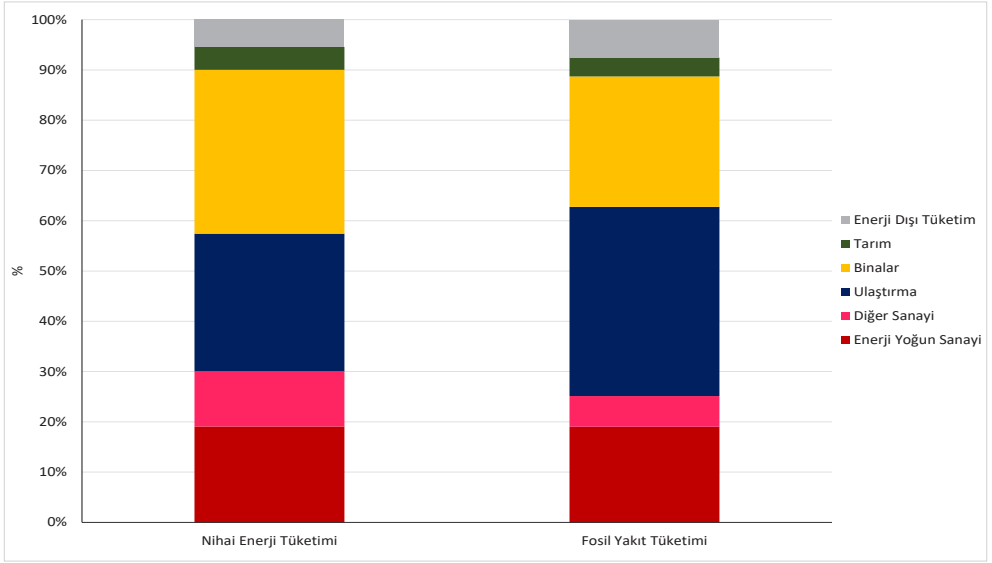
Kaynak: World Bank, 2024

Şekil 5.19. Sanayide Enerji Tüketiminin Sektörel Gelişimi (2015 -2023, %)



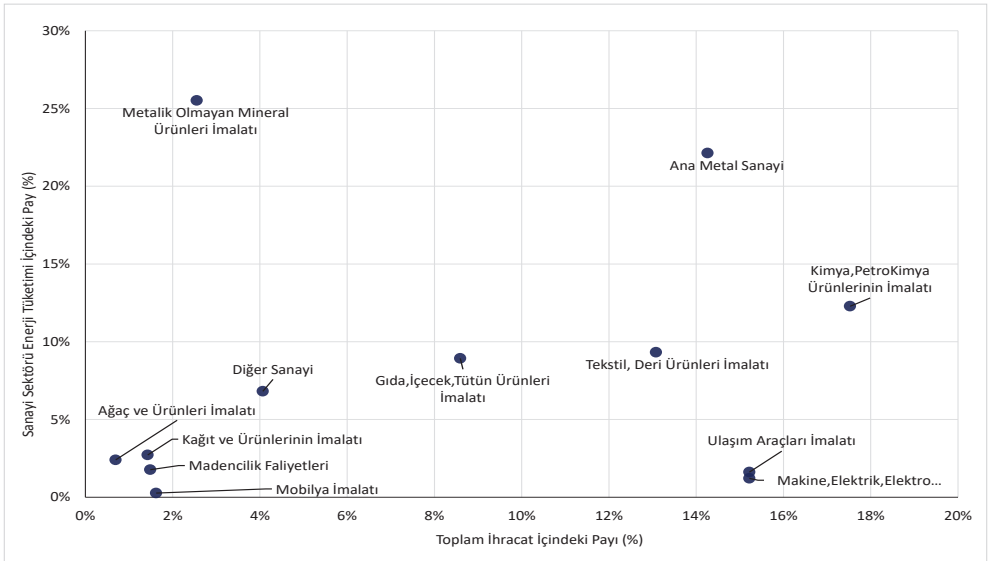
Kaynak: ETKB, 2024

Şekil 5.20. Enerji Yoğun Sanayi ve Toplam Nihai Enerji Talebi Görünümü (2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024

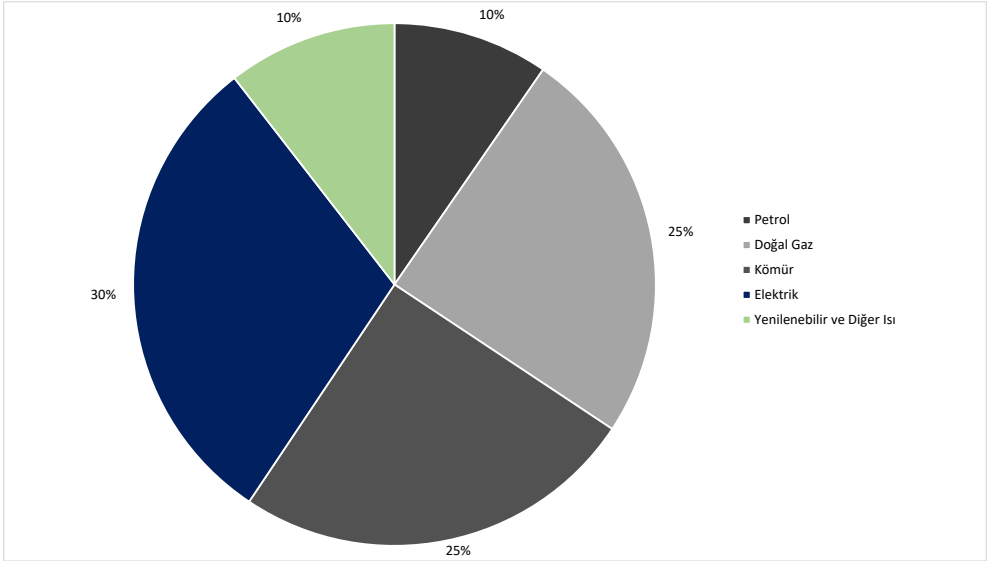
Şekil 5.21. Bazı Sanayi Sektörlerinin Sanayi Enerji Talebinde ve Toplam İhracatta Payları (%)



Kaynak: ETKB, 2024; TÜİK, 2025c, IICEC analizleri

Sanayide enerji tüketiminin yarısı doğal gaz ve kömüre dayalı olarak gerçekleşmektedir (kömür %25 ve doğal gaz %25). Elektrik enerjisinin payı %30'a ulaşmış olup, talebin yaklaşık %20'sini petrol ürünleri yenilenebilir enerji kaynakları ve diğer ısı formları oluşturmaktadır (petrol %10 ve yenilenebilir enerji ve diğer ısı %11). Yüksek sıcaklık gerektiren süreçlerde fosil yakıt ağırlığı devam ederken, önemli bölümü elektrik motorları ve ilişkili sistemlerden kaynaklanan elektrik enerjisi tüketimi, aynı zamanda ısıtma ve soğutma taleplerindeki artış ve fosil yakıt ikamesi alternatifleri çerçevesinde büyüme göstermeye devam etmektedir (Şekil 5.22). Çimento sektöründe enerji tüketiminin %78'i fosil yakıtlara dayalı olarak gerçekleşirken, bu oran demir-çelik sektöründe %75, kimya ve petrokimyada %60, cam ve seramik sektörlerinde ise sırasıyla %77 ve %82 seviyesindedir. Elektriğin en yoğun kullanıldığı sektörler arasında makine, elektrik, elektronik ürünleri imalatı, ulaşım araçları imalatı ve mobilya imalatı ön plana çıkmakta olup, enerji yoğunluğu daha düşük olan bu sektörlerde elektrik enerjisinin enerji talebini karşılama oranı %55-75 bandında gerçekleşmektedir (ETKB, 2024).

Şekil 5.22. Sanayide Enerji Tüketimi (2023, %)

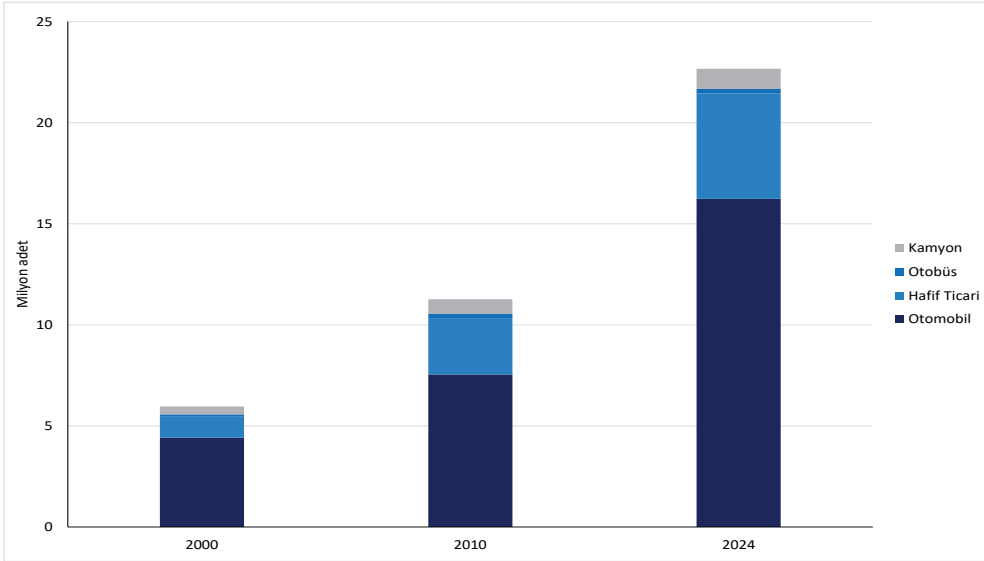


Kaynak: ETKB, 2024

5.4. Mobilite ve Ulaşım

Mobilite dinamikleri, enerji talebinin gelişiminde önemli belirleyici unsurlar arasında yer almaktadır. Hem yolcu hem de yük taşımacılığı aktivitesinde güçlü büyüme, GSYİH, ekonomik aktivite, nüfus artışı ve refah seviyesine ilişkin gelişmeler ile desteklenerek devam etmektedir. 2000 yılından bu yana şehirlerarası yolcu ve yük taşımacılığı iki kat artış göstermiştir (Yıllık ortalama %3 büyüme). Bu dönemde motorlu araç parkı yaklaşık dört katına çıkarak 8 milyondan 31 milyona ulaşmıştır (Şekil 5.23 ve Şekil 5.24). (TÜİK, 2025d). Aynı dönemde havayolu altyapında büyümeyle birlikte havayolu ile yolcu taşıma aktivitesi güçlenirken, denizyolu ve demiryolu modlarında yolcu ve yük taşıma aktivitelerinde ise daha sınırlı ilerleme kaydedilmiştir. Bunların neticesinde karayolunun şehirlerarası ulaşım faaliyetlerinde yüksek payı devam etmektedir. Türkiye, Avrupa ülkeleri içerisinde yolcu taşıma modlarında karayolu yoğunluğunun en yüksek olduğu ülkeler arasındadır (%85-90) (Şekil 5.25). Karayolunun yük taşımacılığında ağırlığı da deniz yolu katkısının sınırlı olduğu ülkelere kıyasla da oldukça yüksektir (Türkiye’de yaklaşık %90, Almanya’da %82 ve Fransa’da %76) (European Commission, 2024a).

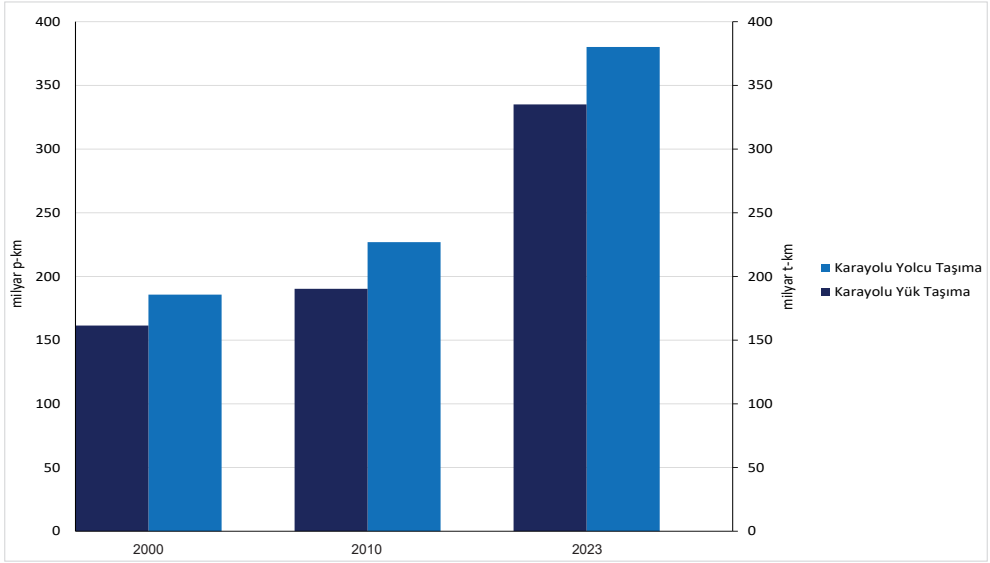
Şekil 5.23. Motorlu Taşıt Parkının Gelişimi³ (2000-2024, milyon adet)



Kaynak: TÜİK, 2025

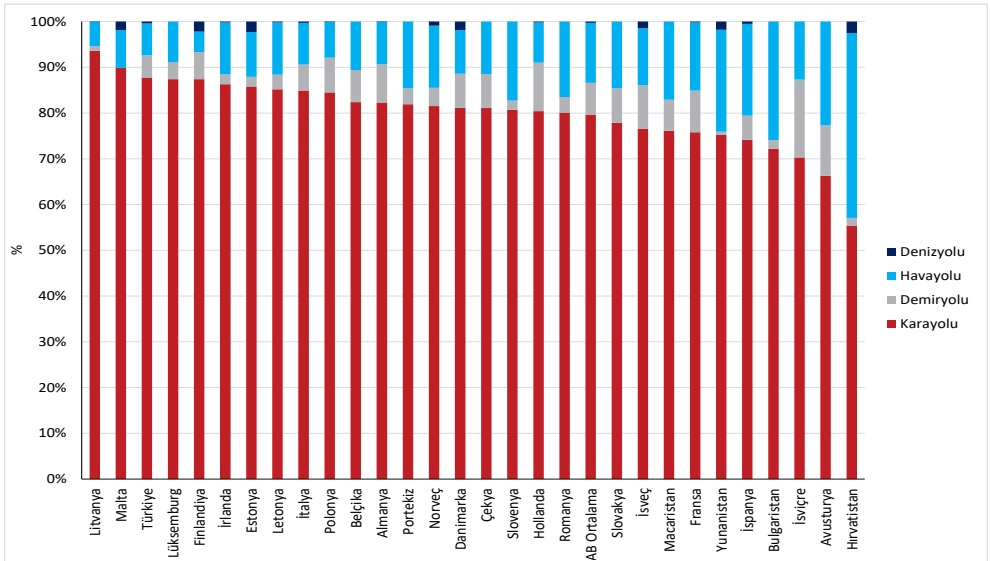
³ Motorsiklet ve özel amaçlı araçlar hariç

**Şekil 5.24. Şehirlerarası Karayolu Yolcu ve Yük Taşıma Aktivitesi Gelişimi
(2000-2023, milyar p-km ve milyar t-km)**



Kaynak: UAB, 2024; KGM, 2024

Şekil 5.25. Avrupa Ülkelerinde Yolcu Taşımacılığında Modların Payı (2023, %)

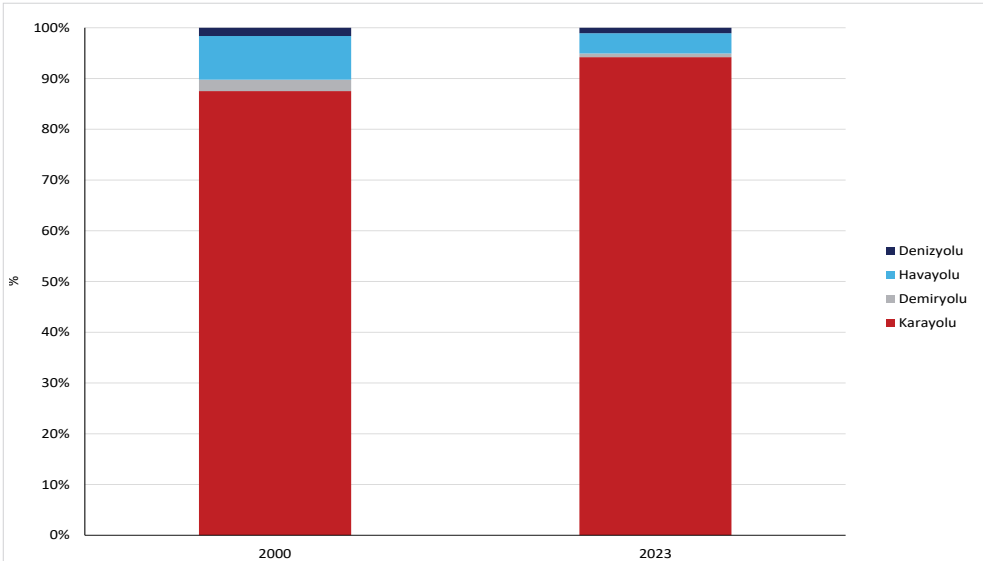


Kaynak: European Commission, 2024b; UAB, 2024; IICEC analizleri

Sosyal ve ekonomik gelişimin ve artan mobilite ihtiyaçlarının destekleyicisi olan şehirlerarası yük ve yolcu trafiğinde olduğu gibi kentsel ulaşım aktivitesinde de hızlı artış sürmektedir. Kentsel ulaşımın toplam ulaştırma talebi içerisindeki payı artmaktadır. Şehirlerarası ve şehir içi ulaşım aktivitesini ayrı ayrı dikkate alan detaylı IICEC analizlerine göre, toplam yolcu taşımacılığı aktivitesinin ve toplam yük taşıma aktivitesinin %90'ı karayolu ile gerçekleştirilmektedir. IICEC analizlerine göre şehir içi ulaşımın toplam ulaşım aktivitesindeki payı %50 seviyesine ulaşmıştır. Kentsel nüfus yoğunluğunda, şehirleşme dinamiklerinde ve ekonomik aktivitede artış bu talebi desteklemekte, toplu taşımada gelişim, enerji verimliliği odaklı şehir planlama stratejileri gibi faktörler daha verimli enerji talebi geleceği bakımından henüz kısmen değerlendirilebilmiş önemli bir potansiyel oluşturmaya devam etmektedir.

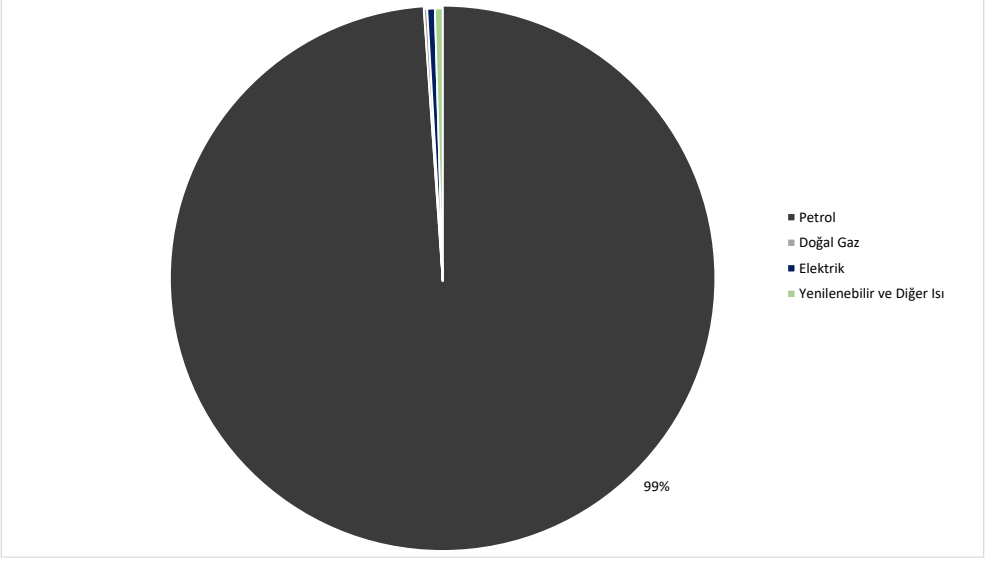
Karayolunun deniz yolları ve demir yollarına kıyasla enerji yoğunluğunun yüksek olması, ulaştırma sektörünün yakıt ve teknoloji seçenekleri bazında enerji dengesi dinamiklerine ve enerji tüketiminin modlar arasında dağılımına yansımaktadır. Ulaşımın kaynaklı enerji tüketiminin %94'ü karayolunda gerçekleşirken, bunu %4 ile havayolu takip etmektedir (2000 yılında %88 ve %9). Daha verimli olan deniz yolu ve demir yolunun ulaştırma enerji talebi içerisindeki toplam payı halen %2 seviyesindedir. Ulaştırma enerji talebinin %99'u petrol ürünlerine dayalı olarak gerçekleşmeye devam etmektedir (ETKB, 2024). Son dönemde elektrikli araçlarda büyüme ivmesi, özel yolcu taşımacılığında elektrik enerjisinin payını yükseltmektedir (Şekil 5.26 ve Şekil 5.27).

Şekil 5.26. Ulaştırma Enerji Talebinin Ulaşım Modlarına Dağılımının Gelişimi (2000- 2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024

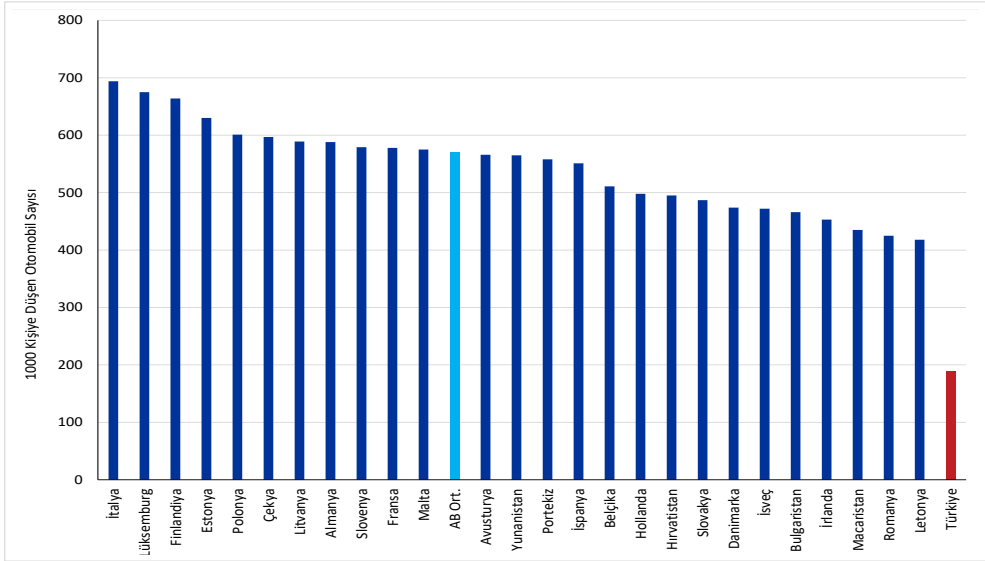
Şekil 5.27. Ulaştırma Enerji Tüketimi (2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024

Ulaşım aktivitesini ve ulaşımda enerji tüketimini belirleyen önemli faktörler irdelendiğinde, otomobil sahipliği dinamikleri de öne çıkmaktadır. Son dönemde otomobil parkında yıllık ortalama yaklaşık 1 milyon seviyesinde gerçekleşen büyümeye karşın, kişi başına otomobil sahipliği halen AB ortalamasının üçte-biri seviyesindedir (Şekil 5.29) (ACEA, 2025; European Commission, 2024c; OSD, 2024; TÜİK 2025d). Gelir seviyeleri ve otomobil sahipliği arasında kuvvetli ilişki devam etmekte, uygun finansmana erişim olanakları motorlu araç parkında büyüme ve dönüşüm hızında etkili olmaktadır. Otomobil parkında güçlü büyüme potansiyelinin, önümüzdeki dönemde yolcu taşıma aktivitesinin büyümesinde ve modlar arası geçiş hızında güçlü etkisinin devam etmesi beklenmektedir. Son dönemde hafif araç parkında büyümede hibrit ve elektrikli araçlar hızlı artış gösterirken, bu gelişim özel yolcu taşımacılığının ortalama yakıt ekonomisinde ve enerji veriminde iyileşme sağlamaya devam etmektedir.

Şekil 5.28. Avrupa Ülkelerinde Kişi Başına Otomobil Sahipliği (adet/1000 kişi)

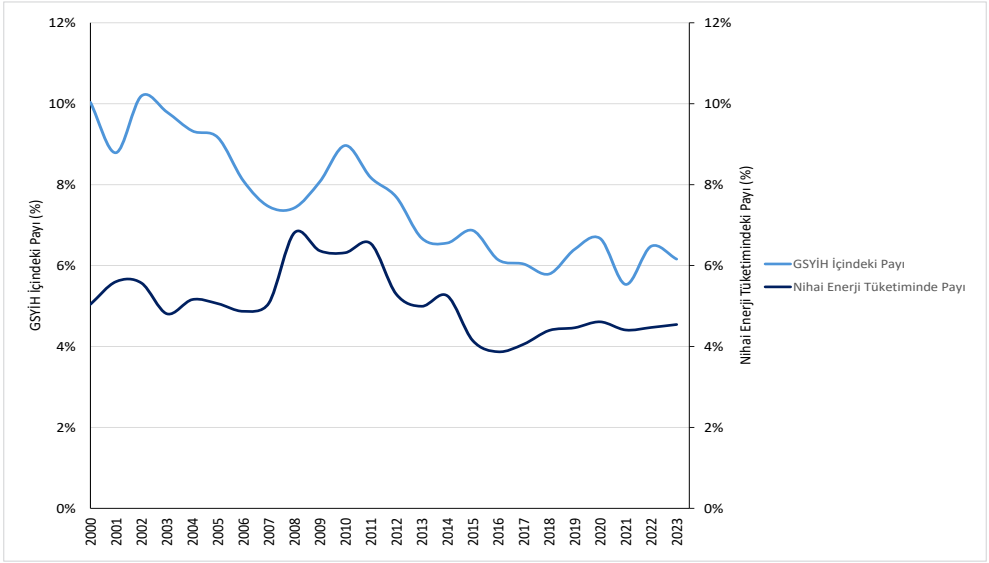


Kaynak: European Comission, 2024; TÜİK, 2025

5.5. Tarım

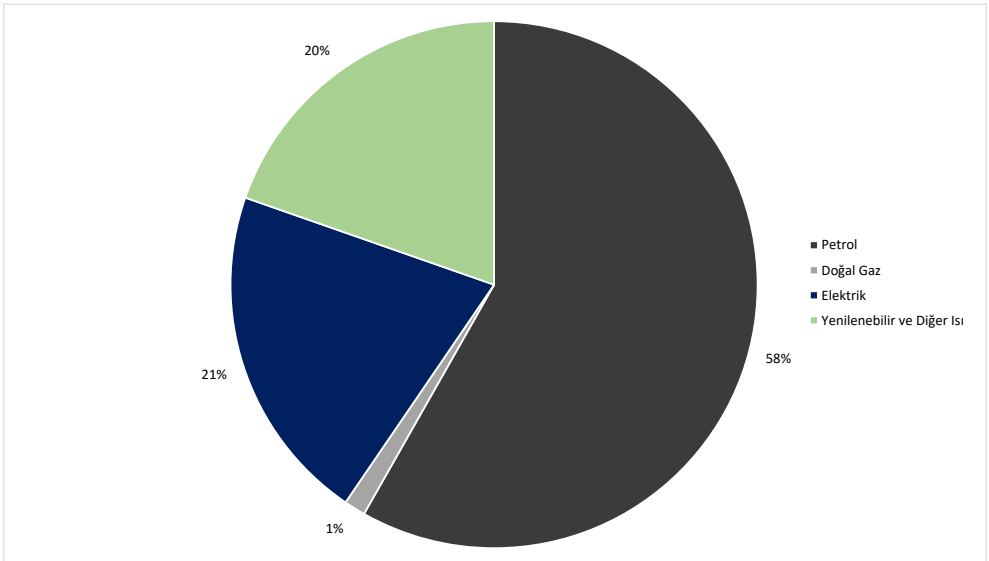
Tarım sektörü 2023 yılı itibarıyla Türkiye'nin GSYİH içerisinde %6 paya sahiptir (2000 yılında %10). Tarımsal alan büyüklüğünde önemli bir değişim kaydedilmemiştir (Yaklaşık 24 bin ha) (ÇŞİDB, 2022). Diğer sektörlerin büyüme hızında artış neticesinde tarımın Türkiye ekonomisi içerisinde payı azalma eğilimini sürdürmektedir. Bununla birlikte sektörün Türkiye'nin toplam nihai enerji tüketimindeki payında güçlü bir değişim gerçekleşmemiştir (Şekil 5.29). Türkiye Avrupa ülkeleri içerisinde tarımın nihai enerji tüketiminde ağırlığı bakımından en ön sıralarda yer almaya devam etmektedir. Tarım sektöründe enerji tüketiminin ana bileşenlerini, tarımsal ekipmanlarda petrol ürünleri kullanımı, jeotermal seracılık ve tarımsal sulamada elektrik tüketimi oluşturmaktadır (Şekil 5.30).

Şekil 5.29. Tarım Sektörünün GSYİH ve Nihai Enerji Tüketiminde Payının Gelişimi (2000-2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024; World Bank, 2024

Şekil 5.30. Tarım Enerji Tüketimi (2023, %)



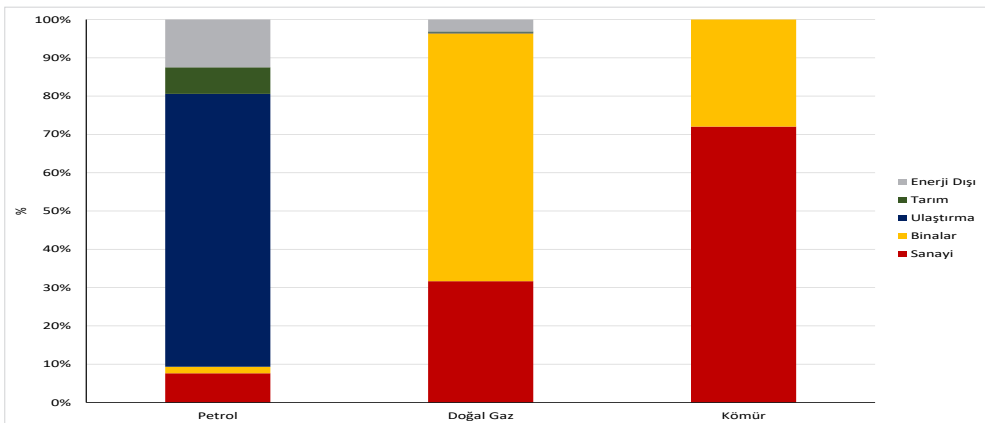
Kaynak: ETKB, 2024

5.6. Nihai Enerji Talebi Yakıt Kompozisyonuna Bütüncül Bakış

Türkiye'nin nihai enerji talebinin %72'si fosil yakıtlara dayalı olarak gerçekleşmeye devam ederken, Bölüm 5.2 – Bölüm 5.6'da belirtildiği üzere, bu kaynakların sektörel tüketimi talep karakteristikleri çerçevesinde önemli farklılıklar ölçülmektedir. Petrol, ağırlıklı olarak bir ulaşım hikayesi olmayı sürdürmektedir. Petrol tüketiminin %71'den fazlası ulaşırmada gerçekleşmekte, bunu yaklaşık %13 ile enerji dışı kullanımlar ve yaklaşık %8 ile sanayi takip etmektedir. Doğal gaz, yatırım stratejilerinin ve sanayide esnek kullanım avantajlarının neticesinde nihai talep sektörlerinde ağırlıklı olarak binalar ve sanayide tüketilmektedir. Bu iki sektör toplam nihai doğal gaz tüketiminin %96'dan fazlasına karşılık gelmektedir. Kömür tüketiminin %70'den fazlası sanayiden kaynaklanırken, binalarda ısınma amaçlı tüketim nihai kömür talebinin yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır (Şekil 5.31) (ETKB, 2024).

Elektrik enerjisinin nihai enerji talebinin karşılanmasında payını genişleten yönelimler, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye enerji sektörünün de temel dinamikleri arasındadır. Elektrik enerjisinin nihai enerji tüketiminde 2000 yılında %13 olan payı 2023 yılında %20 seviyesini aşmıştır. 2000 – 2023 döneminde toplam nihai enerji talebinde %97 artışa karşın, nihai elektrik enerjisi talebi yaklaşık üç kat büyüme göstermiştir (Yıllık ortalama %3 ve %5 büyüme). 2000 – 2023 döneminin çok büyük bölümünde yıllık bazda elektrik talebi toplam nihai enerji talebine göre daha güçlü seyretmiştir (Şekil 5.32 ve Şekil 5.33). Nihai enerji talebi 2022 yılında yaklaşık %3 azalırken 2023 yılında bir önceki yıla göre %1 artış göstermiştir. Diğer yandan nihai elektrik talebinde 2022 yılında binde bir düşüş gözlenirken 2023 yılında bir önceki yıla kıyasla %1 artış kaydedilmiştir. 2024 yılında brüt elektrik üretimi %5'den fazla artış kaydetmiş olup bu büyümenin de nihai enerji talebi artışının oldukça üzerinde gerçekleştiği tahmin edilmektedir⁴ (ETKB, 2024 ; TEİAŞ, 2025).

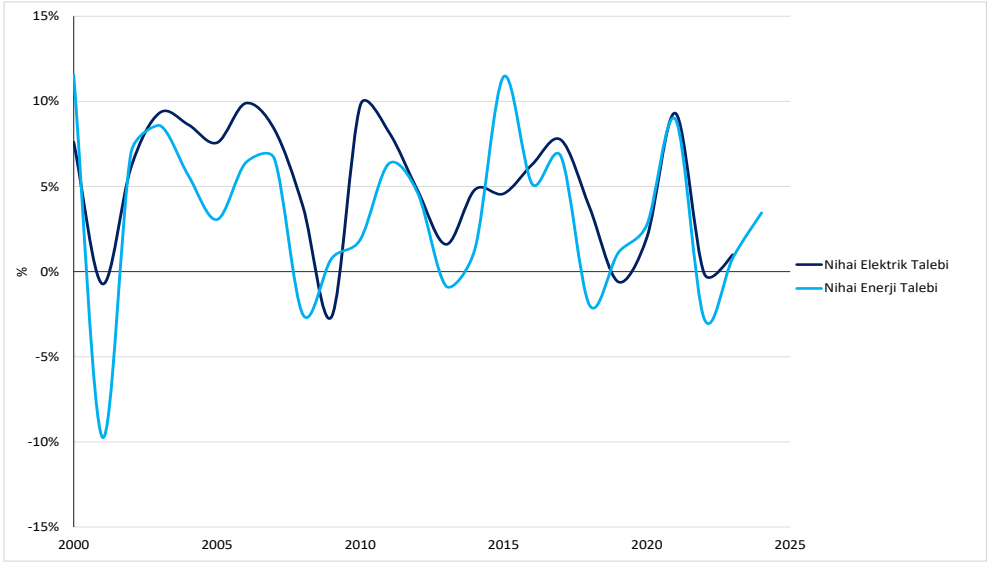
Şekil 5.31. Fosil Yakıt Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024

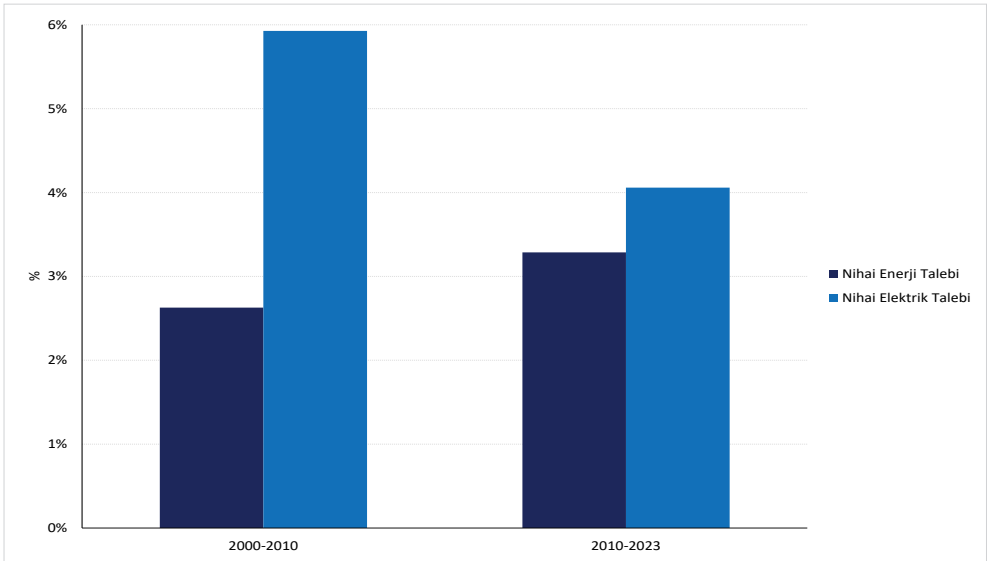
⁴ 2024 yılı Enerji Denge Tablosu ve ilgili resmi istatistikler henüz yayımlanmamıştır.

Şekil 5.32. Nihai Enerji Talebi ve Nihai Elektrik Talebi Yıllık Değişimleri (2000-2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024; TEİAŞ, 2025

Şekil 5.33. Nihai Enerji Talebi ve Nihai Elektrik Talebi Yıllık Ortalama Büyüme Hızları (2000-2023, %)

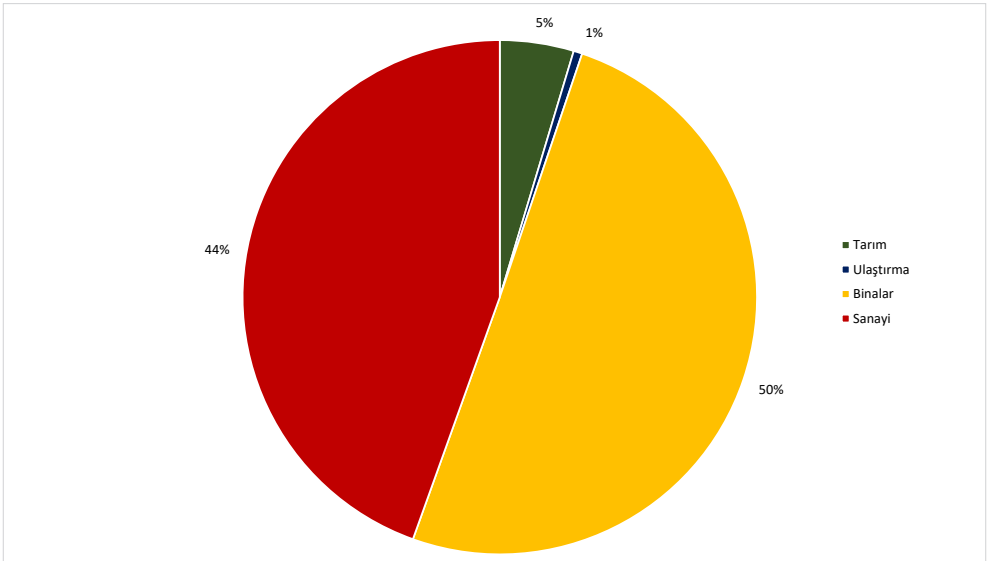


Kaynak: ETKB, 2024

Toplam nihai elektrik enerjisi talebinin yarısı binalarda gerçekleşirken, bunu %45 ile sanayi izlemektedir (Şekil 5.34). Bu iki sektörde elektrifikasyon dinamikleri güçlü seyretmeye devam ederken, son dönemde elektrikli mobilite ekosistemindeki gelişmeler ulaşımda elektrik talep artışında hızlı büyümeyi beraberinde getirmektedir. Isı pompası çözümlerinin yaygınlık kazanmasına ilişkin hedefler, enerji talep dengeleri içerisinde elektriğin rolünü artıracak yeni bir büyüme alanı olarak öne çıkmaktadır. Artan dijitalleşme, yapay zekâ uygulamaları ve bunların destekleyicisi olan veri merkezlerinde yaygınlaşma beklentileri, elektrik talebinde orta ve uzun vadede büyümeyi güçlendirecek yeni dinamiklerdir.

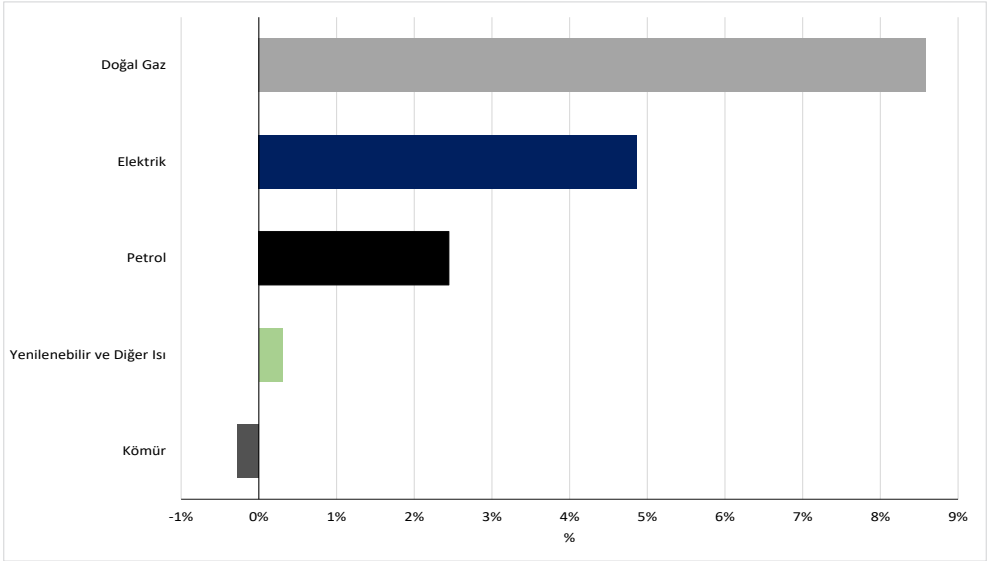
Nihai enerji talebinin sektörel ve enerji türleri bazında gelişimi 2000 yılından bu yana analiz edildiğinde, doğrudan yenilenebilir enerji katkısında belirgin bir düşüş gözlenmektedir. Bu dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarının ve diğer ısı uygulamalarının nihai enerji tüketiminde çok sınırlı büyüme gerçekleşirken toplam katkıları %14'den %8'e gerilemiştir. Jeotermal ısıtma, güneş enerjisinin binalarda ve sanayide kullanımı, binalarda ve sanayide biyokütle enerjisi, nihai enerji talebinde yenilenebilir enerji tüketimini şekillendiren kullanım alanlarıdır. Nihai yenilenebilir enerji talebinin %47'si nispeten düşük sıcaklıklar gerektiren binalarda gerçekleşirken, bunu %40 ile sanayi izlemektedir. Jeotermal, bölgesel ısıtmanın yanı sıra tarımda seracılık uygulamalarında da değerlendirilmektedir (Şekil 5.35 ve Şekil 5.36) (ETKB, 2024).

Şekil 5.34. Elektrik Tüketiminin Sektörlere göre Dağılımı (2023, %)



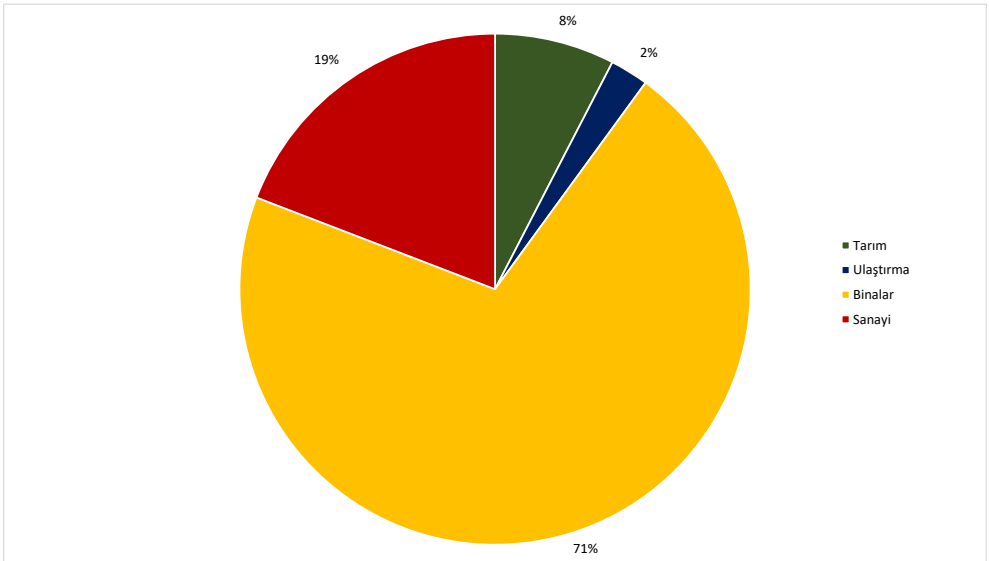
Kaynak: ETKB, 2024

Şekil 5.35. Nihai Enerji Talebinde Yıllık Ortalama Büyüme Hızları (2000–2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024

Şekil 5.36. Doğrudan Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Payı (2023, %)

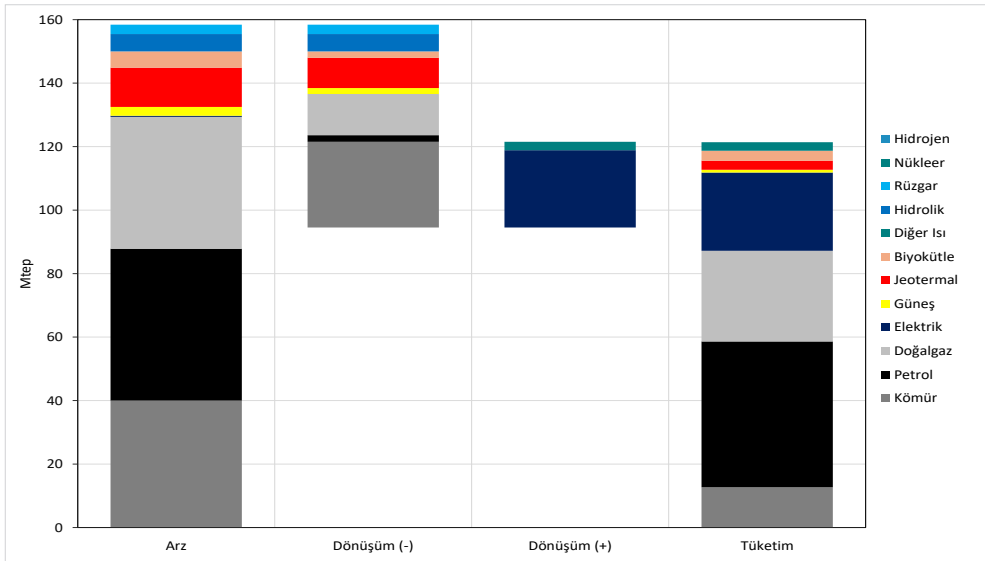


Kaynak: ETKB, 2024

5.7. Genel Enerji Dengesinin Yapısını Belirleyen ve Dönüşümünü Destekleyen Kritik Faktörler

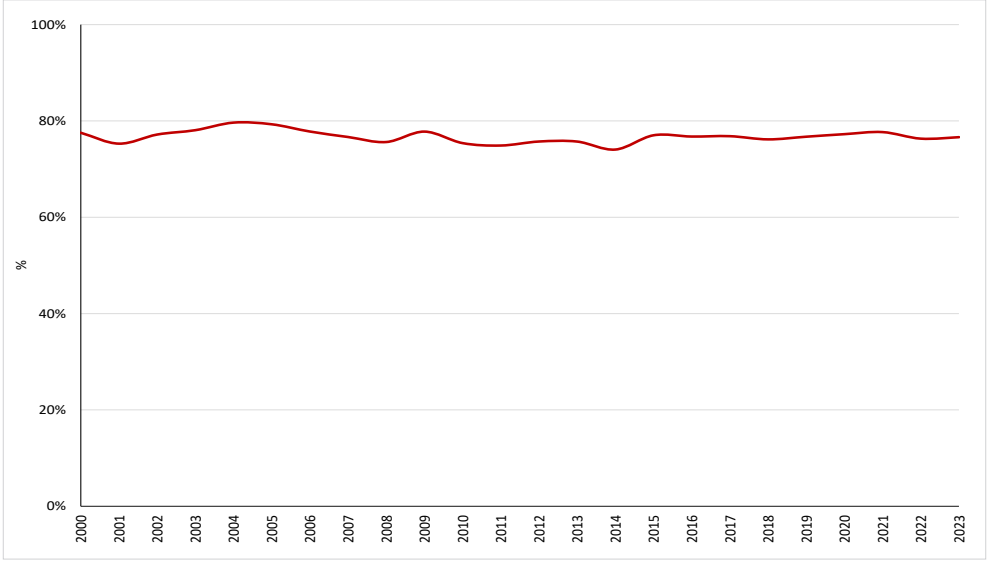
Enerji talebinin ve çevrim sektörünün yapısı, politika öncelikleri, teknolojik gelişmeler ve piyasa yönelimleri ile şekillenmektedir. Enerji kaynağı ve teknoloji tercihleri ve dönüşümleri, bütüncül enerji dengesinde, birincil enerji arzından nihai enerji talebine ve enerji talep hizmetlerine kadar genel dinamikleri belirlemektedir. Türkiye enerji dengesi, çevrim sektörleri girdileri ve çıktılarını da içerek şekilde Şekil 5.37’de sunulmaktadır. Enerji sisteminde birincil enerji kaynaklarının nihai talep edilen enerji türlerine dönüşümü, elektrik üretim sektörü ve rafineriler başta olmak üzere çevrim sektörlerinde gerçekleşmektedir. Enerjinin birincil enerji arzından nihai tüketimine iletim ve dağıtım gibi değer zinciri bileşenleri içerisinde gerçekleşen teknik kayıplar, birincil enerjiyi talep edilen formlara dönüştüren çevrim sektörlerinin teknik dönüşüm verimleri ile birlikte nihai enerji tüketimi ile birincil enerji arzı arasındaki farkı oluşturmaktadır. 2023 yılında enerji sisteminde net çevrim kayıpları ve teknik kayıplar 37 Mtep’e karşılık gelmektedir (Birincil enerji arzının %24’ü) (Şekil 5.37). 2000 yılından bu yana Türkiye’nin enerji dengesi irdelendiğinde, nihai enerji talebinin birincil enerji arzına oranının %75-80 seviyesinde gerçekleşmeye devam ettiği görülmektedir (Şekil 5.38).

Şekil 5.37. 2023 Enerji Dengesine Bütüncül Bakış



Kaynak: ETKB, 2024; IICEC analizleri

Şekil 5.38. Nihai Enerji Talebinin Birincil Enerji Arzına Oranı Gelişimi (2000–2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024

Nihai enerji tüketiminde elektrifikasyon ve doğrudan yenilenebilir enerji kullanımı, enerji talep hizmetlerinin fosil yakıtlara dayalı yanma süreçlerine kıyasla daha verimli karşılanmasını sağlamaktadır. Elektrik üretiminde rüzgâr, güneş ve hidroelektrik potansiyelinin daha yaygın kullanımı ise, termik kaynaklara dayalı elektrik üretim seçeneklerine kıyasla yüksek çevrim verimlilikleri çerçevesinde nihai elektrik talebindeki artış hızının birincil enerji arzında daha yavaş büyüme ile gelişimini desteklemektedir. Bu dönüşümde, binalarda ve sanayide elektrifikasyonun yaygınlaşması etkili olmaya devam edecektir. Ulaşımda elektrifikasyon, son dönemde teknolojik ilerlemeler, yeni iş modelleri, altyapı gelişimi ve piyasa oluşumu ile desteklenerek yeni ve güçlü bir büyüme alanı olarak gelişmektedir. Bu gelişmeler, kömür, doğal gaz ve petrol ithalatında ve emisyon envanterinde azaltım fırsatlarını beraberinde getirmektedir (IICEC, 2021; IICEC, 2022; IICEC, 2023).

Yenilenebilir enerjinin elektrik üretiminin ağırlıklı bileşeni durumuna gelmesine yönelik hedeflerin yanı sıra, nihai enerji talebine doğrudan yenilenebilir enerji katkısında da yüksek potansiyel bulunmaktadır. Bu potansiyelin artan oranda performansa dönüştürülebilmesinin de daha güvenli ve sürdürülebilir enerji geleceğinin en önemli destekleyicileri arasında olacağı görülmektedir (IİCEC, 2023). Enerji arzından talebine kadar tüm bu dönüşümler, enerji sisteminin toplam verimliliğinde gelişim fırsatlarının ve potansiyelinin, enerji sistemini daha güvenli, rekabetçi ve sürdürülebilir bir düzleme doğru geliştirecek stratejilerin ve piyasa yönelimlerinin değerlendirilmesi bakımından da öne çıkmaktadır.

Çalışmanın sonraki bölümlerinde, Türkiye'nin enerji verimliliği ve enerji yoğunluğu performansında gelişmeler ve önemli hedefler, enerji talep sektörlerine ve hizmetlerine bütüncül ve detaylı bir analitik bakış çerçevesinde sunulmaktadır.

Referanslar

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2022), Türkiye Ulusal Enerji Planı
<https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20317>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024), Denge Tabloları
<https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>
- European Automobile Manufacturers Association (ACEA) (2025), Vehicles on European Roads
https://www.acea.auto/files/ACEA_Report_-_Vehicles_on_European_roads_2025.pdf
- European Commission (2024a), Eurostat, Modal Split Of Air, Sea And Inland Passenger Transport
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tran_hv_ms_psmod/default/table
- European Commission (2024b), Passenger Cars - per Thousand Inhabitants
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_eqs_carhab__custom_9275964/default/table?lang=en
- European Commission (2024c), EU Median Age Increased By 2.3 Years Since 2013
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240215-1>
- International Energy Agency (IEA) (2021), Türkiye Climate Resilience Policy Indicator
<https://www.iea.org/articles/turkiye-climate-resilience-policy-indicator>
- International Energy Agency (IEA) (2025), Data and Statistics
<https://www.iea.org/data-and-statistics>
- Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) (2023), Karayolu Ulaşım İstatistikleri 2023
<https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Yayinlar/YayinPdf/KarayoluUlasimIstatistikleri2023.pdf>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2024), OECD Stat
<https://stats.oecd.org/>
- Otomotiv Sanayicileri Derneği (OSD) (2024), Otomotiv Sanayii Genel ve İstatistik Bülteni
<https://www.osd.org.tr/saved-files/PDF/2024/08/08/KATALOG%202024.pdf>
- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2020), Turkey Energy Outlook 2020
<https://iicec.sabanciuniv.edu/tr/teo>
- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2021), Türkiye Elektrikli Araçlar Görünümü
<https://iicec.sabanciuniv.edu/tr/tevo>

- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2022), Türkiye Yenilenebilir Enerji Görünümü
<https://iicec.sabanciuniv.edu/treo>
- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2023), Türkiye Hidrojen Geleceği
<https://iicec.sabanciuniv.edu/tr/tghf>
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) (2022), Çevresel Göstergeler
<https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/kisi-basina-tarim-alani-i-85832>
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB) (2023), On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028)
https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi (CYO) (2024), Kütüphane
<https://www.invest.gov.tr/tr/library/sayfalar/default.aspx>
- Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) (2024), İstatistikler
<https://www.uab.gov.tr/istatistikler>
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) (2025), Türkiye Elektrik Üretim İletim İstatistikleri
<https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2023a), Kent-Kır Sınıflaması, Yaş Grubu Ve Cinsiyete Göre Nüfus
<https://data.tuik.gov.tr/bulten/index?p=kent-kir-nufus-istatistikleri-2022-49755>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2023b), Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması
[https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-\(BT\)-%20Kullanim-Arastirmasi-2023-49407](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-%20Kullanim-Arastirmasi-2023-49407)
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2024a), Nüfus Projeksiyonları
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2023-2100-53699>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2024b), Hanehalkı Nihai Enerji Tüketim İstatistikleri 2024
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Nihai-Enerji-Tuketim-%20Istatistikleri-2022-53805>

- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2024c), İstatistiklerle Aile
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Istatistiklerle-Aile-2023-53784>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2024d), Annual Gross Domestic Product 2023
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Annual-Gross-Domestic-Product-2023-%2053450&dil=1>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2025a), Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları 2024
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=The-Results-of-Address-Based-%20Population-Registration-System-2024-53783&dil=1>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2025b), Yapı İzin İstatistikleri
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yapi-Izin-Istatistikleri-IV.-Ceyrek:-Ekim-%20Aralik,-2024-54153>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2025c), Foreign Trade Statistics
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Foreign-Trade-Statistics-January-2025-53900>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2025d), Motorlu Kara Taşıtları
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2024-53463>
- United Nations (UN) (2024), Revision of World Population Prospects
<https://population.un.org/wpp/>
- World Bank (2024a), Health, Nutrition and Population Statistics
<https://databank.worldbank.org/source/health-nutrition-and-population-statistics/Series/SP.POP.GROW>
- World Bank (2024b), World Development Indicators
<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators/Series/NV.IND.MANF.ZS>

BÖLÜM 6:

Enerji Verimliliğinde Kritik
Göstergeler, Gelişmeler
&
Hedefler

6.1. Enerji Yoğunluğu Gelişimi, Son Dönemdeki Güçlü İyileşmeler ve Mevcut Durum

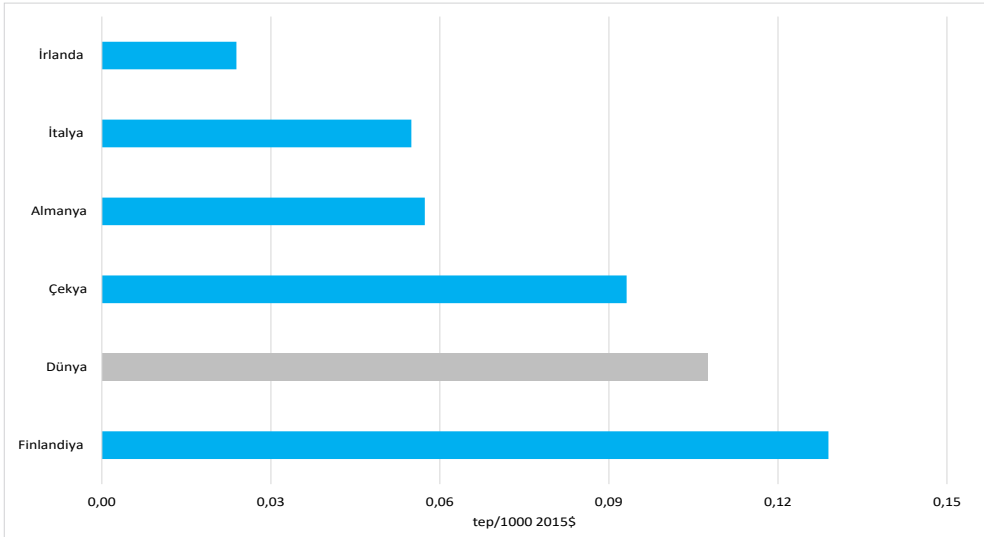
6.1.1. Enerji Verimliliği Göstergesi Olarak Enerji Yoğunluğu

Enerji verimliliğinin en genel göstergesi enerji yoğunluğudur. Enerji yoğunluğu bir birim GSYİH için gereken enerji miktarını göstermektedir. Daha düşük enerji yoğunluğu, aynı ekonomik çıktının daha az enerji kullanımıyla sağlandığına işaret etmektedir:

$$\text{Birincil Enerji Yoğunluğu} = \frac{\text{Birincil Enerji Arzı}}{\text{GSYİH}}$$

Enerji yoğunluğu, ekonominin ve enerji sisteminin genelini baz alan bir gösterge olup, talep sektörlerinde ve hizmetlerinde enerji verimliliğinin ölçümü, aktiviteler ve ilgili enerji tüketimleri ekseninde daha detaylı veri setlerini ve analizleri gerektirmektedir. Birincil enerji yoğunluğu ve nihai enerji yoğunluğu arasındaki farkta, birincil enerji arzının yakıt bazında dağılımı, çevrim sektörlerinin yakıt ve teknoloji kırımları, dönüşüm verimleri gibi faktörler etkili olmaktadır (IEA, 2014). Enerji verimliliği ve enerji yoğunluğu arasındaki korelasyon her durumda güçlü değildir. Enerji yoğunluğu, sanayi sektörlerinin yapısı, ısıtma ve soğutma taleplerinin belirleyicisi olan iklim ve sıcaklık koşulları, nüfusun bölgesel dağılımı ve bunun sonucunda ulaşım aktivitesinin büyüklüğü gibi yapısal faktörlerle de doğrudan ilişkilidir (DOE, 2024). Örneğin, küçük ve hizmet sektörü ağırlıklı bir ekonominin enerji yoğunluğu, imalat sanayinin ağırlıklı olduğu ve soğuk iklimde yer alan bir ekonomiye kıyasla daha düşük gerçekleşmektedir (Şekil 6.1.) (IEA, 2025a). Döviz kurlarında değişim de GSYİH üzerinden enerji yoğunluğunda etkili olmaktadır.

Şekil 6.1. Bazı Avrupa Ülkelerinde Birincil Enerji Yoğunluğu (2023, tep/1000 2015\$)



Kaynak: IEA, 2025

Bu nedenle, sadece enerji yoğunluğu üzerinden enerji verimliliği analizleri enerji verimliliği performansının irdelenmesi için yeterli değildir. Bununla birlikte, enerji yoğunluğu seviyelerinin ve gelişim eğilimlerinin irdelenmesi, özellikle ülkeler ve bölgeler arasında kıyaslama çalışmaları, trend analizleri, enerji dengesinde ve ekonomide makro politika hedeflerinin belirlenmesi ve takip edilmesi bakımından önemlidir (IEA, 2024a; IEA, 2025a; ETKB, 2024a; UNDP, 2024). Birleşmiş Milletler (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları kapsamında SDG 7.3, enerji yoğunluğu iyileşmesinin, net-sıfır emisyon hedefi ile uyumlu olarak, 2030 yılına kadar iki katına çıkarılmasını hedeflemektedir (Springer Nature, 2024; SEforALL, 2024; UNDP, 2024).

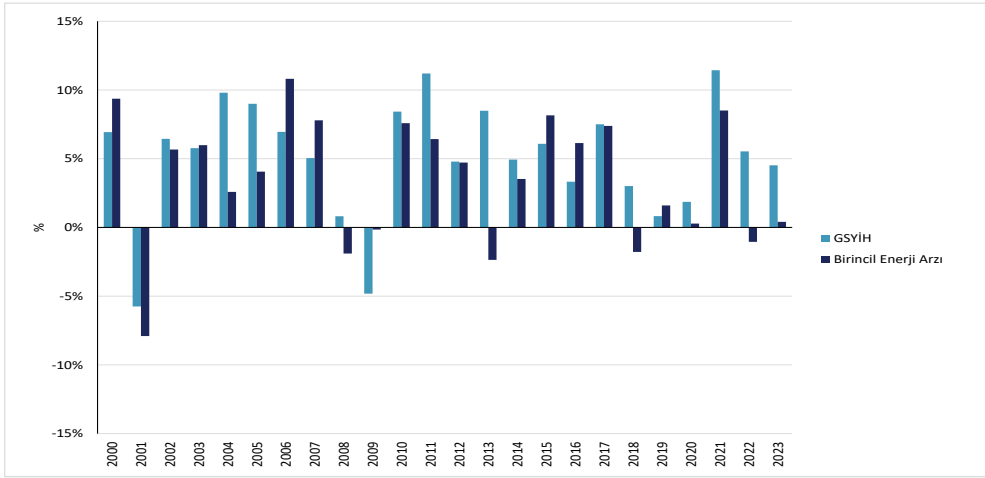
6.1.2. Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişim Performansı

Bölüm 4'te sunulduğu gibi, Türkiye 2000 yılından bu yana ekonomide yaklaşık üç kat büyüme sağlarken, birincil enerji arzı yaklaşık iki kat artış göstermiştir. Bu dönemde ekonomi 2001 ve 2009 yıllarında daralırken, 2001, 2003, 2008, 2013, 2018 ve 2022 yıllarında birincil enerji talebinde küçülme kaydedilmiştir. Bu dönemler hariç tutulduğunda, birincil enerji arzında yıllık ortalama büyüme %5 olmuştur (2000 – 2023 yıllık ortalama artış yaklaşık %4) (Şekil 6.2). Bunun neticesinde aynı dönemde birincil enerji yoğunluğunda yıllık ortalama %1,8 düşüş kaydedilmiştir. Bu dönemin yaklaşık üçte-ikisinde birincil enerji yoğunluğu yıllık bazda azalmış, yaklaşık üçte-birinde ise birincil enerji yoğunluğunda yıllık iyileşme %2'nin üzerinde gerçekleşmiştir (Şekil 6.3 ve Şekil 6.4). 2000 yılından bu yana Türkiye'nin birincil enerji yoğunluğu yaklaşık üçte-bir azalmıştır (ETKB, 2024b; World Bank, 2025). Aynı dönemde küresel ekonomide yaklaşık iki kat büyüme kaydedilirken, dünya toplam birincil enerji arzı yaklaşık bir-buçuk kat yükselmiştir. Bunun neticesinde 2000 – 2023 döneminde küresel birincil enerji yoğunluğunda toplam azaltım %20 olarak gerçekleşmiştir Türkiye, dünya ortalamasına göre 2000 yılından bu yana birincil enerji yoğunluğunda %15 daha fazla azaltım gerçekleştirmiştir (Şekil 6.5 ve Şekil 6.6) (IEA, 2024b; IEA, 2024c). Gelişmekte olan bir ekonomi olarak Türkiye'nin enerji yoğunluğunda azaltım performansı, daha verimli bir enerji geleceği için önemli bir baz oluşturmakta ve yeni fırsatları beraberinde getirmektedir.

Türkiye enerji yoğunluğunun düşürülmesi performansında son dönemde güçlü iyileşmeler sağlamış, yıllık gelişmeler küresel ortalamasının oldukça üzerinde gerçekleşmiştir. Birincil enerji yoğunluğunda 2022 yılında %6,3 ve 2023 yılında %4,5 azaltım kaydedilmiştir. 2022 ve 2023 yıllarında dünyada ortalama iyileşmeler ise sırasıyla %2 ve %1 olarak gerçekleşmiştir. Son dönemde birincil enerji yoğunluğu gelişim performansını belirleyen değişimler irdelendiğinde, nihai enerji talep büyümesinde 2022 ve 2023 yıllarında kaydedilen yavaşlamaya karşın GSYİH'da aynı dönemde yıllık ortalama %5 civarı büyüme gerçekleştiği görülmektedir. Nihai enerji talebinde yavaşlamada en büyük etki sanayi talebindeki daralmadan kaynaklanmıştır (Şekil 6.6, Şekil 6.7 ve Şekil 6.8) (ETKB, 2024a; ETKB, 2024b; World Bank, 2025). 2000 – 2023 dönemi ortalamasının %2'nin altında olduğu dikkate alındığında, Türkiye'nin son yıllarda ekonominin enerji yoğunluğunun azaltılmasında yeni bir döneme girmiş olabileceği değerlendirilmektedir.

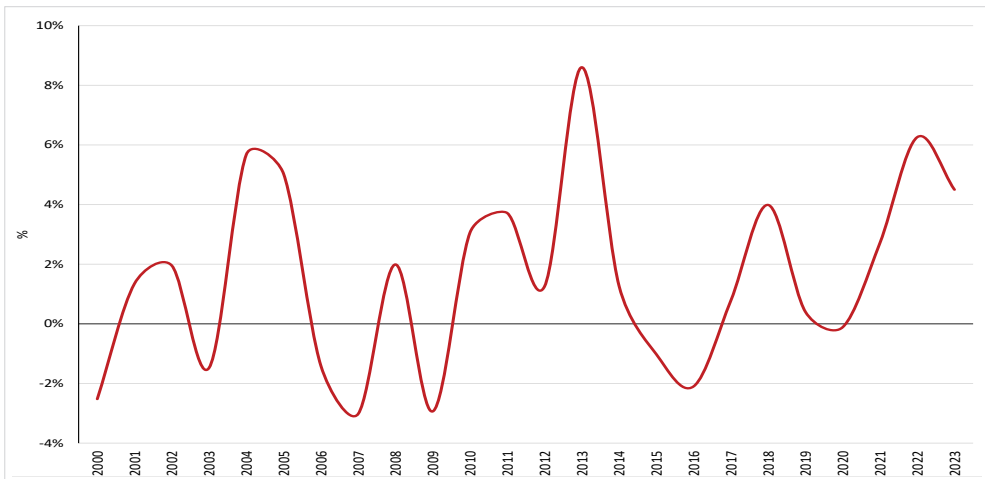
Enerji verimliliğinde güçlenen politika odağı, sektörler bazında çeşitlendirilen yeni stratejiler, sanayide enerji maliyetleri ve karbon salımı ile ilişkili olarak enerji verimliliği yatırımlarında artış gibi faktörler bu yönelimi desteklemektedir. Bu gelişim, enerji güvenliği, enerji bağımsızlığı ve net-sıfır emisyon geleceği vizyonu içerisinde 2035 ve 2053 hedefleri için önemli bir baz oluşturmaktadır (Türkiye'nin 2030 ve 2035 birincil enerji yoğunluğu ve birincil enerji yoğunluğunda yıllık ortalama azaltım politika hedefleri için lütfen Bölüm 6.3'e bakınız).

Şekil 6.2. Yıllık Birincil Enerji Arzı ve GSYİH Değişimi (2000-2023, %)



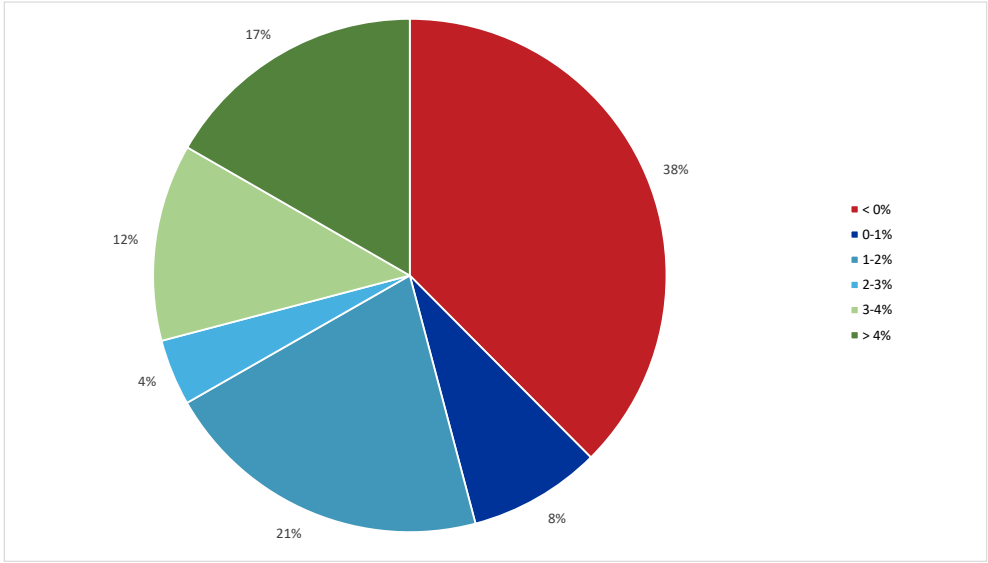
Kaynak: ETKB, 2024; World Bank, 2025

Şekil 6.3. Yıllık Birincil Enerji Yoğunluğu Değişimi (2000-2023, %)



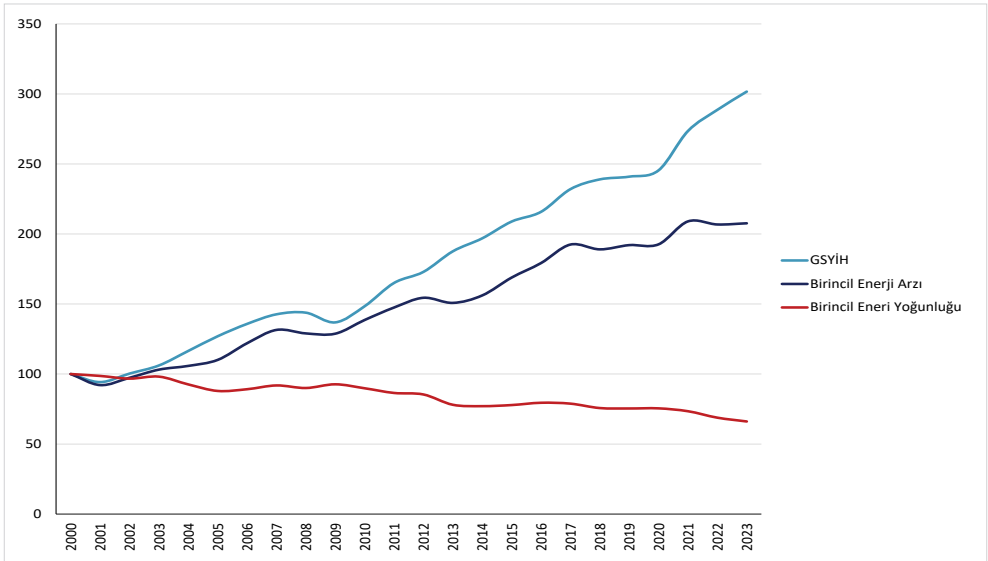
Kaynak: ETKB, 2024; World Bank, 2025

Şekil 6.4. Yıllık Birincil Enerji Yoğunluğu Değişim Performansının Dağılımı (2000–2023, %)



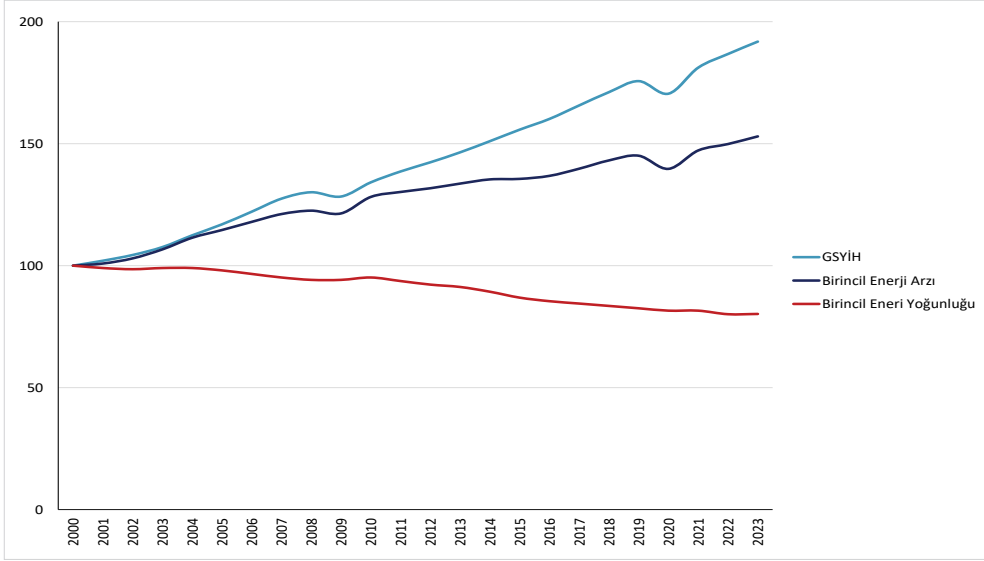
Kaynak: ETKB, 2024; World Bank, 2025; IICEC analizleri

Şekil 6.5. Birincil Enerji Arzı, GSYİH ve Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişimi (2000–2023, 2000 = 100)



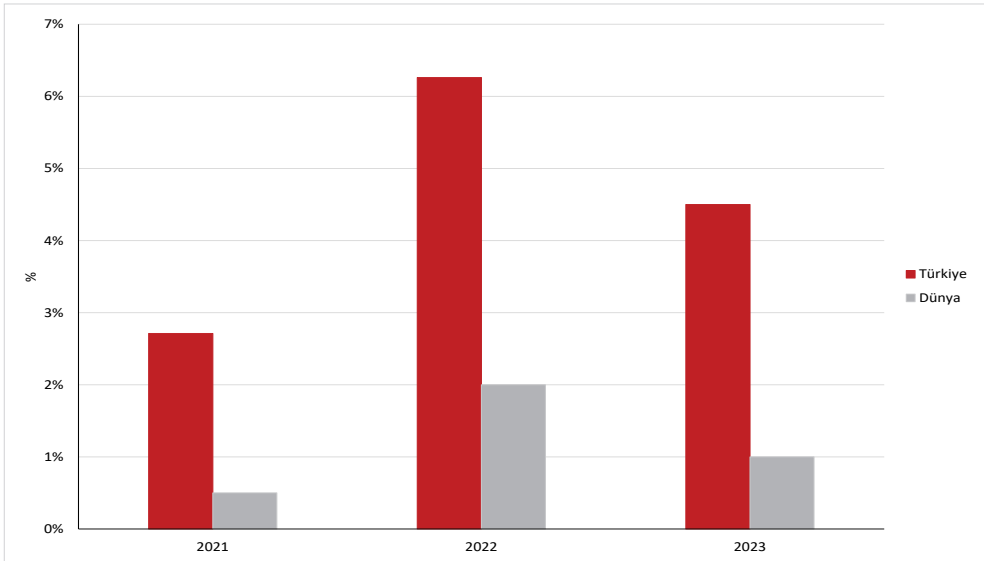
Kaynak: ETKB, 2024; World Bank, 2025; IICEC analizleri

Şekil 6.6. Dünyada Birincil Enerji Arzı, GSYİH ve Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişimi (2000-2023, 2000 = 100)



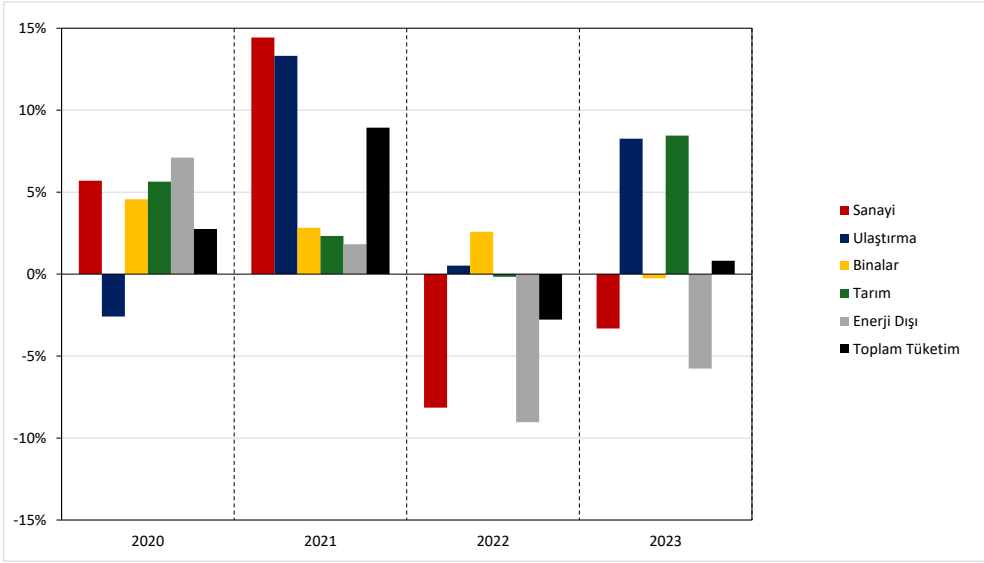
Kaynak: IEA, 2025; World Bank, 2025

Şekil 6.7. Son Dönemde Birincil Enerji Yoğunluğu Değişimi ve Dünya Ortalaması ile Karşılaştırması (2021-2023, %)



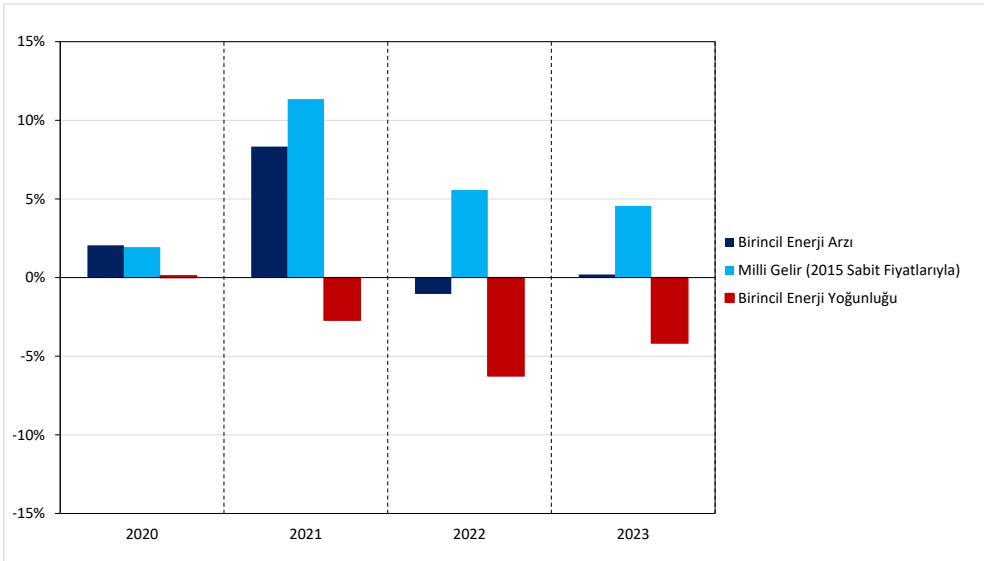
Kaynak: IEA, 2025; ETKB, 2024; World Bank, 2025; IICEC analizleri

Şekil 6.8. Enerji Tüketicisi Sektörler Bazında ve Toplam Nihai Enerji Talebinde Yıllık Değişimler (2021–2023, %)



Kaynak: ETKB, 2024

Şekil 6.9. Birincil Enerji Arzı, GSYİH ve Birincil Enerji Yoğunluğunda Yıllık Değişimler (2000–2023, %)



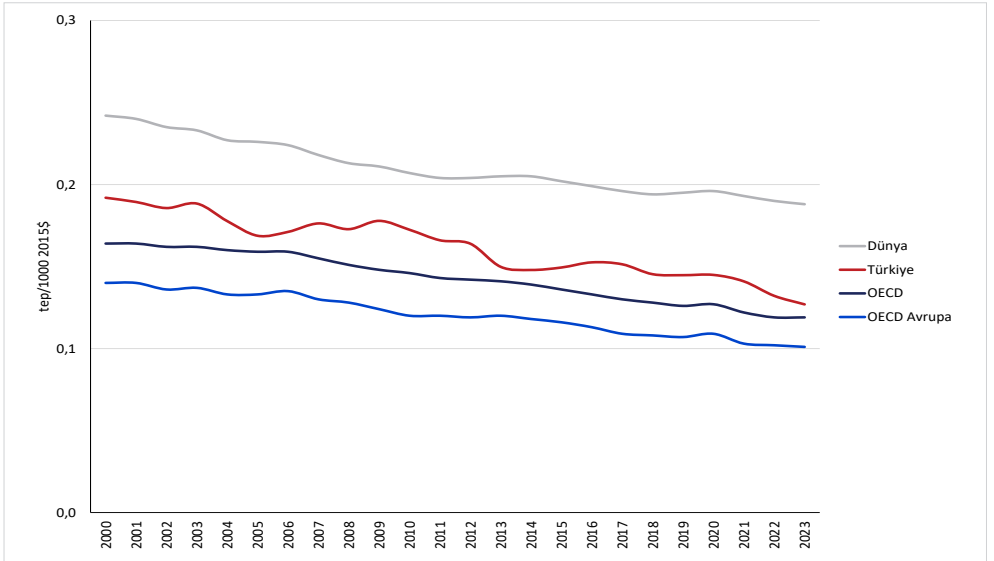
Kaynak: ETKB, 2024; World Bank, 2025; IICEC analizleri

6.1.3. Birincil Enerji Yoğunluğu Kıyaslamaları

IICEC analizlerinde enerji yoğunluğu trendleri ve seviyeleri, küresel ve bölgesel kıyaslamalar ile birlikte değerlendirilmiştir. Türkiye'nin 2020 yılında 0,145 tep/1000 2015\$ olan birincil enerji yoğunluğu 2023 yılında 0,126 tep/1000 2015\$'a düşerken, aynı dönemde dünya ortalaması 0,196 tep/1000 2015\$'dan 0,188 tep/1000 2015\$'a inmiştir. OECD geneli ve OECD Avrupa ortalamaları ise 2023 itibarıyla sırasıyla 0,119 tep/1000 2015\$ ve 0,101 tep/1000 2015\$ seviyesindedir. Türkiye'nin birincil enerji yoğunluğu dünya ortalamasının %32 altında olup, OECD ve OECD Avrupa ortalamalarının ise sırasıyla %7 ve %26 üzerindedir (Şekil 6.10) (IEA, 2025a; ETKB, 2024a).

Ekonomiler arasında kıyaslamalar bakımından, döviz kurlarının etkisini dikkate alacak şekilde Satın Alma Gücü Paritesi (PPP¹) bazında değerlendirmeler de önem taşımaktadır. Bu perspektiften irdelendiğinde, Türkiye'nin SAGP bazlı enerji yoğunluğu, döviz kurlarından kaynaklı etki nedeniyle enerji yoğunluğundan %57 düşük seviyede gerçekleşmektedir. Gelişmekte olan bir ekonomi olarak Türkiye'nin enerji yoğunluğu 0,054 tep/1000 2015\$, dünya ortalaması olan 0,108 tep/1000 2015\$'ın yarısı seviyesindedir. SAGP bazlı birincil enerji yoğunluğu, OECD ve OECD Avrupa ortalamalarından sırasıyla %33 ve %11 daha düşük gerçekleşmektedir (Şekil 6.11 ve Şekil 6.12) (IEA, 2025a; ETKB, 2024a; ETKB, 2024b).

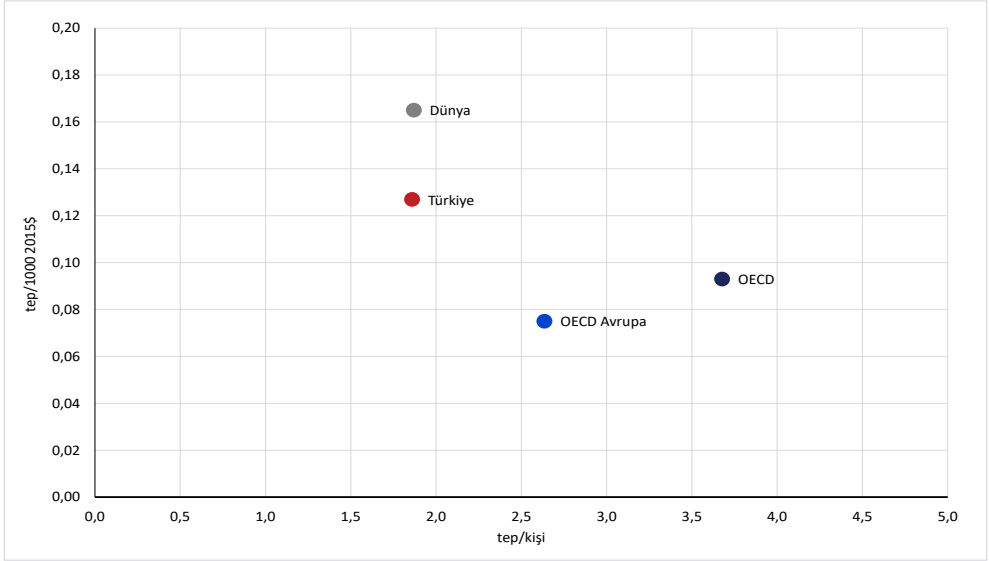
Şekil 6.10. Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişimi (2000-2023, tep/1000 2015\$)



Kaynak: IEA, 2025; ETKB, 2024

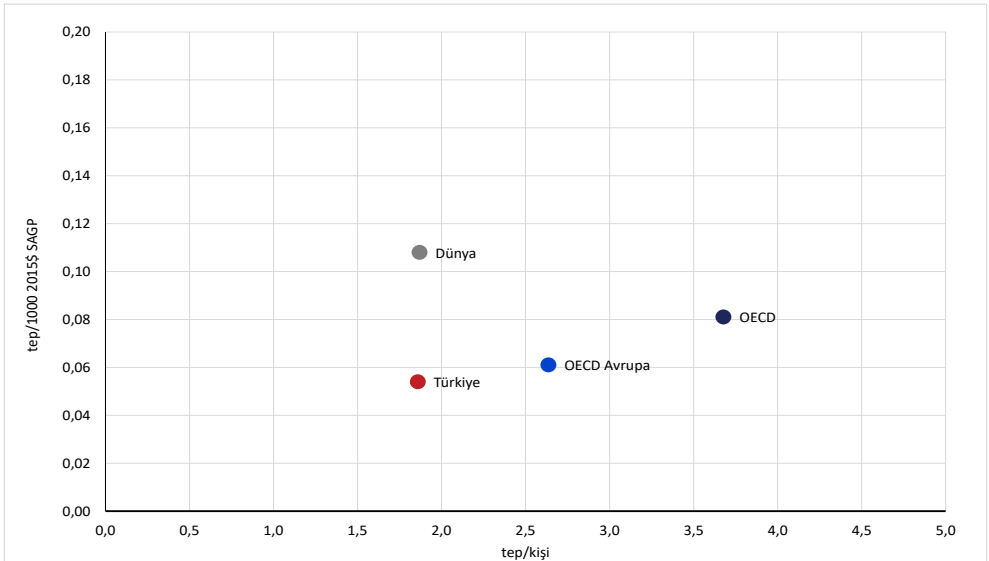
¹ Purchasing Power Parity

Şekil 6.11. Birincil Enerji Yoğunluğu Karşılaştırması (2023, tep/1000 2015\$)



Kaynak: IEA, 2025; ETKB, 2024

Şekil 6.12. SAGP Bazında Birincil Enerji Yoğunluğu Karşılaştırması (2023, tep/1000 2015\$ SAGP)



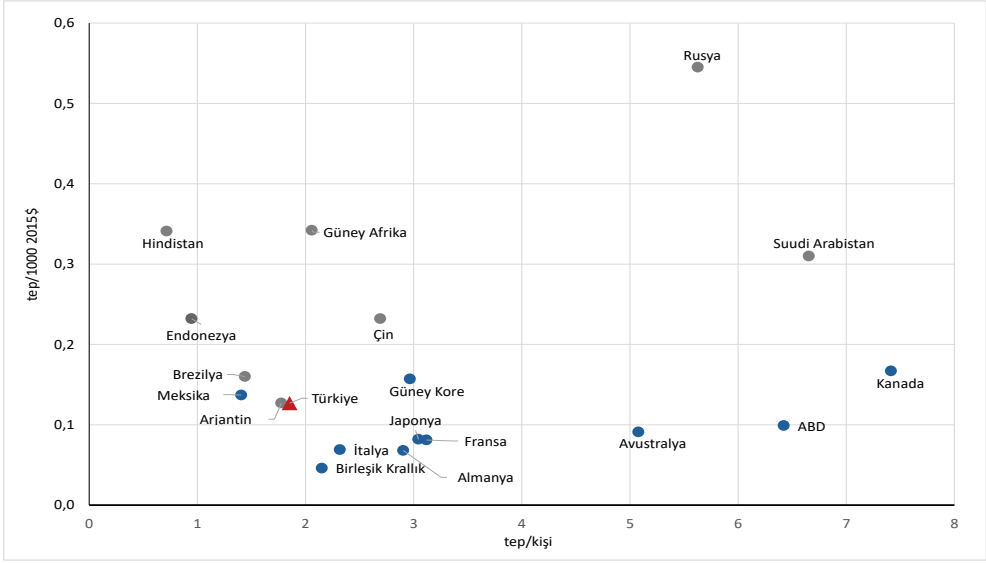
Kaynak: IEA, 2025; ETKB, 2024

Türkiye'nin kişi başına enerji tüketiminin ve birincil enerji yoğunluğunun G-20 ekonomileri ve Avrupa ülkeleri ile karşılaştırmaları Şekil 6.13 ve Şekil 6.14'te sunulmaktadır.

- Türkiye büyüyen enerji sistemi ile G-20 ülkeleri arasında kişi başına enerji tüketimi en düşük ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'nin enerji yoğunluğu, ekonomik büyümesi nispeten doygunluğa ulaşmış olan G-20 Avrupa ülkelerinden daha yüksek olmakla birlikte, Güney Kore, Kanada ve Meksika ile benzer seviyededir.
- Avrupa ülkeleri ile karşılaştırıldığında da Türkiye'nin kişi başına enerji tüketimi oldukça düşük seyretmektedir. Enerji yoğunluğu ise özellikle Doğu Avrupa ülkelerine kıyasla daha düşük seviyelerde olmakla birlikte, kişi başına gelir seviyesinin ve kişi başına enerji tüketiminin yüksek olduğu, buna karşın yıllık ekonomik büyüme hızının daha düşük gerçekleştiği Avrupa ülkelerinin üzerindedir. Bu durum, enerjide verimli büyüme için önemli bir potansiyele işaret etmektedir (Şekil 6.13 ve Şekil 6.14) (IEA, 2025a; ETKB, 2024b; World Bank, 2025).

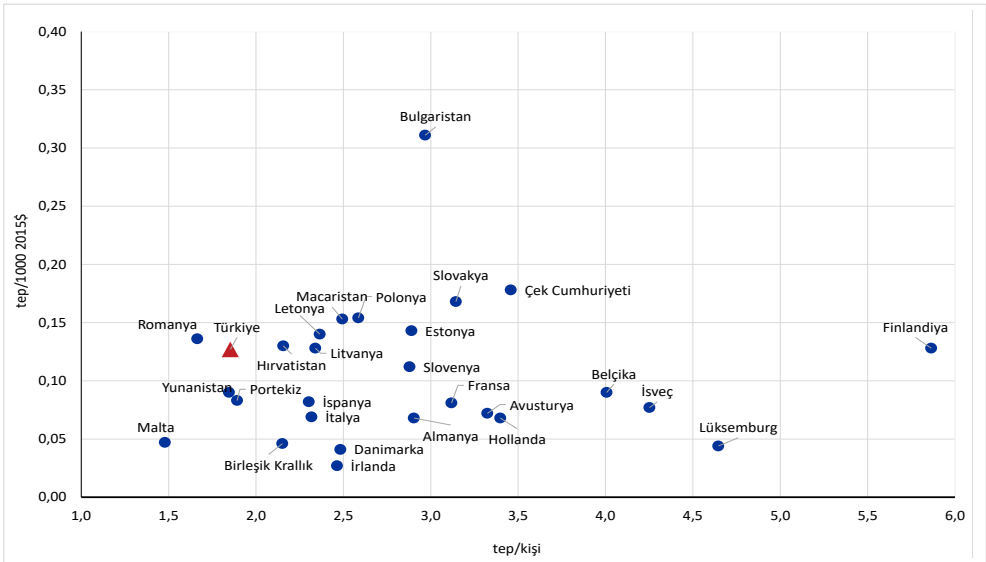
Çalışmada büyük ekonomilerin dünya GSYİH miktarında ve dünya toplam enerji arzında payları da analiz edilmiştir (Şekil 6.15 ve Şekil 6.16). Türkiye küresel ekonomide ve küresel enerji arzında yaklaşık %1 paya sahiptir (ABD küresel ekonominin %25'ini ve küresel enerji arzının %15'ini, Çin küresel ekonominin %17'sini ve küresel enerji arzının %15'ini, AB ise küresel ekonominin %17'sini ve küresel enerji arzının %9'unu temsil etmektedir). Japonya, Almanya, Fransa, Birleşik Krallık, Kanada, İtalya, Meksika ve Avustralya, küresel ekonomide birincil enerji arzlarındaki payın daha üzerinde ağırlığa sahipken, Hindistan, Rusya, Brezilya, Güney Kore, Endonezya, Suudi Arabistan ve Güney Afrika'da bu ilişki ters yöndedir (Örneğin dünya birincil enerji arzında %2 paya sahip olan Almanya küresel ekonominin %4'ünü temsil ederken, Hindistan birincil enerji arzında %6'nın üzerinde payıyla dünya ekonomisinin %4'ünden azına karşılık gelmektedir) (IEA, 2025a; IEA, 2025b; World Bank, 2025). Bu göstergeler, enerji talebinde büyüme dinamikleri, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi, sanayi sektörlerinin ve ekonomilerin genel yapısal karakteristikleri içerisinde üretim ve tüketimin katma değeri ve toplam faktör verimliliği gibi çok yönlü dinamikler ile yakından ilişkilidir.

Şekil 6.13. G-20 Ülkelerinin Kişi Başına Birincil Enerji Talebi ve Birincil Enerji Yoğunluğu Karşılaştırması (tep/kişi, tep/1000 2015\$)



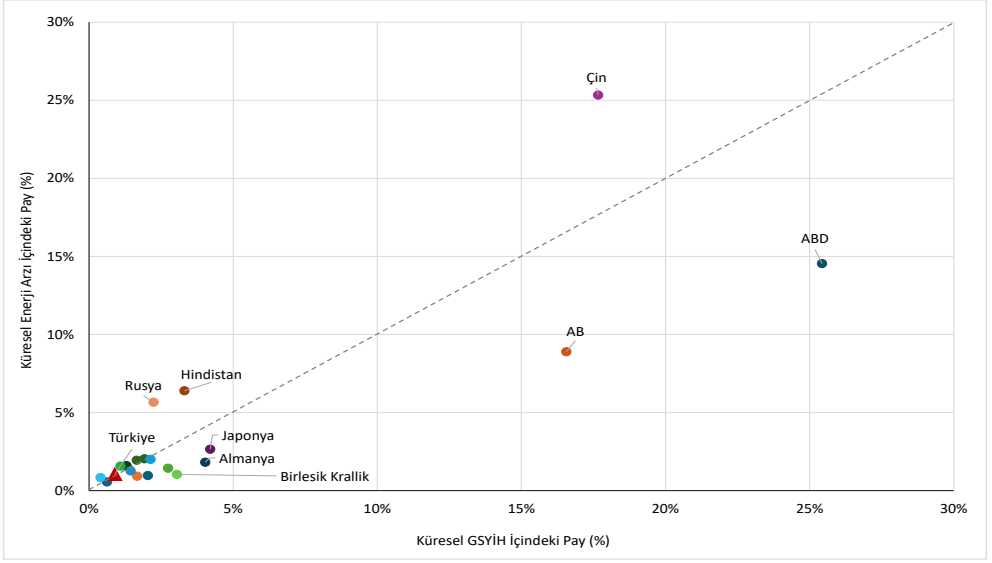
Kaynak: IEA, 2025; ETKB, 2024; World Bank, 2025; İLCEC analizleri

Şekil 6.14. Avrupa Ülkelerinin Kişi Başına Birincil Enerji Talebi ve Birincil Enerji Yoğunluğu Karşılaştırması (tep/kişi, tep/1000 2015\$)



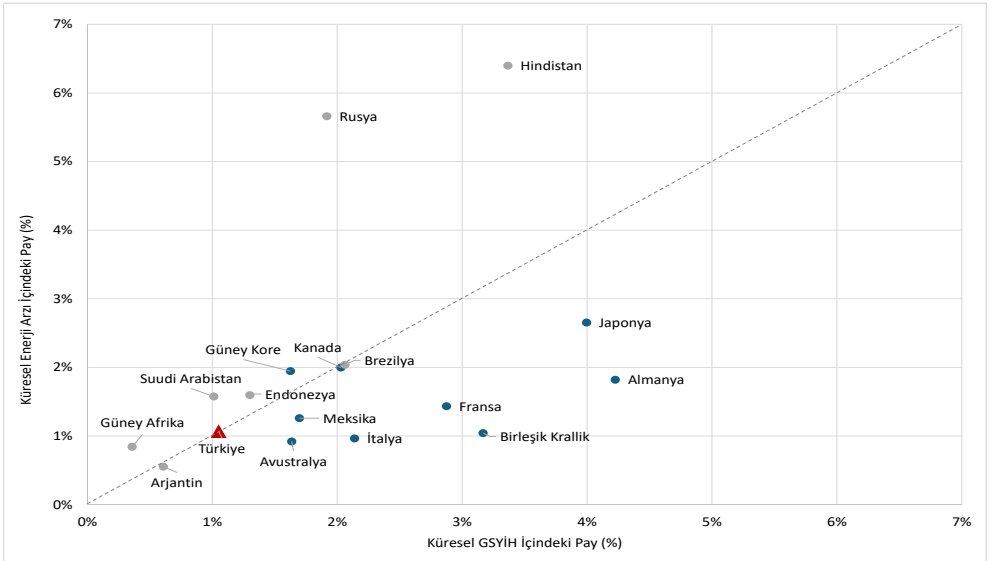
Kaynak: IEA, 2025; ETKB, 2024; World Bank, 2025; İLCEC analizleri

Şekil 6.15. G-20 Ülkelerinin Küresel Ekonomide ve Küresel Enerji Arzında Payları (%)



Kaynak: IEA, 2025; ETKB, 2024; World Bank, 2025; IICEC analizleri

Şekil 6.16. G-20 Ülkelerinin Küresel Ekonomide ve Küresel Enerji Arzında Payları (%)

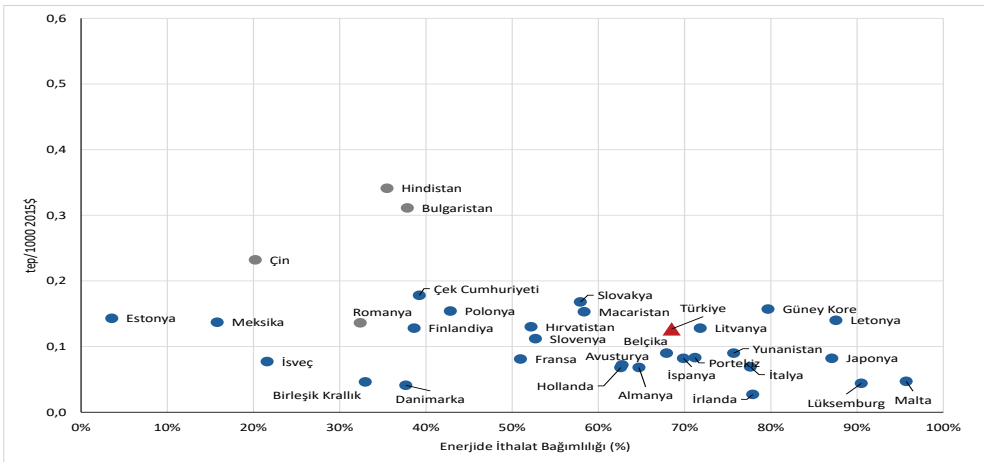


Kaynak: IEA, 2025; ETKB, 2024; World Bank, 2025; IICEC analizleri

Enerjide net ithalatçı ülkeler için enerji verimliliği, enerji arz güvenliği, ithalat ağırlığından kaynaklı fiziksel ve ekonomik risklerin yönetimi, enerji maliyetlerinde öngörülebilirliğin güçlendirilmesi, sanayi sektörlerinde ve ekonominin genelinde rekabetçi büyümenin artırılması gibi çok yönlü fırsatlar sunmaktadır. Nihai talep sektörlerinde ve arz – talep zincirinin genelinde enerjinin daha verimli kullanımını sağlayan çözümler, fosil yakıt tüketimini azaltarak enerji yerleşme hedeflerini desteklemektedir. Özellikle son dönemde gelişen jeopolitik faktörler ve riskler, sürdürülebilir enerji sistemleri için yeni sınamaları beraberinde getirirken, enerji verimliliğinin önemini güçlendirmektedir. G-20 ve Avrupa ekonomilerde enerji arzında ithalat payları ve birincil enerji yoğunluğu analizi Şekil 6.17’de sunulmaktadır.

- **Enerji ithalat yoğunluğu bakımından benzer ülkelerle karşılaştırma:** Türkiye’nin birincil enerji yoğunluğu, enerji ithalat oranı Türkiye ile benzer veya daha yüksek olan ülkelerin büyük bölümüne kıyasla daha yüksektir.
- **Birincil enerji yoğunluğu bakımından benzer ülkelerle karşılaştırma:** Türkiye’nin birincil enerji arzında ithalat ağırlığı, birincil enerji yoğunluğu bakımından benzer seviyelerde ülkelerin büyük bölümünden daha yüksektir.
- **Gelişmiş Avrupa ekonomileri ile karşılaştırma:** Türkiye’nin birincil enerji yoğunluğu ve birincil enerji arzında ithalat yoğunluğu, Almanya, Fransa, Birleşik Krallık, Hollanda ve Danimarka gibi ekonomik büyümeleri ve kişi başına enerji tüketimleri doygunluk seviyesine ulaşmış ekonomilere kıyasla daha yüksektir. Bu durum, enerjide verimli büyüme ile desteklenecek şekilde, enerji arzında yerleşmenin artırılması ve rekabetçiliğin güçlendirilmesi bakımından önemli bir potansiyele işaret etmektedir (Şekil 6.17).

Şekil 6.17. G-20 ve Avrupa Ülkelerinde Birincil Enerji Yoğunluğuna ve Enerjide İthalat Ağırlığına Bakış (tep/1000 2015\$, %)



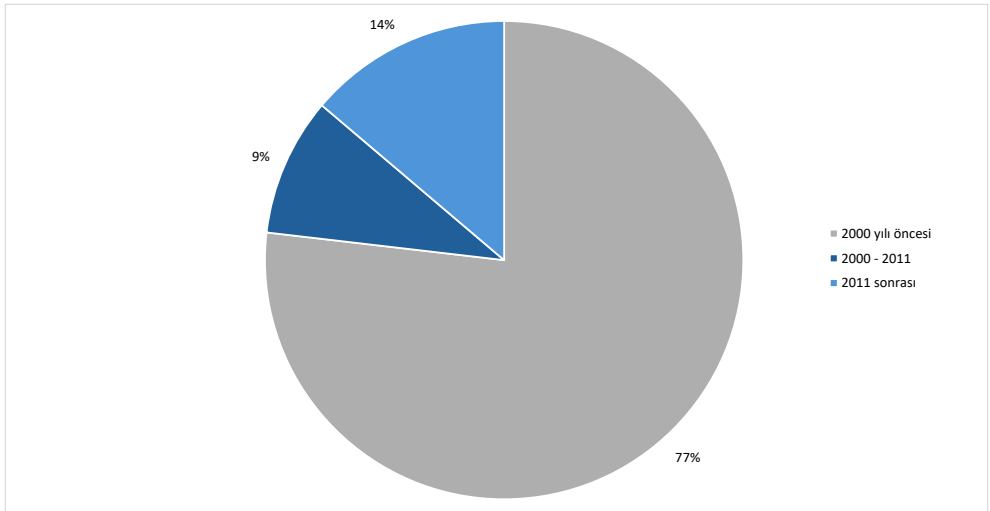
Kaynak: IEA, 2025; ETKB, 2024; World Bank, 2025; IICEC analizleri

6.1.4. Birincil Enerji Yoğunluğunun Azaltılmasında Zorluklara ve Fırsatlara Teknik ve Ekonomik Bakış

Bölüm 5'te sunulduğu gibi, Türkiye ekonomik büyüme ve sosyal gelişim hedefleriyle yakından ilişkili olarak enerji talebinde yüksek büyüme potansiyeline sahiptir. Demografiden sanayileşmeye, artan mobilite ihtiyaçlarından ticari hizmetlere kadar enerji ekonomisinin genelindeki güçlü talep dinamikleri, enerjide verimli büyüme için eş zamanlı zorlukları ve fırsatları beraberinde getirmektedir.

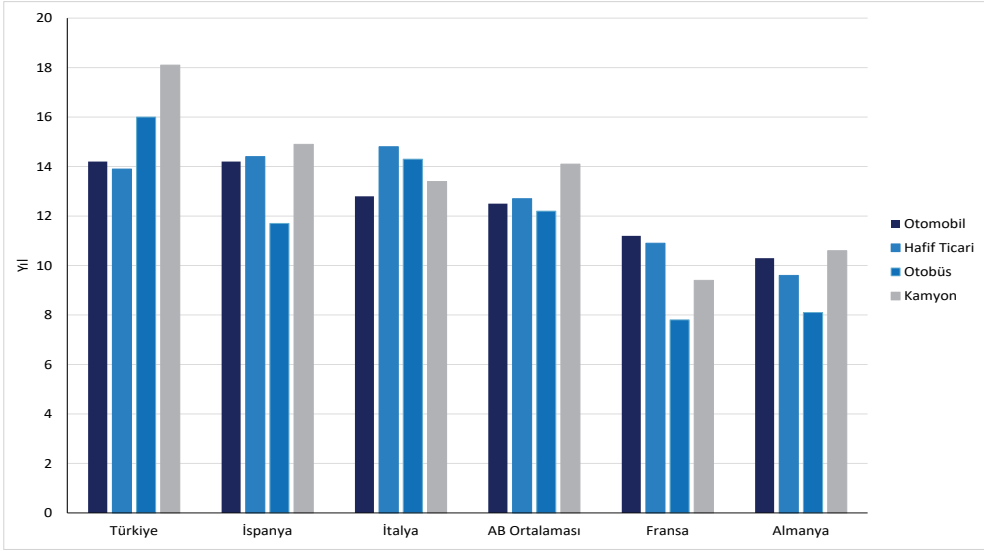
- **Enerji talep sektörlerinde teknik verimlilik potansiyeli:** Talep sektörlerinde enerji verimliliğin artırılması için önemli teknik potansiyel bulunmaktadır. Örneğin Türkiye'nin bina stokunun yaklaşık dörtte-üçü 25 yaşın üzerinde olup, daha iyi yalıtım performansı yoluyla asgari %40 verimlilik potansiyeline sahiptir. Hanehalkının yaklaşık %45'i 2000 yılı öncesi yapılan binalarda ikamet etmektedir (TÜİK, 2022). Motorlu araç parkının %40'ından fazlası eski ve düşük verimli araçlardan oluşmaktadır. Hafif araç parkının ortalama yaşı AB ortalamasından yaklaşık 2 yıl, ağır hizmet araçlarının ortalama yaşı ise AB ortalamasından yaklaşık 4 yıl daha yüksektir (ACEA, 2025; TÜİK, 2025). Euro 4 normu öncesi araçların piyasadaki yakıt verimi en yüksek araçlar ile değiştirilmesinin, araç başına ortalama 5 litre/100 km verim kazanımı sağlayabileceği hesaplanmaktadır (Şekil 6.18 ve Şekil 6.19). Sanayi sektörlerinde elektrikli motor sistemleri, genel aydınlatmada LED dönüşümü, daha verimli tarımsal sulama çözümleri gibi alanlar da teknik verim bakımından güçlü potansiyel içermektedir (Sektörler ve talep hizmetleri genelinde verim analizleri için Lütfen Bölüm 7'ye bakınız).

Şekil 6.18. Bina Stokunun Yaş Dağılımı (%)



Kaynak: İZODER, 2025; TÜİK, 2022

Şekil 6.19. Motorlu Taşıt Parkı Ortalama Yaşı (Yıl)



Kaynak: ACEA, 2025; TÜİK, 2025; IIEEC analizleri

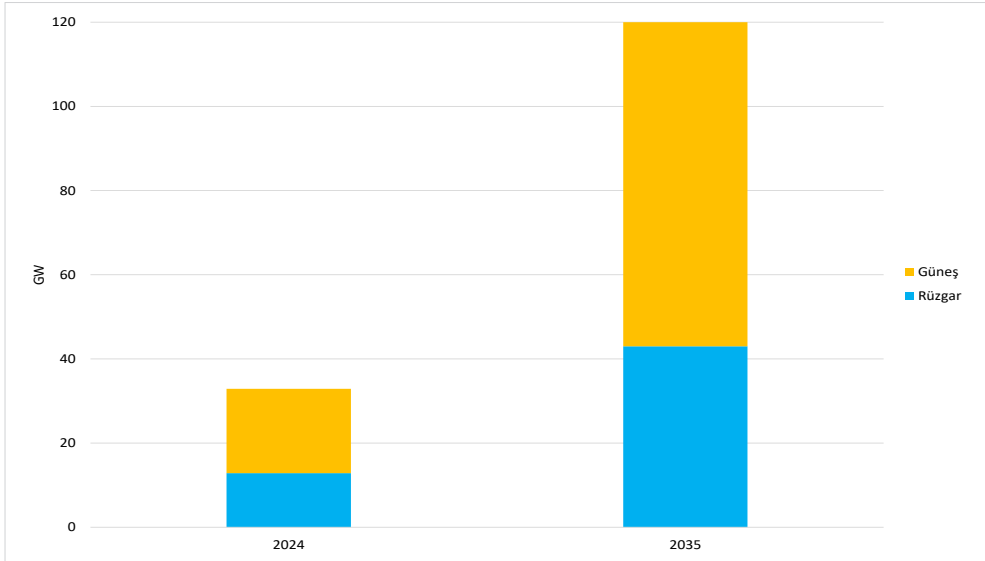
- **Enerji talep sektörlerinin yapısal dinamikleri ve beklenen değişimler:** Enerji talebinin büyüme dinamikleri yapısal faktörlerle doğrudan ilişkilidir. Demografik gelişime bakıldığında, ortalama hanehalkı büyüklüğünde artışın enerji talebini artırmaya devam edeceği, bununla birlikte nüfus artış hızında yavaşlama ve bunun neticesinde medyan yaşta büyümenin talep büyüme hızında yavaşlatıcı etkisinin belirginleşeceği değerlendirilmektedir. Bölüm 5'te sunulduğu gibi, Türkiye ekonomisinde imalat sanayisinin ve imalat sanayisi içerisinde enerji-yoğun sektörlerin ağırlığı devam etmektedir. Orta ve uzun dönemli kalkınma ve ekonomi stratejileri, katma değeri ve teknoloji-yoğunluğu daha yüksek sanayi sektörlerine dönüşümü, yeşil ve dijital büyüme perspektifleri ile birlikte önceliklendirmektedir (SBB, 2023). Türkiye'nin GSYİH yapısında bu yönde bir dönüşümün gerçekleşme hızı, sanayide enerji talebi dinamiklerini dönüştürebilecektir. Ulaşım sektöründe gelecek planlamalarında, karayolunun gerek yolcu gerekse de yük taşımacılığında yüksek payının kademeli olarak azaltılmasına yönelik stratejiler ve yatırımlar daha fazla öne çıkmaktadır. Modlar arası geçişleri artıracak, demiryolları ve limanlar gibi altyapılar, ulaştırma sektörünün enerji dengelerini belirleyen yapısal faktörleri değiştirecektir. Yolcu ulaşımında kentsel ulaşımда artış trendinin devam etmesi beklenmektedir. Bu büyüme, şehiriçi ulaşım alternatiflerinde toplu taşımanın ve verimli mikro mobilite çözümlerinin daha fazla yaygınlaştırılması ihtiyacını beraberinde getirecektir. Tüm bu yapısal faktörler, orta ve uzun dönemde ekonominin enerji yoğunluğunda önemli azaltımlar sağlama potansiyeline sahiptir.

- **Enerji maliyetleri ve fiyatlandırması:** Sanayi sektörleri hariç tutulduğunda, özellikle konutlarda enerji tüketimi ile enerji fiyat değişimleri arasında belirgin bir ilişki henüz gelişmemiştir. Konutlara elektrik ve doğal gaz tedarikinde, destek mekanizmaları çerçevesinde nihai tüketici fiyatları piyasanın maliyet bazından daha düşük gerçekleşmeye devam etmektedir. 2024 yılı içerisinde elektrikte belirlenen yeni kademeli tarife yapısı, enerji tüketiminin farklı seviyelerde fiyatlanmasına ilişkin yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur². Doğal gaz piyasasında da benzer bir uygulamaya geçilmesi gündemdedir. Bu gelişmelerin, enerji tüketiminin azaltacak ve verimliliği artıracak yönde davranış değişikliklerinin gelişimine katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.
- **Fosil yakıt ikamesinde ve elektrifikasyonda gelişim hızı:** Elektrifikasyon Türkiye enerji sektörünün en güçlü dinamikleri arasında yer almaya devam edecektir. Elektrik enerjisinin nihai enerji talebinde %20'ye ulaşan payının 2050 yılına kadar olan dönemde en az iki kat aratabileceği değerlendirilmektedir. Türkiye Ulusal Enerji Planı (TUEP) kapsamında sunulan uzun dönemli gelişim perspektifinde, elektriğin nihai enerji talebindeki payı 2053 yılında %56'ya yükselmektedir (ETKB, 2022). Talep sektörlerinde elektrik enerjisine geçiş, fosil yakıt tabanlı yanma teknolojilerine kıyasla oldukça yüksek verim avantajlarını beraberinde getirmektedir. Örneğin elektrikli araçların yakıt verimi, aynı sınıftaki içten yanmalı araçlara kıyasla yaklaşık üç kat daha yüksek olup, verimli ısı pompası çözümleri fosil yakıt girdili geleneksel ısıtma teknolojilerine kıyasla asgari üç kat verimlidir.
- **Elektrik üretiminde ve doğrudan nihai enerji tüketiminde yüksek yenilenebilir enerji potansiyeli ve hedefler:** Türkiye, elektrik üretiminin çok büyük bölümünü yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamayı hedeflemektedir. Özellikle güneşte ve rüzgarda yüksek potansiyel, kapasitede hızlı artış hedeflerini ve fırsatları beraberinde getirmektedir. 2035 Yol Haritası, rüzgar ve güneş enerjisinde 2024 sonunda toplam yaklaşık 33 GW'a ulaşan kurulu gücün, 2035 yılına kadar yaklaşık dört kat artışla toplam 120 GW seviyesine yükseltilmesini hedeflemektedir. Yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi, termik alternatiflere kıyasla birincil enerji kullanımında ortalama iki kat verim artışı sağlamaktadır. Nihai talep sektörlerinde ısıtma ve soğutma amaçlı olarak doğrudan yenilenebilir enerji kullanımı, benzer şekilde termik alternatiflere kıyasla termodinamik kayıpları azaltarak sistem verimliliğini yükseltmektedir. Orta ve uzun dönemde, nihai enerji talebinde ve elektrik üretiminde yenilenebilir enerji katkısında artış, birincil enerji arzının yenilenebilir enerji bileşenini büyüterek, enerji güvenliği, enerji bağımsızlığı ve emisyon azaltımı hedeflerini destekleyecektir (ÇŞİDB, 2024; ETKB, 2022; ETKB, 2024c). TUEP, 2053 yılında birincil enerji arzında yenilenebilir enerji payının yaklaşık dört kat artış ile %50 seviyesine ulaştırılmasını hedeflemektedir (Şekil 6.20 ve Şekil 6.21).

² Yıllık 5000 kWh üzeri elektrik tüketimleri için

- **Dijitalleşme ve Yapay Zeka gelişimi:** Enerji sistemi, giderek daha karmaşık bir nitelik kazanırken veri hacmi de çok hızlı şekilde büyümektedir. Elektrik üretim birimlerinde dağıtıklaşma, elektrik şebekelerinde dijitalleşme, elektrikli araç şarj sistemlerinin yaygınlaşması, akıllı ev ve şehir sistemleri, sanayide dijital dönüşüm gibi yeni dinamikler, enerji arzı ve talebinin mevsimsel ve dönemsel değişimlerine ilişkin büyük veri setleri üretilmesi için yeni fırsatlar oluşturmaktadır. Dijitalleşme, ölçme ve izleme performansının geliştirilmesi, arz ve talep dengelerinin öngörülebilirliğinin ve optimizasyonunun iyileştirilmesi bakımından kritik kazanımlar sağlayabilecektir. Yapay zeka uygulamalarının, değişken enerji talebine daha iyi öngörüler, üretim tahminleri, üretim sistemlerinde ve şebekelerde önleyici bakım, yatırım ve işletim planlamaları, yakıt verimi odaklı trafik ve güzergah belirlemeleri, sanayide proses iyileştirmeleri gibi çeşitli alanlarda daha yaygın kullanımı, enerjide verimli ve katma değeri daha yüksek büyüme fırsatlarını güçlendirecektir (IEA, 2024d).

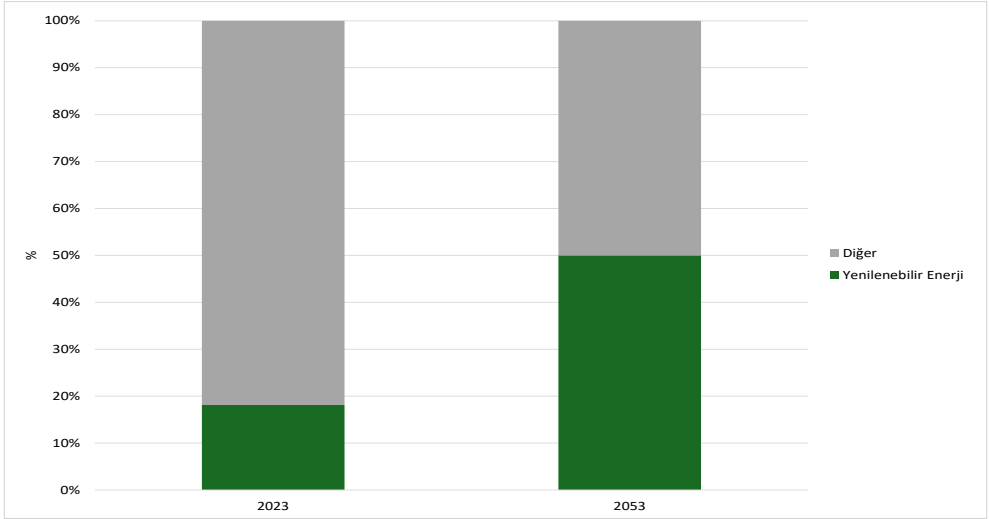
Şekil 6.20. Rüzgar ve Güneş Kurulu Gücü ve 2035 Hedefleri (2024, 2035, GW)³



Kaynak: ETKB, 2024; TEİAŞ, 2025

³ Enerji Dönüşümü: Yenilenebilir Enerji 2035 Yol Haritası

Şekil 6.21. Birincil Enerji Arzında Yenilenebilir Enerji Payı ve Hedefler (2023, 2053, %)⁴



Kaynak: ÇŞİDB, 2024; ETKB, 2022; TEİAŞ, 2025

6.2. Politika ve Stratejilerde Enerji Verimliliği: Hedefler ve Kritik Öncelikler

Politika belgeleri ve stratejilerde enerji verimliliği odağı güçlenmeye devam etmektedir. Kalkınma Planı, sanayiden binalara, ulaşımdan toplumsal farkındalığa kadar enerji verimliliği bakımından kritik öncelikleri tanımlamakta, enerji sektörünün gelişimine yönelik 2035 ve 2053 perspektifleri enerji verimliliği stratejik odağında enerji yoğunluğunun azaltılması hedeflerini sunmaktadır.

- **12. Kalkınma Planı (2024–2028):** Kalkınma Planı, imalat sanayisinde başta öncelikli sektörler olmak üzere tüm sektörlerde yeşil ve dijital dönüşüm ekseninde, rekabet gücünün ve verimliliğin artırılması yoluyla yüksek katma değerli üretim yapısına geçişin sağlanmasını temel amaçlar arasında konumlandırmaktadır. Bu çerçevede, işletmelerin enerji verimliliği uygulamalarına yönelik desteklerin artırılması gerek tesis gerekse de süreç optimizasyonuna katkı sağlayan, enerji verimliliği ve tasarruf potansiyeli yüksek teknolojik yatırımların desteklenmesi hedeflenmektedir. Binalar öncelikli olmak üzere, enerji verimliliği alanında enerji performans sözleşmeleri, enerji hizmet şirketleri modeli ve kredi garanti fonunun kullanılması gibi alternatif yöntemlerin yaygınlaştırılması, ısı piyasası mevzuatına ilişkin çalışmaların tamamlanması, teknik ve ekonomik uygunluk gözetilerek bölgesel ısıtma ve soğutma sistemlerinin ve ısı pompalarının kullanımın, jeotermal kaynaklı ısıtmanın artırılmasına yönelik çalışmaların yürütülmesi planlanmaktadır.

⁴ Türkiye Ulusal Enerji Planı (TUEP) ve Türkiye 2053 Uzun Dönemli İklim Stratejisi

Enerji yoğun sektörlerde enerji verimliliği yatırımlarının desteklenmesi vurgulanmakta, toplumdaki enerji verimliliği farkındalığının geliştirilmesi amacıyla bilinçlendirme, tanıtım ve eğitim gibi çok yönlü faaliyetlerin sürdürülmesi, enerji verimliliğine ilişkin kurumsal yapının ve insan kaynağının güçlendirilmesi hedeflenmektedir. Ulaştırma ve lojistik sektörlerinde ise enerji verimliliğinin artırılması amacıyla demiryolu ve denizyolu taşımacılığına öncelik verilmesi, alternatif finansman yöntemleri geliştirilerek bütüncül ve sürdürülebilir ulaştırma ağları ve lojistik merkezlerin tesis edilmesi, Plan'da enerji verimliliği ile ilgili olarak öne çıkan diğer stratejik eylemler arasındadır (SBB, 2023).

- **Türkiye Ulusal Enerji Planı (TUEP) (2022):** Türkiye'nin enerji güvenliği hedeflerini ve 2053 net-sıfır emisyon perspektifini yansıtan TUEP, 2035 yılında birincil enerji yoğunluğunun 0,093 tep/1000 2015\$ seviyesine düşürülmesini amaçlamaktadır (2023 yılına göre %27 azaltım) (ETKB, 2022).
- **Enerji Dönüşümü: Yenilenebilir Enerji 2035 Yol Haritası (2024):** Enerji verimliliği, Türkiye'nin sürdürülebilir enerji geleceği mimarisinin belirleyici alanları arasında konumlandırılmaktadır (ETKB, 2024c).
- **Türkiye 2053 Uzun Dönemli İklim Stratejisi (2024):** Türkiye'nin net-sıfır emisyon hedefinin kritik stratejik adımlarını belirleyen Stratejide, imalat sanayisine yönelik enerji verimliliği potansiyelinin en üst seviyede değerlendirilmesi, mevcut ve yeni binalarda enerji verimliliğinin iyileştirilmesi, cihazların kullanımında enerji verimliliğinin artırılması, bölgesel ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanımının yaygınlaşması ve desteklenmesi, modlar arası geçişlerle demiryolu ve denizyollarının ulaşım aktivitesindeki ağırlığının artırılması, elektrik üretiminde ve şebekelerde verimliliğin ve talep tarafı yönetiminin geliştirilmesi gibi çok yönlü dönüşüm alanlarına vurgu yapılmaktadır (ÇŞİDB, 2024).
- **Orta Vadeli Program (OVP) (2025-2027):** Ekonomide yeşil ve dijital dönüşüm yoluyla katma değeri daha yüksek bir büyüme perspektifini önceliklendiren programda, enerji yoğun sektörler öncelikli olmak üzere rekabetçilik ve yerli üretim dikkate alınarak enerji verimliliğini artıracak projeler hız kazandırılması, Türkiye'nin ısı potansiyelinin değerlendirilmesi ve atık ısının kullanılabilmesi için ısı arzına yönelik gerekli mevzuat düzenlemelerinin yapılması ve enerji verimliliği yüksek yeşil binalar ile bunlara yönelik Ulusal Yeşil Sertifika Sistemi'nin yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır (SBB, 2024).

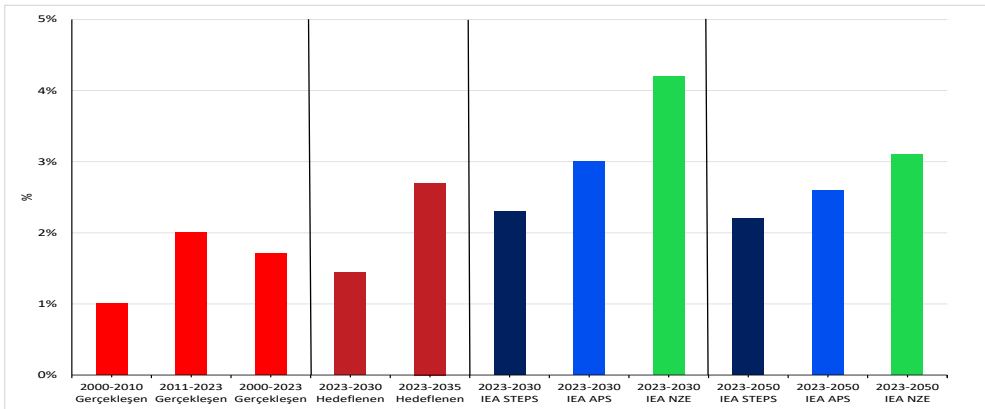
6.3. Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı: Enerji Verimliliğinin Yol Haritası

2017-2023 arası dönemi kapsayan I.Eylem Planındaki hedefleri ileriye taşıyan ve Türkiye'nin çok yönlü stratejik enerji politikası önceliklerini destekleyen 2030 Stratejisi ve II. Eylem Planı 2024 yılı başında açıklanmıştır. 2024-2030 yılları arasında 20,2 milyar \$ enerji verimliliği yatırımı hedefiyle, kümülatif olarak 37,1 Mtep birincil enerji tasarrufu sağlanmasını amaçlamaktadır (2024-2030 yılları arasında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde kümülatif %16 azaltım). Böylelikle, 2040 yılına kadar 46 milyar \$ eşdeğeri kazanım sağlanması amaçlanmaktadır. Buna paralel olarak, fosil yakıt tüketiminde azalma neticesinde 2030 yılına kadar emisyonlarda 100 milyon ton kümülatif CO₂ azaltımı sağlanacağı hesaplanmaktadır (ETKB, 2024d).

2030 yılına kadar, birincil enerji yoğunluğunun 2023 yılı değerine göre %15 azaltılması hedeflenmektedir⁵ (2030 yılında 0,113 tep/1000 \$). Türkiye'nin 2030 ve TUEP ile sunulan 2035 birincil enerji yoğunluğu, bunlarla bağlantılı yıllık iyileşme hedefleri, IEA Açıklanan Politikalar Senaryosundaki⁶ 2030 ve 2050 perspektifleri ile benzer seviyededir (Şekil 6.22) (ETKB, 2022, ETKB, 2024a, IEA, 2024a).

Eylem Planında, 10 stratejik amaç ve bunlarla bağlantılı 23 hedef belirlenmiştir. Belirlenen hedeflerde sanayi ve teknoloji, bina ve hizmetler, enerji, ulaştırma, tarım, start-up ve dijitalleşme ve yatay kesen alanlarda toplam 7 tematik başlıkta 61 eylem tanımlanmış ve toplam 266 faaliyet sunulmuştur (Şekil 6.23 ve Şekil 6.24). Sektörler bazında tanımlanan yatırım hedefleriyle, 2-3 Mtep/milyar \$ enerji tasarrufu ve 4-8 milyon ton CO₂-eş/milyar \$ azaltım sağlanması öngörülmektedir (Şekil 6.25 ve Şekil 6.26) (IEA, 2025b).

Şekil 6.22. Birincil Enerji Yoğunluğunda Gerçekleşmeler, Hedefler ve IEA Dünya Senaryoları ile Karşılaştırması (2023, 2030, 2035, 2050, tep/1000 2015\$)



Kaynak: IEA, 2024; ETKB, 2024; IICEC analizleri

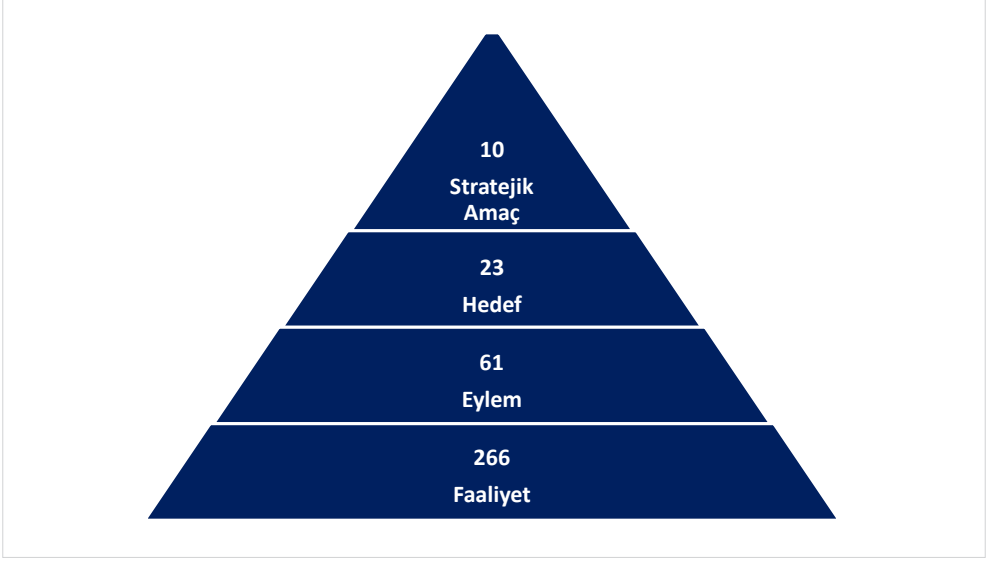
⁵ 2023 yılında birincil enerji yoğunluğunda %4,5 azaltım sağlanmıştır. Bunun neticesinde 2030 yılında 0,113 tep/1000 2015\$ enerji yoğunluğu hedefi için 2023-2030 döneminde gereken azaltım %11'dir.

⁶ Announced Policies Scenario (APS)

Enerji Verimliliği 2030 Stratejisinde Stratejik Amaçlar:

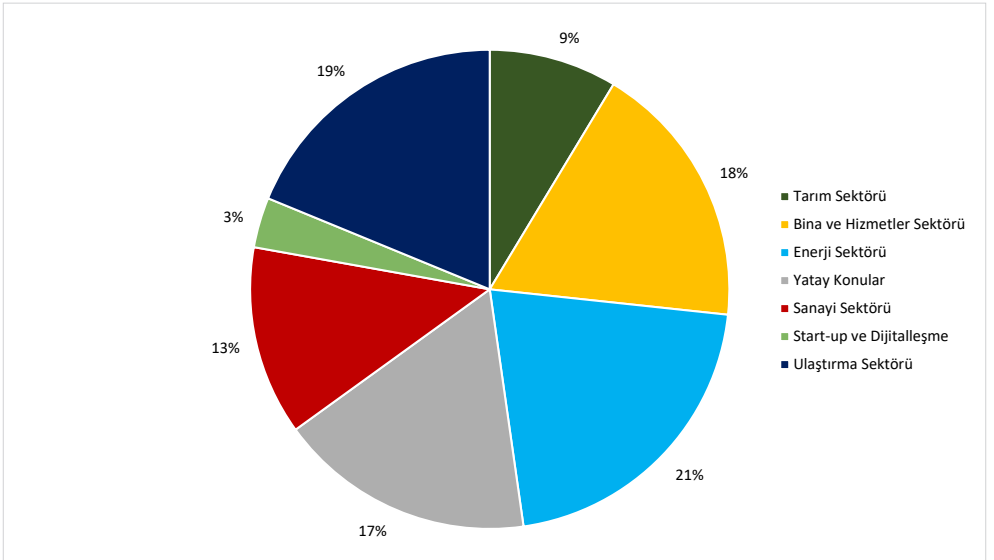
1. Enerji arz güvenliğinin güçlendirilmesi, net sıfır emisyon hedefine ulaşılması ve toplam faktör verimliliğinin yükseltilmesi perspektifi çerçevesinde, enerji verimliliğini karar alma süreçlerinin tamamında dikkate alınan bir politika bileşeni haline getirmek
2. Enerji verimliliğinin bir toplumsal seferberlik yaklaşımı içinde değerlendirilmesini sağlamak üzere, tüm kesimlere yönelik bilinçlendirme ve farkındalık artırma faaliyetlerini artırmak, dış paydaşlarla iş birliğini güçlendirmek
3. Yeşil dönüşümü teşvik edecek ve enerji verimliliğini artıracak yatırımları desteklemek, yenilikçi finansman araçları ile dönüşümü hızlandırmak
4. Binalarda enerji verimli çözüm ve yaklaşımlarla karbon emisyonlarını azaltmak için kamunun öncü rol üstleneceği kapsamlı bir iyileştirme programı yürütmek
5. Dijital uygulamalar ve yenilikçi teknolojiler başta olmak üzere enerji verimli ekipman, sistem ve teknolojilerin kullanımını artırmak, bunların öncelikle yerli imkânlarla gelişimini desteklemek
6. Sanayi sektörünün yeşil dönüşüm çabalarını teşvik edecek biçimde enerji verimliliğine yönelik proje ve yatırımları artırmak
7. Artan hareketliliğin yol açtığı yüksek enerji kullanımını dengeleyecek şekilde ulaştırma sektöründe enerji verimli çözüm ve uygulamalara öncelik verilmesini sağlamak, çok modlu ve bütünleşik ulaşım sistemlerini yaygınlaştırmak
8. Tarım sektörünün rekabetçiliğini yükseltmek, tarımsal sulama verimliliğini geliştirmek ve gıda tedarik zincirini sürdürülebilir kılmak hedefleriyle uyumlu enerji verimli tarımsal pratikleri hayata geçirmek
9. Çevre dostu, döngüsel nitelikli ve enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümünü sağlamak
10. Enerjinin tüm değer zinciri boyunca verimliliği artırmak, üretim, iletim ve dağıtımda kayıpları azaltmak.

**Şekil 6.23. Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
Stratejik Amaçlar, Hedefler, Eylemler ve Faaliyetler Seti**



Kaynak: ETKB, 2024

**Şekil 6.24. Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
Eylemlerin Sektörlere Göre Dağılımına Bakış (%)**



Kaynak: ETKB, 2024; İICEC analizleri

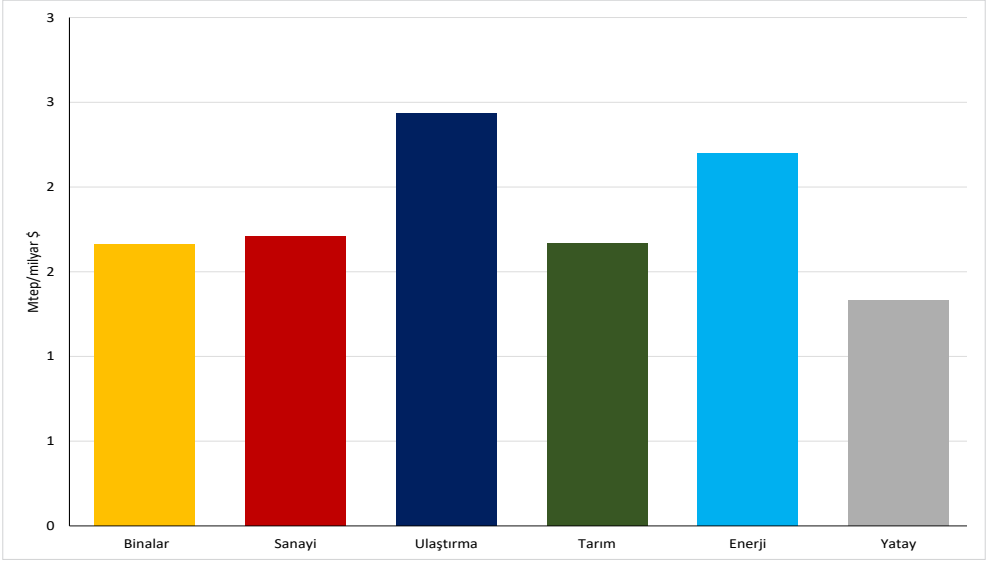
**Tablo 6.1. Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
Sektörler ve Eylemler Seti**

Binalar
B1. İnşaat Sektöründe Kullanılan Enerji Verimli Malzeme ve Teknolojilere İlişkin Uygulama Kapasitesinin Artırılması
B2. Binalarda Enerji Verimliliği Potansiyeline Yönelik Detaylı Analiz Çalışmaları Yürütülmesi
B3. Kamu Binalarında Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi ve Enerji Dönüşümünün Sağlanması
B4. Belediye Hizmetlerinde Enerji Verimliliğinin Artırılması
B5. Mevcut Binaların Rehabilitasyonu ve Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi
B6. Merkezi ve Bölgesel Isıtma/Soğutma Sistemlerinin Kullanımının Özendirilmesi
B7. Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Yerleşmelerin Belgelendirilmesinin Özendirilmesi
B8. Yeni Binalarda Minimum Enerji Performans Kriterlerinin Artırılması
B9. Binalarda Yenilenebilir Enerji Kullanımının Yaygınlaştırılması
B10. Mevcut Binaların Yenilenmesine Yönelik Finansal Teşviklerin Tanımlanması
B11. Binalarda Enerji Verimliliği Uygulamaları Konusunda Teknik Kapasitenin Geliştirilmesi
Sanayi
S1. Isı Kullanan Büyük Endüstriyel Tesislerde Kojenerasyon Sistemlerinin Yaygınlaştırılması
S2. Sanayide Yenilikçi Enerji Verimliliği Projelerinin Sayı ve Çeşitliliğini Artırmak İçin Destek Sağlanması
S3. Sanayi Sektöründe Düşük Karbonlu, Yeşil ve Dijital Bir Dönüşüm İçin Enerji Verimliliği Uygulamalarının Yaygınlaştırılması
S4. Ürün ve Cihazlarda Enerji Verimliliği Performans Standartları ve Çevre Duyarlı Tasarım, Üretim, Etiketleme Sisteminin Uygulanması
S5. Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli Haritasının Çıkarılması
S6. Sanayide Karbon Yoğunluğu ve Spesifik Enerji Tüketimi Azaltımının Desteklenmesi
S7. Sanayi Sektörünün Enerji Verimliliğini Artırmak Amacıyla Döngüsel Ekonomi Yaklaşımlarının Yaygınlaştırılması
S8. Sanayi Sektöründe Başarılı Enerji Verimliliği Uygulamalarının Yaygınlaştırılması İçin Kapasite Geliştirme ve Paylaşım Faaliyetlerinin Güçlendirilmesi
S9. Sanayide Enerji Verimli Ürünlerin Yaygınlaştırılması
S10. Sanayide Enerji Tüketimi İzleme Sistemlerinin Yaygınlaştırılması
S11. Enerji Verimliliği ile Emisyon Ticaretinin Birlikte Ele Alınmasını Sağlayacak Faaliyetlerin Yürütülmesi
Ulaştırma
U1. Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliğinin Artırılması İçin Etkin Teşvik Mekanizmalarının Geliştirilmesi
U2. Ulaştırma Sektörü Verilerinin Dijitalleştirilerek Etkin İzleme Sistemlerinin Kurulması
U3. Karayolu Yük Taşımacılığında Enerji Verimliliğinin Artırılması
U4. Kent İçi Ulaşımında Mikro-Mobilitenin Geliştirilmesi
U5. Kent İçi Ulaşımında Enerji Verimliliğini Artıracak Mobilite Önlemlerinin Geliştirilmesi
U6. Toplu Taşımanın Etkinliğinin Artırılması ve Enerji Dönüşümünün Hızlandırılması
U7. Denizyolu Taşımacılığının Güçlendirilmesi
U8. Demiryolu Taşımacılığının Güçlendirilmesi ve Sektörde Enerji Verimliliğinin Artırılması
U9. Elektromobilitenin Yaygınlaştırılması
U10. Hava Yolu Taşımacılığında Enerji Verimliliğinin Artırılması
U11. Akıllı Ulaşım Sistemlerinin ve Dijitalleşmenin Enerji Verimliliğine Yönelik Olarak Bütünleşik Biçimde Geliştirilmesi
U12. Çok Modlu ve Bütünleşik Ulaşım Sistemlerinin Yaygınlaştırılması

Tarım	
T1.	Traktörlerin ve Biçerdöverlerin Enerji Verimlilikleri ile Yenilenmesinin Özendirilmesi
T2.	Tarımsal Sulamada Enerji Verimliliğinin İyileştirilmesi
T3.	Tarım Sektöründe Enerji Verimliliği Projelerinin Desteklenmesi
T4.	Tarımsal Üretimde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımının Özendirilmesi Geliştirilmesi
Enerji	
E1.	Enerji Dönüşümü Hedefleri Çerçevesinde Etkin İşleyen Bir Isı Piyasası Kurulması
E2.	Doğal Gaz Altyapısı İçin Verimlilik Standartları Uygulanması
E3.	Fatura Bilgileri ve Tarifeler Yoluyla Enerji Verimliliğinin Özendirilmesi
E4.	Akıllı Sayaçların Yaygınlaştırılması
E5.	Genel Aydınlatmada Enerji Verimliliğinin Artırılması
E6.	Elektrik İletim ve Dağıtım Faaliyetlerinde Enerji Verimliliğinin Artırılması
E7.	Elektrik Üretim Santrallerinde Verimliliğin Artırılması
E8.	Talep Tarafı Katılımı ve Toplayıcılık Faaliyeti (Aggregator) İçin Piyasa Altyapısının Oluşturulması
E9.	Hidrojen Teknolojisinin Ulusal Enerji Hedefleriyle Uyumlu Biçimde Geliştirilmesi İçin Tedbirler Alınması
Dijital	
D1.	Enerji Verimliliği ile İlgili Yerli ve Yenilikçi Nitelikteki Ürünlerin Kamu Alımları Yoluyla Nitelikteki Ürünlerin Kamu Alımları Yoluyla Desteklenmesi
D2.	Start-Up'ların Enerji Verimliliğine Yönelik Projelerdeki Uygulama Kapasitesinin Geliştirilmesi
D3.	Enerji Verimliliğine Yönelik Start-Up Faaliyetlerini Sistematik Bir Biçimde Desteklemek Üzere Kurumsal Altyapının Güçlendirilmesi
D4.	Start-Up'ların Enerji Verimliliğine Yönelik Katkılarının Artırılması İçin Yeni Teşvikler Kurgulanması
Yatay	
Y1.	Enerji Yönetim Sistemlerinin Kurulması ve Etkinliğinin Artırılması
Y2.	Enerji Verimliliği Finansman İmkanlarının Geliştirilmesi
Y3.	Enerji Verimliliği Yatırım Ortamının Geliştirilmesi
Y4.	Enerji Verimliliği Projelerinin Enerji Verimliliği Yarışmaları ile Desteklenmesi
Y5.	Enerji Verimliliği Portalının Net Sıfır Hedefleri Doğrultusunda Geliştirilmesi
Y6.	Farkındalık, Eğitim ve Bilinçlendirme Faaliyetlerinin Yürütülmesi
Y7.	Kamuda Sürdürülebilir İşletme ve Satın Alma Yaklaşımının Benimsenmesi
Y8.	Enerji Verimliliği Yükümlülük Programı'nın Geliştirilmesi
Y9.	Isı Pompası Kullanımının Yaygınlaştırılması İçin İdari Tedbirler Alınması
Y10.	Enerji Verimliliğinin Artırılması İçin Ar-Ge Faaliyetlerinin Güçlendirilmesi

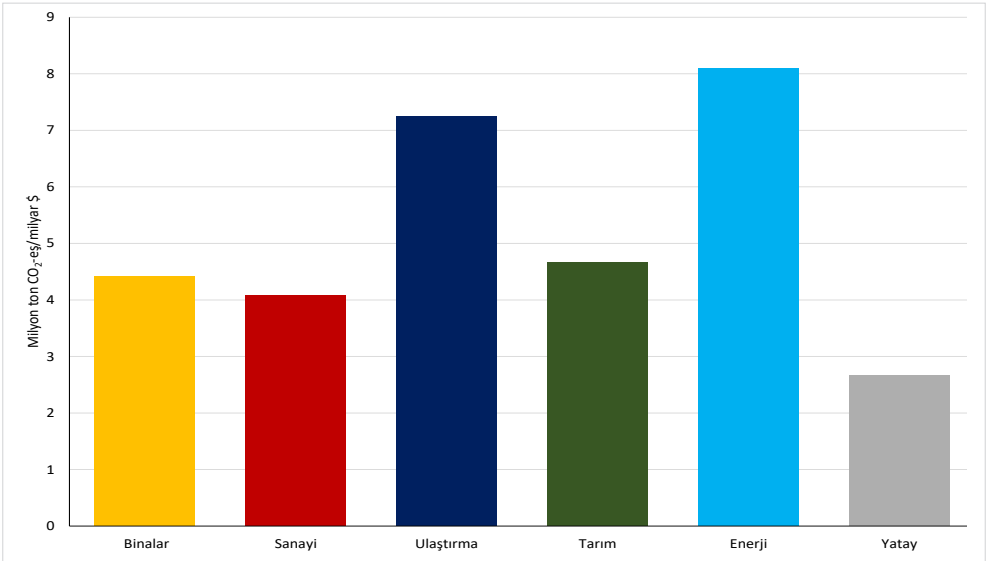
Kaynak: ETKB, 2024

Şekil 6.25. Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında Sektörler Bazında Enerji Tüketimi Azaltım ve Yatırım Perspektifi (Mtep/milyar \$)



Kaynak: ETKB, 2024; IICEC analizleri

Şekil 6.26. Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında Sektörler Bazında Emisyon Azaltım ve Yatırım Perspektifi (Milyon ton CO₂-eş/milyar \$)



Kaynak: ETKB, 2024; IICEC analizleri

6.4. Enerji Verimliliğinde Öne Çıkan Güncel Gelişmeler

Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II.Ulusal Eylem Planı'nın açıklanması ile birlikte, enerji verimliliğinde yatırım hedeflerinin arttığı çok yönlü bir gelişim ivmesi sağlanmaya başlanmıştır.

- **Yatırım hedefleri:** Eylem Planında sunulan yatırım perspektifi ile, önceki Eylem Planı gerçekleştirmelerine kıyasla yatırım büyüklüğü hedefi iki-buçuk kat artırılarak 2030 yılına kadar olan dönemde yıllık ortalama yaklaşık 3 milyar \$ yatırım hedeflenmiştir (2017-2023 döneminde 8,5 milyar \$ ve 2024-2030 döneminde 20,2 milyar \$). Yatırımların yaklaşık 5 milyar \$'lık bölümünün kamu tarafından vergi ve teşvik programları ile sağlanması amaçlanmaktadır (ETKB, 2024d).
- **Sanayi sektörlerinde enerji verimliliği desteklerinde artış:** Sanayide yatırım destekleri 2025 yılında büyük ölçüde artırılmıştır. Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) desteklerinde proje başına %30 hibe bedeli, 1 Ocak 2025 tarihinde yeniden değerlendirilme oranında tekrar artırılarak 21,6 milyon TL'ye yükseltilmiştir (2024 başında 1,5 milyon TL). Gönüllü anlaşmalar teşvik programı kapsamında sanayinin enerji faturalarına sağlanan destek miktarı 1 milyon TL'den 14,4 milyon TL'ye yükseltilmiştir. Sanayi sektörlerinde verimlilik projeleri sanayide yeşil dönüşüm odaklı destekler içerisinde de konumlandırılmaya başlanmıştır. Binalarda enerji verimliliğine katkı sağlayan yatırımlar da VAP destekleri kapsamında daha fazla yer almaya başlamıştır (ETKB, 2024e).
- **TS825 revizyonu ile binalarda daha yüksek enerji verimliliği:** Binalarda yalıtım standartlarını belirleyen TS825 revizyonu ile yalıtım kalınlıkları yaklaşık iki kat artırılmış, izin verilen asgari tüketim değerleri yaklaşık üçte-bir oranında düşürülmüş, soğutma talepleri de standart kapsamına alınarak Türkiye'nin iklim ve sıcaklık dinamiklerine ve gelecek beklentilerine daha uygun bir düzenleme çerçevesi oluşturulmuştur (ÇŞİDB,2025).
- **Kamu binalarında verimlilik hedefleri:** Kamu binalarında 2030 yılına kadar %30 enerji verimliliği hedefi tanımlanmış, 2026 itibarıyla yeşil bina sertifikası alma yükümlülüğü getirilmiştir (ETKB, 2024f).
- **Genel aydınlatmada LED dönüşümü hedefleri:** Genel aydınlatmada önemli teknik verim iyileşmeleri sağlayacak LED dönüşümünün ilk çalışmaları başlatılmıştır. 2024 yılı sonunda 200.000'e yaklaşan LED armatür sayısının, 2025 yılında üç katına çıkarılması, 2028 sonunda yaklaşık 3,8 milyon LED armatüre ulaşılması hedeflenmektedir (ETKB, 2024g).
- **Enerji Performans Sözleşmeleri (EPS) çalışmaları:** Enerji verimliliği yatırımlarında, dünyadaki iyi uygulama örneklerine benzer şekilde, enerji performans sözleşmeleri (EPS) ve Enerji Hizmet Şirketleri (ESCO) modellerinin yaygınlaştırılması için gerekli iyileştirmelere odaklı yeni çalışmalar gerçekleştirilmeye devam edilmektedir.

- **Karayolu ulaşımında elektrifikasyon:** Karayolu araç parkında hafif araçlarda hibrit ve elektrikli araç satışlarında büyüme, araç filosunun ortalama yakıt veriminde iyileşmeler sağlarken, elektrikli araç şarj sistemlerinde büyüme ve yaygınlaşma devam etmektedir (EPDK, 2024; ODMD, 2025). Şehiriçi ulaşımında toplu taşıma alternatiflerinde yaygınlaşmayı destekleyecek çeşitli projeler geliştirilmeye devam etmektedir.
- **Isı piyasası ve ısı pompası çözümlerine yönelik çalışmalar:** Isı piyasası kurulumuna yönelik mevzuat hazırlıkları devam etmektedir. Coğrafi bilgi sistemi bazlı olarak ısı pompasının bölgesel olarak yatırım yapılabilir alanlarını gösteren bir harita geliştirilmiştir.
- **Elektrik sektöründe verimlilik odaklı gelişmeler:** Elektrik piyasasında arz ve talep optimizasyonunu ve talep tarafı katılımını temin edecek yeni mevzuat düzenlemeleri ve iş modelleri geliştirilmektedir.
- **Farkındalık ve bilinçlendirme çalışmaları:** Enerji verimliliği farkındalığının ve bilincinin toplum genelinde daha fazla yaygınlaşmasına yönelik proje geliştirme çalışmaları sürdürülmekte, Enerji Verimliliği Haftası gibi tanıtım ve eğitim faaliyetleri yoluyla enerji verimliliği konusunda görünürlük seviyesi yükseltilmektedir.

Tüm bu gelişmeler ve Eylem Planı kapsamında öncelik verilen hedefler ve faaliyetler, 2030 yılına kadar olan dönemde enerji yoğunluğunda kalıcı düşüşler sağlanmasında kritik rol üstlenmeye devam edecektir.

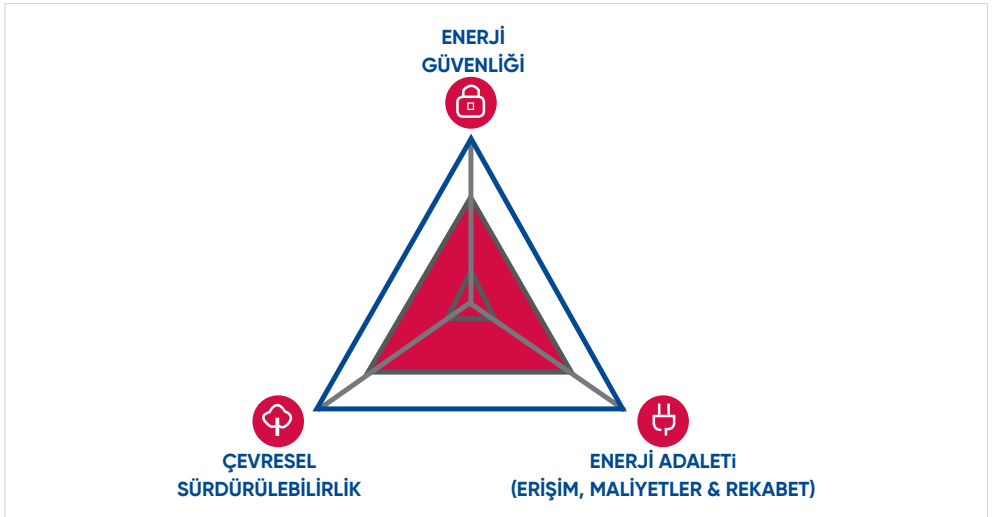
6.5. Enerjide Verimli Büyüme Daha Güvenli, Rekabetçi, Teknoloji-Odaklı ve Sürdürülebilir Enerji Geleceğine Nasıl Katkı Sağlayacak?

Bölüm 2'de sunulduğu üzere, dünya genelinde enerjiye erişim riskleri, modern ve kesintisiz enerjiye olan talep, enerji maliyetlerinin enerji piyasalarına, enerji tüketicisi sektörlerde girdi maliyetlerine, rekabetçiliğe ve diğer makro ekonomik göstergelere etkileri gibi düzlemlerde enerji güvenliğini güçlendirmeye yönelik stratejilerin önemi artmaktadır. İklim değişikliği ile mücadele hedefleri içerisinde iklim güvenliğini temin edecek, sürdürülebilir temiz enerji dönüşümü vizyonu yaşamsal önemini korurken, son dönemde temiz enerji yatırımlarında büyüme güçlenmekte, daha güvenli ve temiz enerji geleceğine eş zamanlı katkı sunacak çözümlerin ve ilgili alanlarda sürdürülebilir büyümenin önemi artmaktadır.

Enerjinin maliyet, fiyat ve rekabetçilik unsurlarının enerji ekosisteminin genelinde ekonomik ve sosyal gelişimi, sürdürülebilir kalkınmayı da destekleyecek şekilde ele alınması gerekmektedir (Şekil 6.27). Güvenli enerji, temiz enerji ve rekabetçi enerji üçlemesi içerisinde azami ekonomik ve toplumsal faydanın, söz konusu her üç alanda birbirini destekleyen ve bütünleyen stratejilerin, yatırımların, piyasa ve iş modellerinin, geniş bir teknoloji setinin, ekosistemde iş birliklerinin gelişimi ve yaygınlaşması ile sağlanabileceği değerlendirilmektedir. Bu kapsamda yenilenebilir enerji, e-mobilite ve ısı pompası çözümlerini de içeren yaygın elektrifikasyon öne çıkarken, karbondan arındırılması görece daha zorlu olan alanlarda hidrojen, karbon yakalama ve depolama gibi teknolojilerde gelişim ihtiyacı belirginleşmektedir.

Özellikle elektrifikasyonda gelişimle, elektrik şebekelerinin kritik önemi, temiz enerji teknolojilerinde yaygınlaşma ile birlikte kritik minerallerin ve bunlara ilişkin tedarik zincirlerinin yeni güvenlik paradigması kapsamında ağırlığı artmaktadır. Yeni sanayi ve ticaret paradigmaları içerisinde, temiz enerji teknolojilerinde gelişim ve yerleşme, tedarik zincirlerinin güvenliği, kritik minerallerde, teknolojilerde ve üretimlerinde kendine yeterlilik gibi unsurlar, gelişen enerji güvenliği ve rekabetçilik paradigmalarının temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Enerji verimliliği, hedeflenen ekonomik çıktının ve talep hizmetinin daha az enerji tüketimiyle karşılanmasını sağlayarak tüm bu alanlarda kritik iyileşme ve dönüşüm fırsatları sunmaktadır.

Şekil 6.27. Enerjide Üçlü Hedef Seti

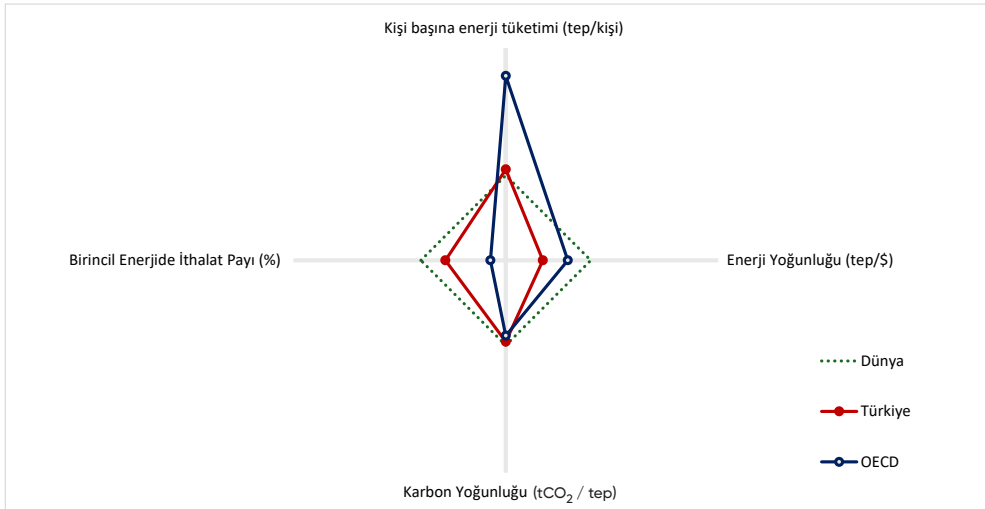


Kaynak: World Energy Council'den uyarlanmıştır.

IICEC analizlerinde, Türkiye enerji sektörünün önümüzdeki dönemde daha güvenli, temiz ve sürdürülebilir enerji geleceğine ulaştırılması bakımından kritik olan performans göstergeleri aşağıda özetlenmektedir (Şekil 6.28).

- **Kişi başına enerji tüketimi:** OECD ve AB ortalamalarının yaklaşık yarısı seviyelerinde olan kişi başına enerji tüketiminde büyümenin güvenli, sürekli, uygun maliyetli ve rekabetçi koşullarda sağlanması,
- **Enerji yoğunluğu:** Enerji verimliliğinde özellikle son dönemde kaydedilen güçlü iyileşmelerle enerji yoğunluğunda azaltımın sürdürülmesi, enerjide verimli büyümenin güçlenmesi ve enerji tüketiminin katma-değeri yüksek üretime dönüşümü fırsatlarının daha hızlı şekilde değerlendirilmesi,
- **Karbon yoğunluğu:** OECD ortalamasının %8 üzerinde olan karbon yoğunluğunun, büyüyen bir enerji ekosistemi içerisinde, temiz enerji kaynaklarına dayalı elektrifikasyon, yenilenebilir enerjinin doğrudan kullanımı, enerji verimliliği, yenilikçi temiz enerji teknolojilerinin üretiminde ve kullanımında yaygınlaşma fırsatları, dünyadaki ve bölgedeki temiz enerji odaklı girişimler, rekabet dinamikleri ve iş birlikleri değerlendirilerek düşürülmesi,
- **Birincil enerjide ithalat yoğunluğu:** Birincil enerji arzının yaklaşık üçte-ikisini oluşturan ithal fosil kaynak payının, yukarıdaki üç faktörle de yakından ilişkili olarak düşürülmesi, böylelikle kendine yeterliliğin ve enerjide bağımsızlığın güçlendirilmesi, enerjide ve ekonominin genelinde güçlü, sürdürülebilir ve rekabetçi büyümenin desteklenmesi.

Şekil 6.28. Enerji Sektörünün Karekodu (Dünya=1:1:1)



Kaynak: IICEC analizleri

Türkiye'nin enerji verimliliğinde yüksek gelişim potansiyeli, enerji güvenliğini güçlendirme, enerji bağımsızlığını geliştirme ve net-sıfır hedefine ulaşma perspektifinin temel bileşenlerinden birisini oluşturmaktadır. Enerji verimliliği, temiz elektrifikasyonun gelişimi ve yenilenebilir enerji kullanımında büyüme ile birlikte söz konusu stratejik hedeflerin gerçekleştirilmesine eş zamanlı katkılarıyla, daha sürdürülebilir bir enerji geleceği için giderek çok daha kritik bir rol oynayacaktır. Çalışmanın sonraki bölümlerinde, enerji verimliliği gelişim fırsatlarına yönelik uzun vadeli ve bütüncül bir gelecek perspektifine ilişkin IIcec senaryoları ve modelleme çerçevesi, Türkiye'nin daha güvenli, rekabetçi, temiz ve sürdürülebilir enerji geleceğine somut etkiler, tekno-ekonomik analizler ve bütüncül ekonomik fayda-maliyet analizleri ile birlikte sunulmaktadır.

Referanslar

- European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) (2025), Vehicles on European Roads
https://www.acea.auto/files/ACEA_Report_-_Vehicles_on_European_roads_2025.pdf
- Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu (EPDK) (2024), Şarj İstatistikleri,
<https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/5-15572/sarj-hizmeti-piyasasi-aylik-istatistikleri>
- International Energy Agency (IEA) (2014), Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-indicators-fundamentals-on-statistics>
- International Energy Agency (IEA) (2024a), Energy Efficiency 2024
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024b), SDG: Data and Projections, Energy Intensity
<https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/energy-intensity>
- International Energy Agency (IEA) (2024c), Energy Efficiency Progress Tracker
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-efficiency-progress-tracker>
- International Energy Agency (IEA) (2024d), Artificial Intelligence
<https://www.iea.org/topics/artificial-intelligence>
- International Energy Agency (IEA) (2025a), Energy Statistics Data Browser
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>
- International Energy Agency (IEA) (2025b) Energy End-uses and Efficiency Indicators Data Explorer
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-end-uses-and-efficiency-indicators-data-explorer>
- Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği (İZODER) (2025)
<https://www.izoder.org.tr/>
- Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği (ODMD) (2025), Pazar-Perakende Satışlar Verileri
https://www.odmd.org.tr/web_2837_1/neuralnetwork.aspx?type=36
- Springer Nature (2024), SDG 7: Affordable and Clean Energy
<https://www.springernature.com/gp/researchers/sdg-programme/sdg7>

- Sustainable Energy for All (SEforALL) (2024), SDG 7.3- Energy efficiency, <https://www.seforall.org/goal-7-targets/energy-efficiency>
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB) (2023), On İkinci Kalkınma Planı https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/11/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_17112023.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB) (2024), Orta Vadeli Plan (2025-2027) https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2024/09/Orta-Vadeli-Program_2025-2027.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı (ÇŞİDB) (2024), Türkiye 2053 Uzun Dönemli İklim Stratejisi <https://iklim.gov.tr/db/turkce/dokumanlar/turkiyenin--8230-3143-20250210095501.pdf>
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Başkanlığı (ÇŞİDB) (2025), Isı Yalıtım Standardı Tebliği Güncelledi <https://meslekihizmetler.csb.gov.tr/isi-yalitim-standardi-tebligi-guncellendi-haber-290597>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2022), Türkiye Ulusal Enerji Planı <https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20317>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024a), Birincil ve Nihai Enerji Yoğunluğu https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/2023_Enerji_Yogunluklari.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024b), Denge Tabloları <https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024c), Enerji Dönüşümü: Yenilenebilir Enerji 2035 Yol Haritası https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/Yenilenebilir%20Enerjide%202035%20Yol%20Haritas%C4%B1%20Lansman%20Sunumu_202410221014.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024d), Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı <https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimliliği-uevep>

- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024e), Verimlilik Arttırıcı Proje (VAP) Destekleri
<https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimliliği-destekleri-verimlilik-artirici-proje-destekleri>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024f), Kamu Binalarında 2030'a Kadar Yüzde 30 Tasarruf Sağlanacak
<https://enerji.gov.tr/haber-detay?id=21298>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024g), Genel Aydınlatma Kapsamında Led Armatürlerin Kullanımına İlişkin Usul ve Esaslar
<https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=38>
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) (2025), Türkiye Elektrik Üretim İletim İstatistikleri
<https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2022), Bina İstatistikleri,
<https://nip.tuik.gov.tr/?value=Binalstatistikleri>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2025), Motorlu Kara Taşıtları
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2024-53463>
- United Nations Development Programme (UNDP) (2024), What are the Sustainable Development Goals?
<https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
- United States Department of Energy (DOE) (2024), Energy Efficiency vs. Energy Intensity
<https://www.energy.gov/eere/analysis/energy-efficiency-vs-energy-intensity>
- World Bank (2025), Open Data
<https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/EG.EGY.PRIM.PP.KD>
- World Energy Council (2022), World Energy Trilemma Index
<https://www.worldenergy.org/transition-toolkit/world-energy-trilemma-index>

BÖLÜM 7:

IICEC Senaryoları

&

Enerjide Verimli Büyüme
ile Çok Yönlü Kazanımlar

7.1. IIEEC Modeli

IIEEC tarafından 2020 yılında Türkiye’de bir ilk olarak gerçekleştirilen “Türkiye Enerji Görünümü 2020” çalışmasının temel çıktıları ve bütüncül modelleme altyapısını esas alan bu çalışmada, enerji sistemi ve arz ve talep dinamikleri, Türkiye’nin kalkınma, enerji ve iklim stratejilerindeki somut 2030, 2035 ve 2053 hedeflerini de yansıtacak şekilde detaylı olarak irdelenmiştir (SBB, 2023; ETKB, 2022; ETKB, 2024a; ETKB, 2024b; ÇŞİDB, 2024). Genel enerji dengesi içerisinde, birincil enerji arzı, elektrik üretimi gibi çevrim sektörleri ve nihai enerji tüketimi, sektörler, yakıtlar, teknolojiler ve piyasa gelişmeleri bazında dinamik olarak değerlendirilmiştir (Şekil 7.1).

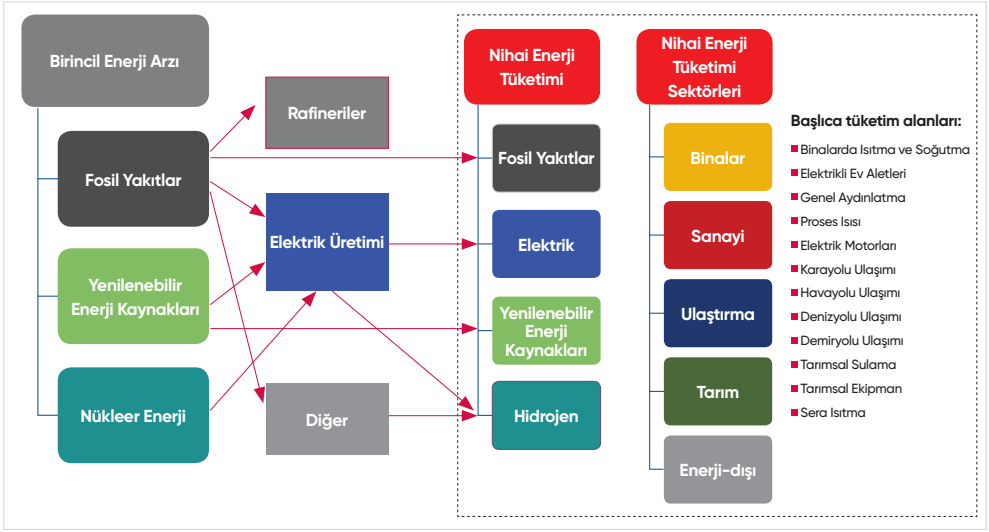
Nihai enerji talebine yönelik olarak tüketici sektörler bazında kapsamlı ve öncü bir perspektif sunan çalışmada, talebe baz oluşturan aktiviteler ve hizmetler detaylı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada Türkiye’nin nihai enerji talebi, sanayi, binalar, ulaştırma, tarım ve enerji dışı kullanım olmak üzere 5 sektörde, toplam 11 talep hizmetine ayrılarak detaylı olarak modellenmiştir. Talep hizmetlerinin kırımının belirlenmesinde, enerji tüketimindeki ağırlıkları ve enerji talebi ile ilişkili yapısal faktörler dikkate alınmış, böylelikle farklı segmentlerde talep gelişimi, yakıtlar, teknolojiler ve diğer altyapı unsurları, politika seçenekleri, düzenleyici çerçeveler ve piyasa gelişmeleri eksenlerinde analiz edilmiştir (Şekil 7.2 ve Şekil 7.3):

- Ulaştırmada karayolu yolcu taşıma,
- Ulaştırmada karayolu yük taşıma,
- Diğer ulaştırma sektörleri (denizyolu, havayolu ve demiryolu)
- Binalarda ısıtma ve soğutma,
- Binalarda aydınlatma ve cihazlar,
- Binalarda sıcak su ve pişirme,
- Enerji-yoğun imalat,
- Enerji yoğun olmayan imalat,
- Diğer sanayi (madencilik, inşaat ve diğer),
- Tarım (ekipman, sulama ve sera),
- Enerji dışı tüketim.

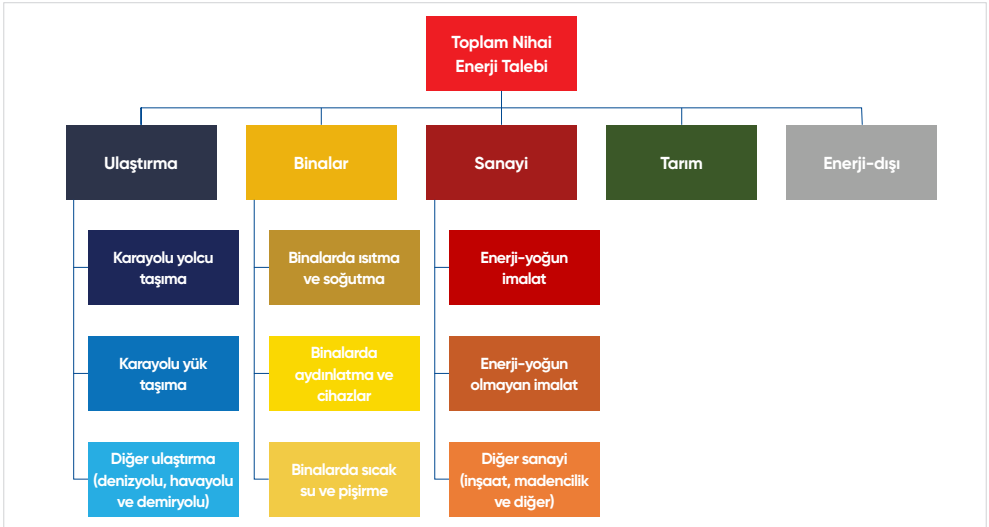
Talep gelişim dinamikleri, talep hizmetlerini oluşturan ısıtma, soğutma, aydınlatma, taşımacılık gibi aktivitelerin gelişimini, binalarda yalıtım performansı, elektrik motorları, ulaşımda yakıt ekonomisi gibi teknik verim parametrelerini, her bir talep hizmeti bazında yakıt ve teknoloji tercihlerini ve ikamelerini yansıtacak şekilde ayrıştırılarak analiz edilmiştir¹. Böylelikle, enerji talebini belirleyen etkenlerin ayrıştırılması yöntemiyle, talepte büyümeyi oluşturan aktivitelerin etkisi, teknik verimin etkisi ve yakıt kompozisyonunda dönüşüm sağlayan yakıt ikamesi etkileri ayrı ayrı analiz edilmiş, kullanım sektörleri ve alt segmentleri bazında enerji talebinde net değişimler uzun dönemli bir perspektifte modellenmiştir (IEA, 2018; IEA 2019).

¹ Decomposition

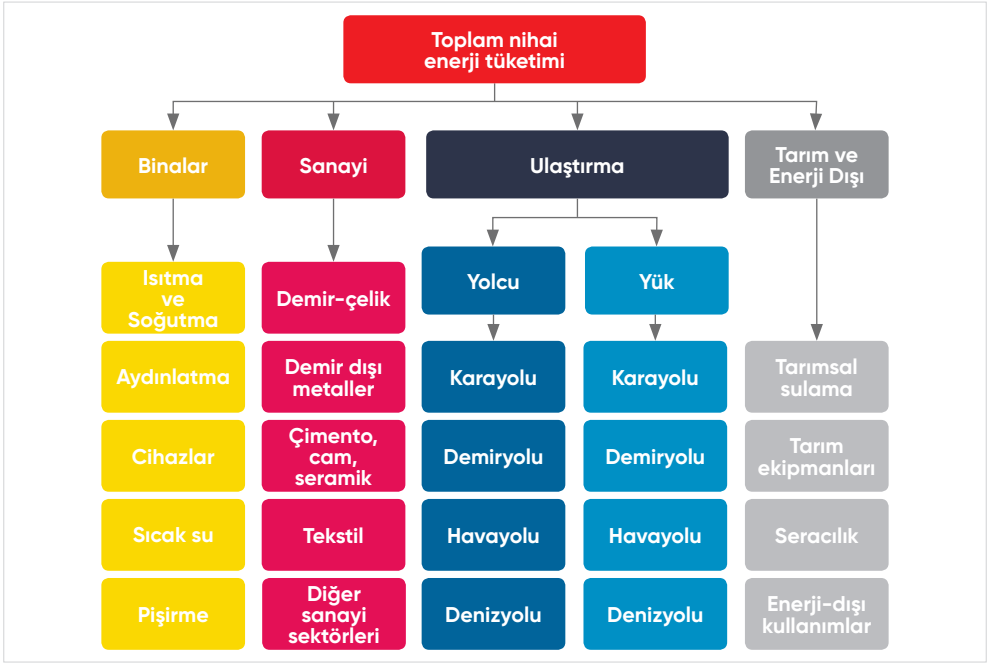
Şekil 7.1. IICEC Modelleme Perspektifine Bütüncül Bakış



Şekil 7.2. IICEC Modelleme Perspektifinde Enerji Tüketicisi Sektörler ve Talep Hizmetleri



Şekil 7.3. IIEEC Modelleme Perspektifinde Enerji Talep Hizmetlerine Detaylı Bakış²

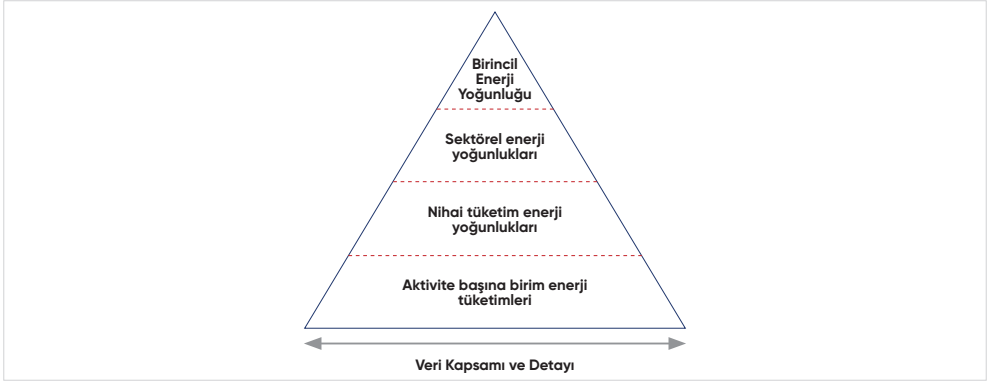


Modellemede, enerji talebini belirleyen tüketim segmentleri bazında, veri setleri ve yaklaşımlar çerçevesinde detaylı kırılımlar gerçekleştirilmiş, analizler enerji verimliliğinin en geniş göstergesi olan enerji yoğunluğundan somut tüketim alanlarında birim enerji tüketim göstergelerine kadar geniş bir spektrumda göstergeler ile desteklenmiştir³ (Şekil 7.4). Böylelikle enerji verimliliğinde sektörler ve talep hizmetleri odaklı gelişim potansiyelleri irdelenmiş ve senaryolarda söz konusu potansiyellerin değerlendirilme hızları ve yaygınlığı üzerinden farklılaşmalar sağlanmıştır. Örneğin karayolu ulaşımında km bazında enerji tüketimleri ve ulaşım aktiviteleri çerçevesinde (p-km ve ton-km), birim aktivite başına enerji tüketimi değerleri hesaplanabilmektedir. Farklı bina türlerinde m² alan başına enerji tüketimleri, ısıtma ve soğutma ihtiyaçları ve diğer kullanım alanlarına göre detaylandırılmıştır. Sanayi sektörlerinde ton üretim veya ekonomik katma değer başına birim enerji tüketim değerlerine ilişkin göstergeleri oluşturulmuştur. Tüm bu göstergeler, Türkiye'nin enerji verimliliğinde makro perspektifin, tüketici sektörler bazında trendlerin ve enerjinin kullanım alanlarına göre farklılıklar gösteren enerji verimliliği performansının belirlenmesine zemin oluşturmuş, uzun dönemli olarak bütüncül ve analitik modelleme yaklaşımını desteklemiştir.

² Detaylar için lütfen <https://iea.blob.core.windows.net/assets/bcc21d9c-47df-4d5b-8e20-f9688d9f9279/Demand-sidedataandenergyefficiencyindicators.pdf>

³ Çalışmada kullanılan temel veri setleri için lütfen EK A'ya bakınız.

Şekil 7.4. IIEEC Modelleme Perspektifinde Enerji Verimliliği Göstergeleri Yaklaşımı⁴

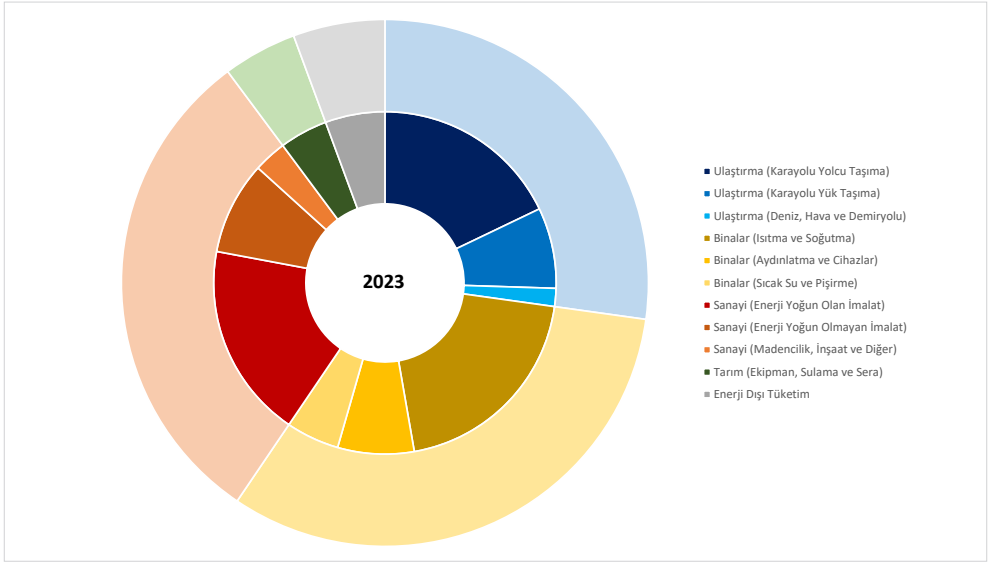


7.2. Enerji Dengesinin Mevcut Görünümü

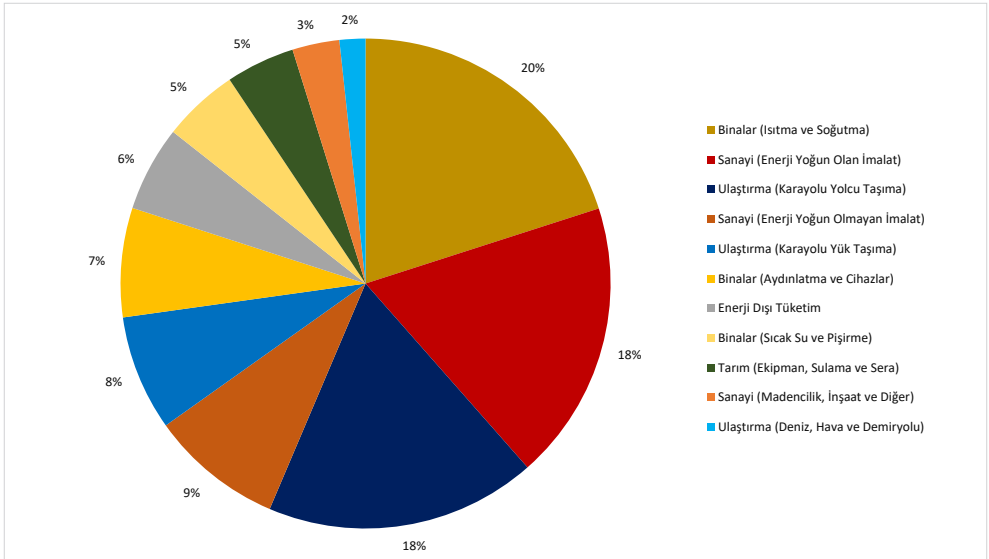
Bölüm 5'te sunulduğu gibi, 2023 yılında 121,4 Mtep olan gerçekleşen nihai enerji talebinin %32'si binalarda, %30'u sanayide ve %27'si yolcu ve yük taşımacılığı için ulaşımda gerçekleşmiştir. Enerji-dışı tüketimler ve tarım ise nihai enerji talebinin sırasıyla %6 ve %5'ini oluşturmuştur. 2023 yılı enerji denge tabloları, binalar, ulaşım, sanayi ve tarım istatistikleri dikkate alınarak gerçekleştirilen IIEEC analizlerinde, enerji tüketimi 11 başlık altında incelenmiştir (ETKB, 2024c; TÜİK, 2025). Tüketimde binalarda ısıtma ve soğutma %20 pay ile ilk sırayı almaktadır (24,3 Mtep). Bunu %18'er pay ile enerji-yoğun imalat ve karayolu yolcu taşıma izlemektedir (22,4 Mtep ve 21,7 Mtep). Enerji-yoğun olmayan imalat sanayi sektörlerinin ve ulaşımda karayolu yük taşımacılığın payları ise sırasıyla %9 ve %8 olarak gerçekleşmiştir. Bu beş tüketim alanı, toplam nihai enerji talebinin yaklaşık dörtte-üçüne karşılık gelmektedir. Bunları sırasıyla, binalarda aydınlatma ve cihazlar, enerji-dışı tüketim, binalarda sıcak su ve pişirme, ekipman, sulama ve seracılık taleplerinden oluşan tarım, imalat sanayi dışında kalan sanayi sektörleri ve karayolu dışındaki modlarda gerçekleşen ulaştırma aktiviteleri izlemektedir. Binalarda enerji tüketiminin %60'ından fazlası ısıtma ve soğutma amaçlı gerçekleşmekte, enerji-yoğun imalat sanayi toplam sanayi tüketiminin yaklaşık %60'ını oluşturmakta, karayolu yolcu ulaşımı için tüketilen enerji ise toplam ulaştırma enerji talebinin üçte-ikisine karşılık gelmektedir. Analizlerdeki temel bulgular, Türkiye enerji talebinin gelişimini belirleyen yapısal faktörlerin segmentler bazında tüketimlerde önemli etkisini göstermektedir. Ulaşımın karayolunun ağırlıklı payı, sanayinin enerji-yoğun yapısı, bina stokunun ortalama yaşı ve yalıtım performansı, bu alanları enerji tüketiminde öne çıkarmaya devam etmektedir. Söz konusu alanlar, yapısal dönüşümlerin gerçekleşmesi durumunda, enerjide daha verimli büyüme için yüksek potansiyel içermektedir (Şekil 7.5 ve Şekil 7.6).

⁴ Detaylar için lütfen <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-indicators-fundamentals-on-statistics>

Şekil 7.5. Nihai Enerji Talebinin Sektörlere ve Talep Hizmetlerine Göre Dağılımı (2023, %)

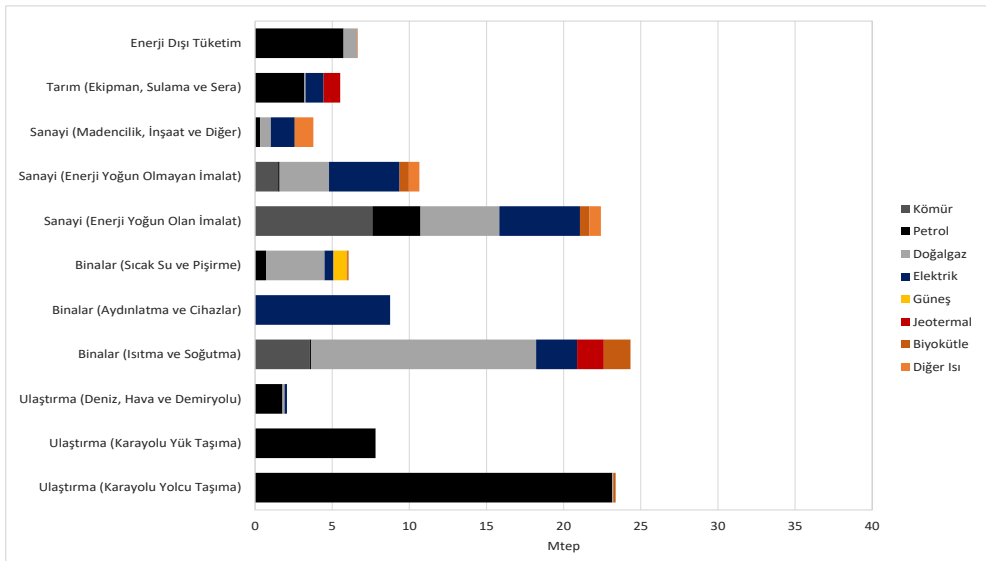


Şekil 7.6. Nihai Enerji Talebinin Talep Hizmetlerine Göre Dağılımı (2023, %)

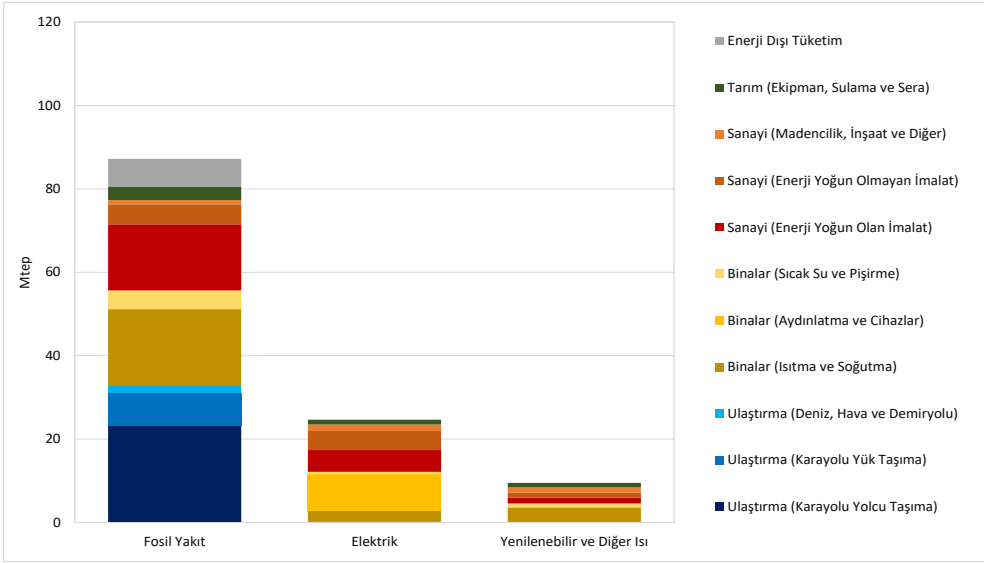


Enerji talep hizmetlerinin yakıtlar bazında görünümü incelendiğinde, petrol tüketiminin ağırlıklı olarak karayolu yolcu ve yük taşımada ve petrokimya gibi enerji-dışı tüketim alanlarında gerçekleştiği, binalarda ısıtma talebinde doğal gazın ağırlıklı paya sahip olduğu, sanayide enerji yoğun imalat sektörlerinin talebinin karşılanmasında kömür, petrol ve doğal gazın ağırlıklı rolünün devam ettiği, tarım sektöründe ise ekipman, sulama ve seracılık talepleri bakımından petrol, elektrik ve jeotermal tüketiminin öne çıktığı görülmektedir. Nihai enerji talebinin %82'sini oluşturan fosil yakıt tüketiminin sırasıyla %27'si ve %9'u karayolu yolcu ve yük ulaşımında gerçekleşmektedir. Binalarda ısıtma ve enerji-yoğun imalat sektörleri ise fosil yakıt tüketiminin toplamda yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır (Sırasıyla %21 ve %19). Söz konusu dört kullanım alanı, Türkiye'nin toplam nihai fosil yakıt tüketiminin dörtte-üçüne karşılık gelmektedir. Nihai enerji talebinin %20'sini oluşturan elektrik tüketiminin %35'i binalarda aydınlatma ve cihazlardan kaynaklanmakta, bunu sırasıyla %21 ve %19 pay ile enerji-yoğun imalat ve enerji-yoğun olmayan imalat sektörlerinde elektrik motorları ve proses ve ortam ısıtma ve soğutma taleplerini karşılayan elektrik tüketimi izlemektedir. Nihai enerji talebinin %8'ini oluşturan yenilenebilir enerji ve diğer ısı tüketimi incelendiğinde, söz konusu talebin üçte-birinden fazlasının binaların ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarının karşılanmasında güneş, jeotermal ve biyokütle enerjisine dayalı olarak gerçekleştiği hesaplanmaktadır. Talebin yakıtlar bazında dağılımı, elektrifikasyon ve doğrudan yenilenebilir enerji kullanımının sektörler genelinde yaygınlaşması yönünde güçlü bir potansiyele ve teknoloji dönüşüm fırsatlarına işaret etmektedir (Şekil 7.7 ve Şekil 7.8).

Şekil 7.7. Nihai Enerji Talep Hizmetlerinin Talep Hizmetlerine ve Enerji Türlerine Göre Dağılımı (2023, Mtep)



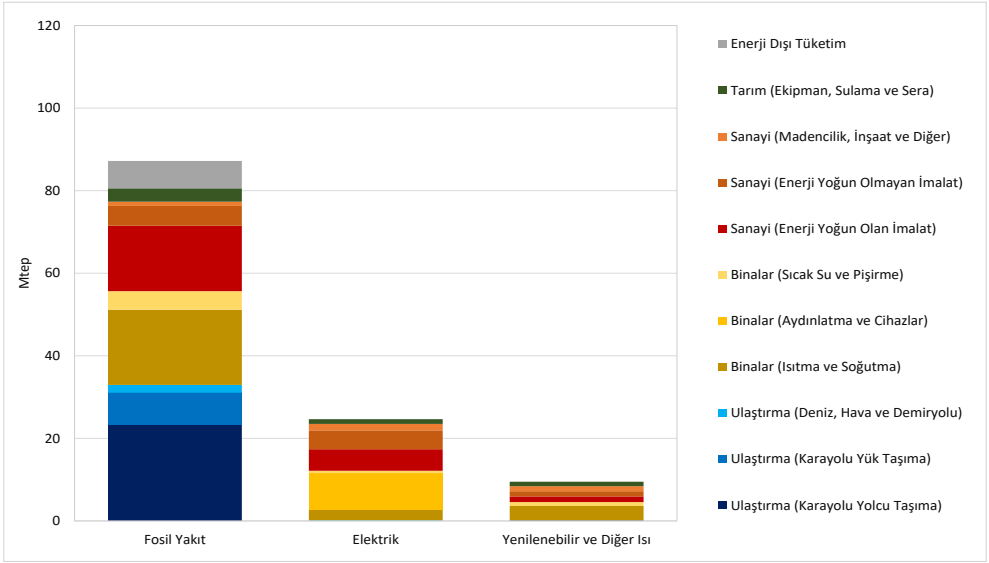
Şekil 7.8. Enerji Türlerinin Nihai Enerji Talep Hizmetlerinde Kullanımına Bakış (2023, Mtep)



Türkiye 121,4 Mtep nihai enerji talebini, 158,4 Mtep birincil enerji arzı ile karşılamaktadır. Bölüm 4 ve Bölüm 5'te sunulduğu gibi, birincil enerji arz portföyünün yapısı nihai enerji tüketiminin yakıtlar bazında dağılımını yansıtmaktadır. Enerji çevrim sektörlerinde net enerji tüketimi 36,9 Mtep olarak gerçekleşmektedir. Dönüşümdeki bu kaybın yaklaşık %80'i elektrik üretiminde gerçekleşirken, elektrik üretiminin birincil enerji kaynakları ve teknoloji kompozisyonu, çevrim verimliliğinin ana belirleyicisi durumundadır (Şekil 7.9). Elektrik üretim sektörünün ortalama verimi %50 seviyesindedir⁵. Önümüzdeki dönemde güneş, rüzgar ve hidroelektrik kurulu gücünde ve üretiminde büyüme, termik üretim birimlerinde verim artışları sağlayabilecek gelişmeler ile birlikte söz konusu verim faktöründe kademeli artışlar sağlayacaktır. Toplam birincil enerji arzının yaklaşık dörtte-biri, elektrik üretimi, rafineriler ve diğer çevrim sektörlerinde, talep edilen enerji formlarının üretilmesi amacıyla tüketilmektedir. Toplam kömür arzının üçte-ikisi, toplam doğal gaz arzının ise yaklaşık üçte-biri çevrim sektörlerinde girdi olarak kullanılmaktadır. Çevrim sektörlerinin iç tüketimleri ve teknik kayıpları ise birincil enerji arzının %7'sine karşılık gelmektedir.

⁵ Isı üretimi %88, kok fırınları %89, yüksek fırınlar yaklaşık %100, rafineriler %108. Rafinerilerde ürün çıktılarının kalorifik değerleri verimi artırmaktadır. Elektrik üretimi, elektrik ve ısı üretimini kapsamaktadır.

Şekil 7.9. Genel Enerji Dengesi (2023, Mtep)



7.3. IİCEC Senaryoları

Enerji verimliliğinde gelişimin, Türkiye'nin enerji dengelerine, enerji politikasının enerji güvenliği, enerji bağımsızlığı ve net-sıfır emisyon hedeflerine katkılarının somut göstergeler ve tekno-ekonomik analizlerle değerlendirildiği çalışmada, enerji verimliliğine ve bütüncül enerji sisteminin geleceğine yönelik gelişim perspektifi iki IİCEC senaryosu ekseninde modellenmiştir. Senaryolar, Türkiye'nin enerji politikalarındaki önceliklerini ve hedeflerini, Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II.Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında sunulan stratejik öncelikleri ve eylemleri, Enerji Dönüşümü 2035 Yenilenebilir Enerji Yol Haritası hedeflerini ve ilgili diğer stratejik hedefleri ve öncelikleri yansıtmaktadır. Senaryolarda tüketim sektörlerine ek olarak, elektrik üretimi ve diğer çevrim sektörlerinin gelişimleri, bunlara ilişkili olarak birincil enerji arzında gelecek perspektifi modellenerek irdelenmiştir.

- **Baz Senaryoda**, enerji verimliliğinde talep sektörleri bazında II. Ulusal Eylem Planı ile hedeflenen gelişmeler kısmen değerlendirilebilmekte, talep tarafında elektrifikasyon ve doğrudan yenilenebilir enerji katkısında büyüme nispeten yavaş gerçekleşmekte, arz tarafında ise Yenilenebilir Enerji Yol Haritasındaki rüzgar ve güneş kurulu güç büyüme hedefleri 2035 yılına kadar kısmen hayata geçirilebilmektedir. Bunun neticesinde, nihai enerji talebi artış hızı yavaşlamakla birlikte 2053 yılına kadar olan dönemde güçlü seyretmeye devam etmekte, arz sisteminin ve çevrim sektörlerinin yakıt ve teknoloji kompozisyonlarındaki dönüşümler ise daha verimli gelişim fırsatlarını kısmen gerçekleştirebilmektedir.

2000 yılından bu yana enerji yoğunluğunda sağlanan yıllık ortalama iyileşmenin üzerinde gelişme kaydedilmekle birlikte, enerji talebi ile ekonomik büyüme arasındaki kuvvetli ilişki çok belirgin şekilde değişmemektedir. Enerji verimliliğinin artırılması bakımından kritik olan yatırım portföyünün kısmen hayata geçirilebilmesi, enerji piyasalarında rekabetçi ve verimli enerji tüketimini özendiren fiyatlama mekanizmalarına geçiş hızının yavaş olması ve enerji verimliliği yüksek teknolojilerin ve uygulamaların kullanım fırsatlarının kısmen değerlendirilebilmesi, enerji talebinin karşılanmasında ve bütüncül enerji sisteminin büyümesinde daha verimli bir gelişim patikasının gerçekleşmesini yavaşlatan temel etkenlerdir.

- **Verimli Büyüme Senaryosunda** ise, enerji verimliliği performansında, orta ve uzun vadede II.Ulusal Eylem Planında hedeflenen düzeylerin üzerinde ilerleme kaydedilmektedir. Arz tarafında elektrik üretim portföyündeki büyümede 2035 Yenilenebilir Enerji Yol Haritası hedefleri gerçekleşmekte, elektrifikasyon ve yenilenebilir ısı tüketim artışları daha hızlı gerçekleşmektedir. Bu senaryoda yatırım portföyünde güçlü ve sürdürülebilir büyüme enerji yoğunluğunda daha yüksek azaltım patikasını desteklerken, enerji verimliliği yüksek teknolojilerde ve uygulamalarda yaygınlık da verimli büyüme fırsatlarını güçlendirmektedir. Bütüncül enerji sistemi, enerji talep sektörlerinde daha verimli tüketim, arz ve talep zincirinde ise daha yüksek çevrim verimleri sağlayan yakıt ve teknoloji dönüşümleri ile daha verimli bir nitelik kazanmakta, aynı ekonomik büyüme hızı ve seviyesi daha az birincil enerji tüketimi ile sağlanabilmektedir. Bunun neticesinde, Türkiye'nin enerjide ithalat oranının düşürülmesi, enerji güvenliğinin geliştirilmesi ve enerji sektörünün karbon yoğunluğunun azaltılmasında eş zamanlı olarak daha yüksek kazanımlar elde edilmektedir. Tüketimde davranış değişiklikleri, enerji piyasalarında rekabetçiliğin gelişimi, ulaşımda ve sanayide enerji yoğunluğunu azaltıcı yönde yapısal dönüşümler, verimli büyümeyi ve bununla ilişkili enerji, ekonomi ve emisyon faydalarını iyileştirmektedir.

7.4. IICEC Senaryoları Sonuçları

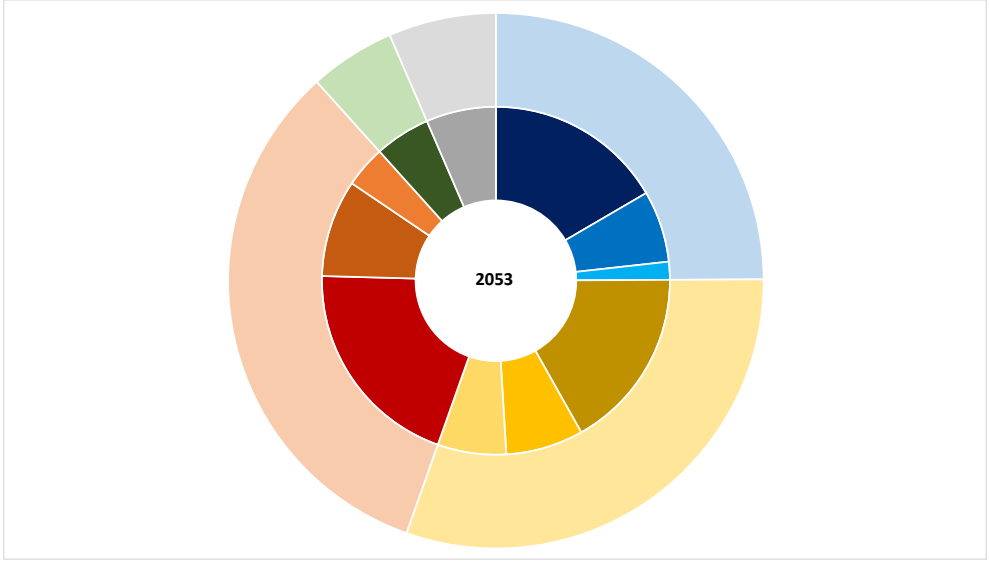
7.4.1. IICEC Senaryolarında Nihai Enerji Talebi Gelişimi

IICEC senaryolarında nihai enerji talebinin sektörler, talep hizmetleri ve yakıtlar bazında gelişimi analiz edilmiştir. Baz Senaryoda nihai enerji talebi 2053 yılına kadar olan dönemde 57,2 Mtep artışla 178,6 Mtep'e yükselmektedir (%47 artış). 2023-2053 arası dönemde nihai enerji talebinde yıllık ortalama %1,2 büyüme gerçekleşmektedir. Sanayide güçlü büyüme devam ederken, toplam sanayi talebi 36,8 Mtep'ten 58,8 Mtep'e çıkmaktadır (toplam %60 artış). Yapısal dönüşümlerin etkisiyle, enerji yoğunluğu daha düşük olan sektörlerde büyüme güçlenmektedir.

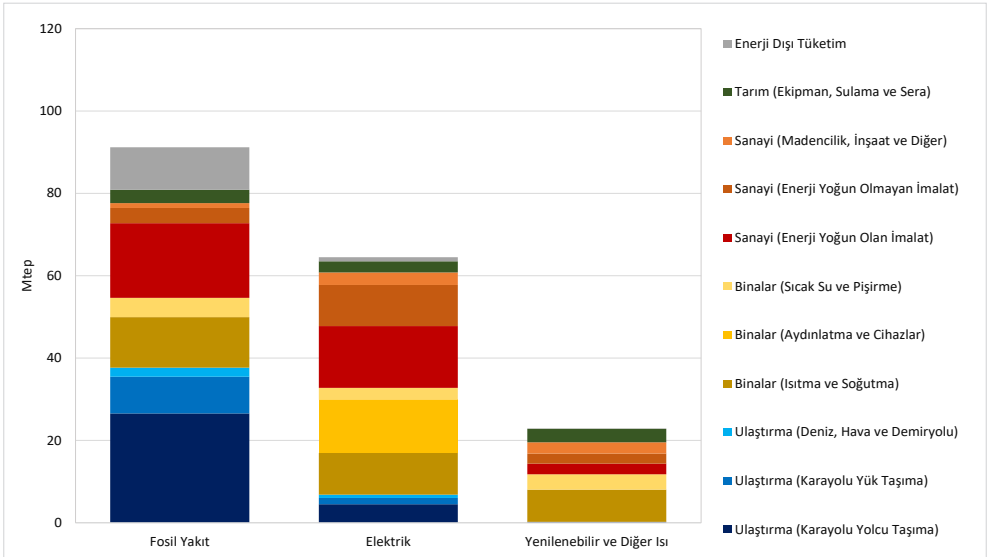
Bu dönemde enerji-yoğun imalat sanayi sektörlerinde %59, enerji-yoğun olmayan imalat sektörlerinde %51, inşaat ve madencilik gibi diğer sanayi kollarında ise %83 talep büyümesi kaydedilmektedir. Karayolu yolcu taşıma talebi 21,7 Mtep'ten 29,6 Mtep'e, karayolu yük taşıma talebi ise 9,3 Mtep'ten 11 Mtep'e yükselmektedir (Sırasıyla %36 ve %28 büyüme). Modlar arası geçişlere yönelik fırsatların kısmen değerlendirilmesi yoluyla, karayolu dışındaki modlarda enerji talebi ise %44 büyüme ile 2,1 Mtep'ten 3 Mtep'e çıkmaktadır. Ulaşım enerji talebinde toplam %35 büyüme kaydedilmekte, yakıt ekonomisinde iyileşmeler yoluyla ulaşımda verimlilik potansiyeli desteklenmektedir. Binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimi yalıtım performansında iyileşmelerle yavaşlamakta, %24 artışla 24,3 Mtep'ten 30,2 Mtep'e yükselmektedir. Binaların toplam enerji talebi ise 39,2 Mtep'ten 54,5 Mtep'e ulaşmaktadır (toplam %39 artış). Tarımda enerji tüketimi %68 artarken, enerji-dışı tüketimde %70 büyüme gerçekleşmektedir (Şekil 7.10).

Fosil yakıt talebi 87,2 Mtep'ten 91,2 Mtep'e çıkmaktadır. Fosil yakıtlara dayalı olarak, karayolu ulaşımında 4 Mtep, enerji-dışı tüketim sektörlerinde 3,7 Mtep ve enerji-yoğun imalat sanayi sektörlerinde 2,3 Mtep artış gerçekleşirken, binalarda ısıtma amaçlı fosil yakıt tüketimi, artan elektrifikasyon ve doğrudan yenilenebilir ısı kullanımında yaygınlaşma neticesinde 5,9 Mtep azalmaktadır. Bu senaryoda fosil yakıtların nihai enerji talebinde 2023 yılında %82 olan payı 2053 yılında %51'e düşmektedir. Elektrik enerjisi talebi yıllık ortalama %3,3 artışla 64,5 Mtep'e yükselmektedir. Doğrudan yenilenebilir enerji ve diğer ısı talebi ise aynı dönemde yıllık ortalama %2,9 büyümektedir. Bunun neticesinde elektrik enerjisi 2053 yılında nihai enerji talebinin %36'sını karşılamakta, talebin %13'ü ise doğrudan yenilenebilir ısı ve diğer ısı uygulamalarından kaynaklanmaktadır (Şekil 7.11). Binalarda ısıtma ve soğutma hizmetlerinde elektrik enerjisinin %11 olan payı %26'ya çıkarken, elektrifikasyon enerji-yoğun imalatla %23'ten %42'ye, enerji-yoğun olmayan imalatla ise %44'ten %62'ye yükselmektedir. Karayolu yolcu ve yük taşımacılığı enerji tüketiminde elektrik enerjisinin halen ihmal edilebilir düzeyde olan katkısı ise %15'e çıkmaktadır. Elektrik enerjisinin payı binalarda ve sanayide sırasıyla %30 ve %50'ye ulaşmaktadır. Doğrudan yenilenebilir enerji kullanımında özellikle binalarda ısıtma ve soğutma ve tarımda güçlü büyüme gerçekleşmekte, söz konusu kullanımlarda yenilenebilir enerji payı 2053 yılında sırasıyla %26 ve %35'e çıkmaktadır (2023 yılında sırasıyla %14 ve %20). Isı pompası çözümlerinin yaygınlaşmasına, atık ısı ve bölgesel ısıtma potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik teknik ve düzenleyici adımlar nihai enerji talebinde fosil yakıt ikamesini desteklemektedir (Şekil 7.12 ve Şekil 7.13).

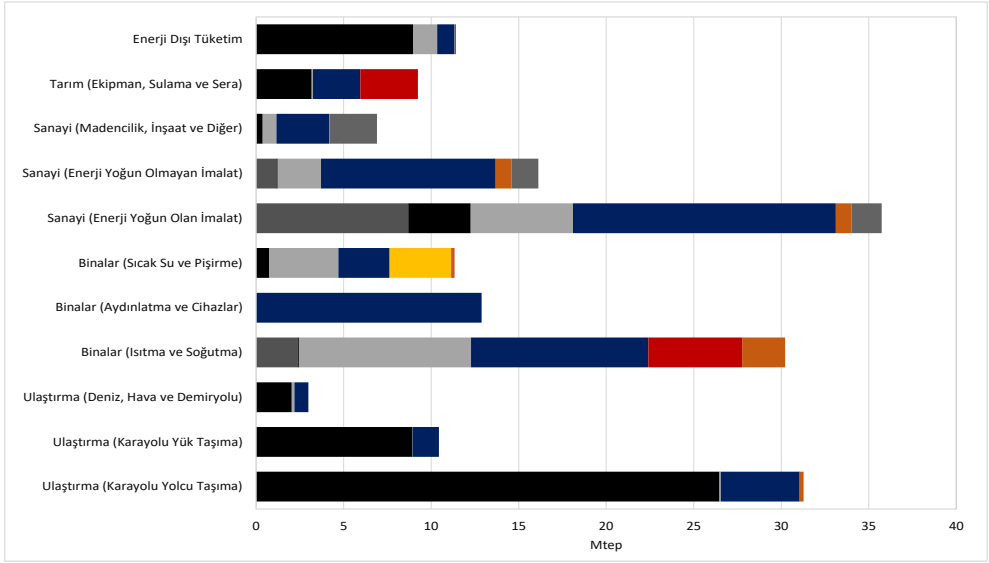
Şekil 7.10. Baz Senaryoda Nihai Enerji Talebinin Sektörlere ve Talep Hizmetlerine Göre Dağılımı (2053, %)



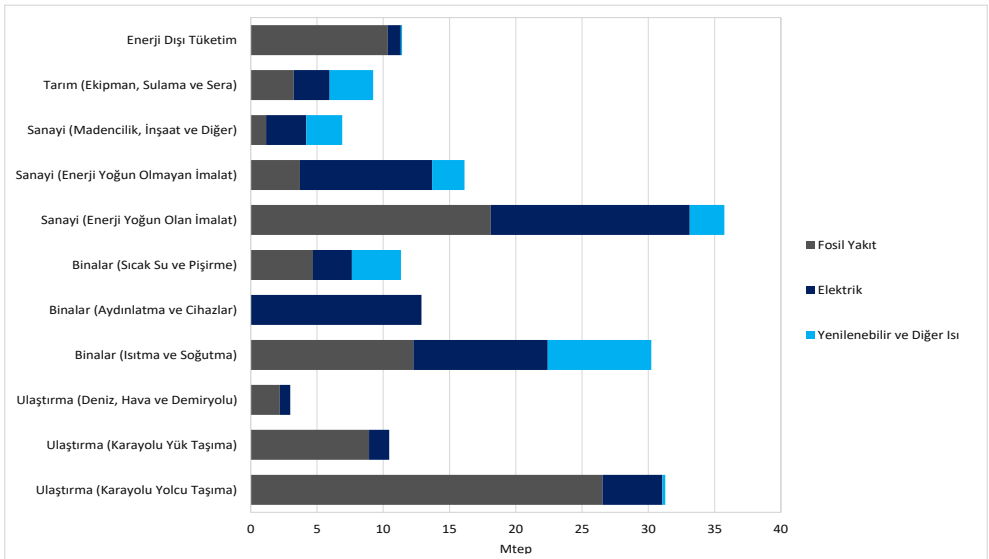
Şekil 7.11. Baz Senaryoda Enerji Türlerinin Talep Hizmetlerine Dağılımı (2053, Mtep)



Şekil 7.12. Baz Senaryoda Nihai Enerji Talep Hizmetlerinin Talep Hizmetlerine ve Enerji Türlerine Göre Dağılımı (2053, Mtep)



Şekil 7.13. Baz Senaryoda Nihai Enerji Talep Hizmetlerinin Yakıtlara Göre Dağılımı (2053, Mtep)

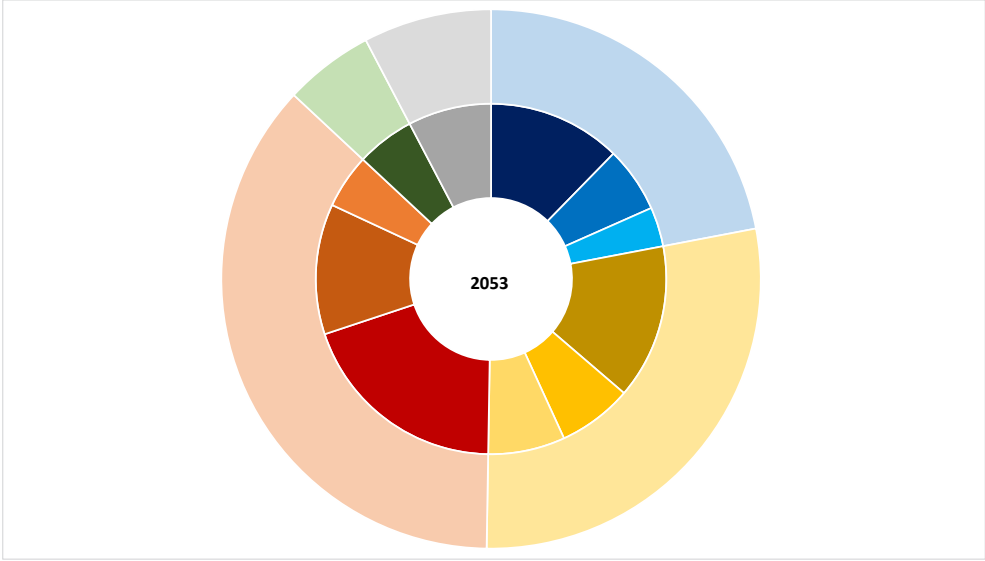


Verimli Büyüme Senaryosunda, enerji tüketim sektörlerinin tümünde Baz Senaryo ile karşılaştırıldığında verimlilik potansiyeli daha hızlı ve yaygın şekilde değerlendirilmektedir. Talep hizmetlerinde altyapılarda gelişim ve teknoloji fırsatlarıyla desteklenen yakıt değişimleri, fosil yakıt ikamesini artırmakta ve nihai enerji talebinde elektrik enerjisi, yenilenebilir enerji ve diğer ısı kaynaklarının rolü daha hızlı büyümektedir. Bu senaryoda nihai enerji talebi 2053 yılına kadar olan dönemde 20,2 Mtep artışla 141,6 Mtep'e yükselmektedir (%17 artış). 2023-2053 arası dönemde nihai enerji talebinde yıllık ortalama binde altı büyüme gerçekleşmektedir (Baz Senaryodaki büyüme hızının yaklaşık yarısı).

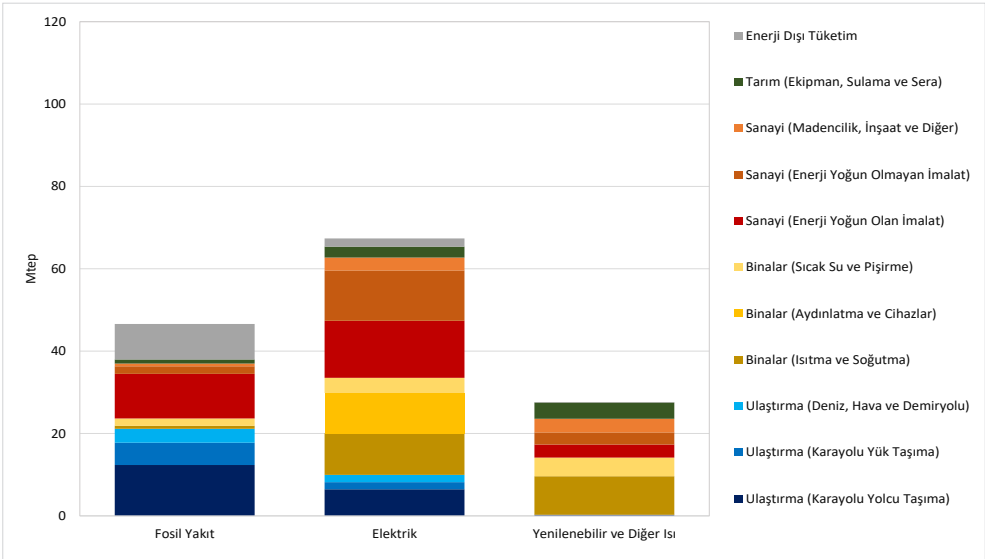
Toplam sanayi talebi 36,8 Mtep'ten 51,9 Mtep'e çıkmaktadır (toplam %41 artış). Teknoloji-yoğun ve katma değeri yüksek sektörlerle yapısal dönüşümlerin gerçekleşmesi neticesinde, enerji-yoğun imalat sanayi sektörlerinde %24, enerji-yoğun olmayan imalatı ise %60 talep artışı kaydedilmektedir. Karayolu yolcu taşıma talebi 21,7 Mtep'ten 17,4 Mtep'e, karayolu yük taşıma talebi ise 9,3 Mtep'ten 8,6 Mtep'e düşmektedir. Modlar arası geçişlerin daha yüksek gerçekleştiği bu senaryoda, karayolu dışındaki modlarda enerji talebi iki-buçuk kat büyüme ile 5,2 Mtep'e çıkmaktadır. Karayolu dışındaki modların ulaşım enerji talebindeki payı %6'dan %17'ye yükselmektedir. Toplam ulaştırma enerji talebi 2053 yılında 2023 yılına kıyasla %6 düşmektedir. Yakıt ekonomisinde iyileşmeler, elektrikli mobilite, modlar arası geçişler, bütünleşik mobilite çözümleri ve kentsel ulaşım verimli mikro mobilite ve toplu taşıma seçeneklerinin önceliklendirilmesi yoluyla, ulaşım verimli büyüme potansiyeli güçlü şekilde desteklenmektedir. Binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı enerji tüketimi, konutlar başta olmak üzere bina stokunda kapsamlı bir yenileme programı yoluyla daha verimli bir nitelik kazanmaktadır. Söz konusu talepte aynı dönemde %17 azaltım sağlanabilmektedir. Binaların toplam enerji talebi ise %2 büyüme ile 40 Mtep olarak gerçekleşmektedir. Tarımda enerji tüketim artışı, tarımsal sulamada verimlilik, ekipman kullanımında yakıt verimliliği kazanımları ile Baz Senaryoya göre yavaşlamakta, enerji-dışı tüketimde verimli çözümler de verimli büyüme patikasını desteklemektedir (Şekil 7.14).

Baz Senaryo ile aynı ekonomik çıktıyı ve konforu, %21 daha az enerji tüketimi ile sağlayabilen Verimli Büyüme Senaryosu, yakıt tüketimleri bakımından da Baz Senaryo ile karşılaştırıldığında Türkiye'nin enerji güvenliği ve emisyon hedeflerini eş zamanlı olarak ve güçlü şekilde destekleyen bir dönüşüme işaret etmektedir. Bu senaryoda fosil yakıt talebi 87,2 Mtep'ten 46,6 Mtep'e düşmektedir (%47 azaltım). Fosil yakıtlara dayalı tüketim, karayolu ulaşımında 13,3 Mtep, binalarda ısıtma ve soğutmada 17,5 Mtep, sanayi sektörlerinde ise toplamda 8,3 Mtep azalmaktadır. Bu senaryoda fosil yakıtların nihai enerji talebinde payı 2053 yılında %33'e düşmektedir. Elektrik enerjisi talebi ise elektrik enerjisine dayalı çözümlerde yaygınlaşma ile birlikte verimli elektrik teknolojilerinin değerlendirilmesi neticesinde yıllık ortalama %3,4 artışla 67,4 Mtep'e yükselmektedir. Bu verimli dönüşümün neticesinde elektrik enerjisinin 2053 yılında nihai enerji talebinde payı mevcuda göre yaklaşık iki-buçuk kat artışla %48'e yükselmekte, talebin %20'si doğrudan yenilenebilir ısı ve diğer ısı uygulamalarından karşılanabilmektedir (Şekil 7.15).

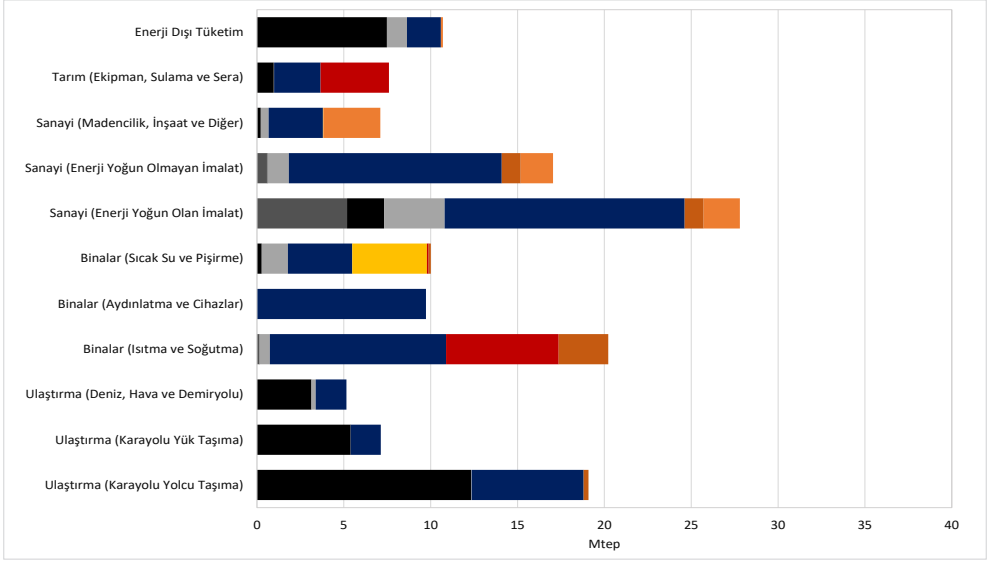
Şekil 7.14. Verimli Büyüme Senaryosunda Nihai Enerji Talebinin Sektörlere ve Talep Hizmetlerine Göre Dağılımı (2053, %)



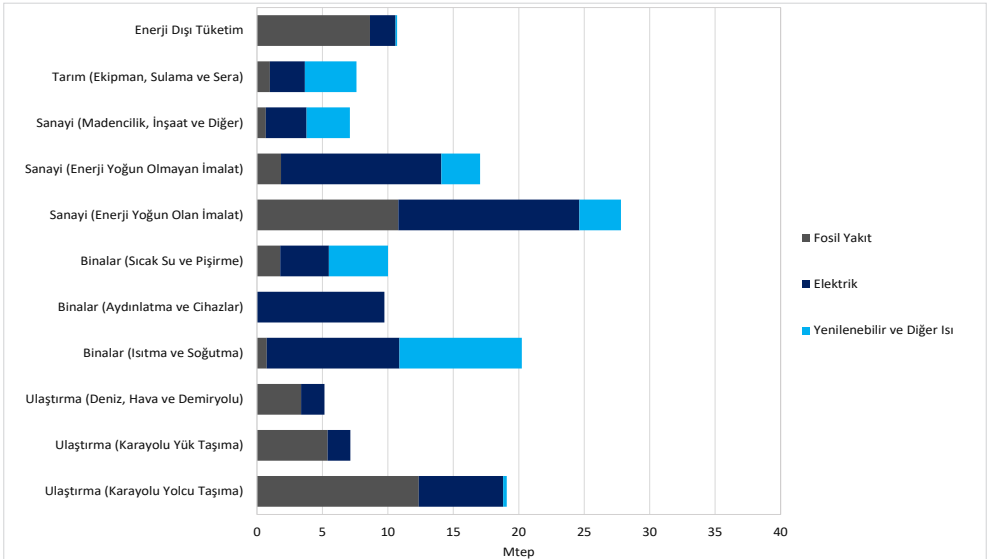
Şekil 7.15. Verimli Büyüme Senaryosunda Enerji Türlerinin Talep Hizmetlerine Dağılımı (2053, Mtep)



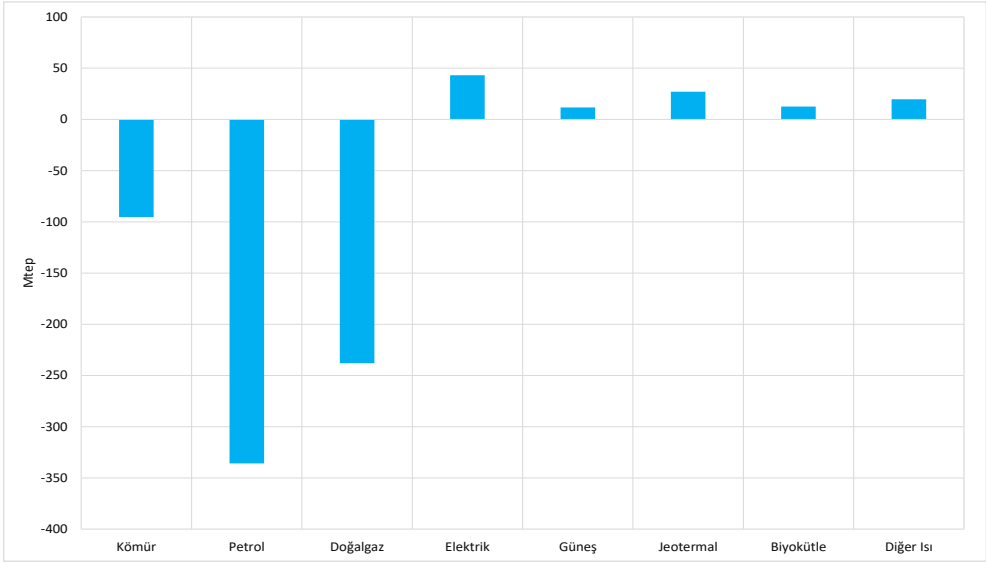
Şekil 7.16. Verimli Büyüme Senaryosunda Nihai Enerji Talep Hizmetlerinin Talep Hizmetlerine ve Enerji Türlerine Göre Dağılımı (2053, Mtep)



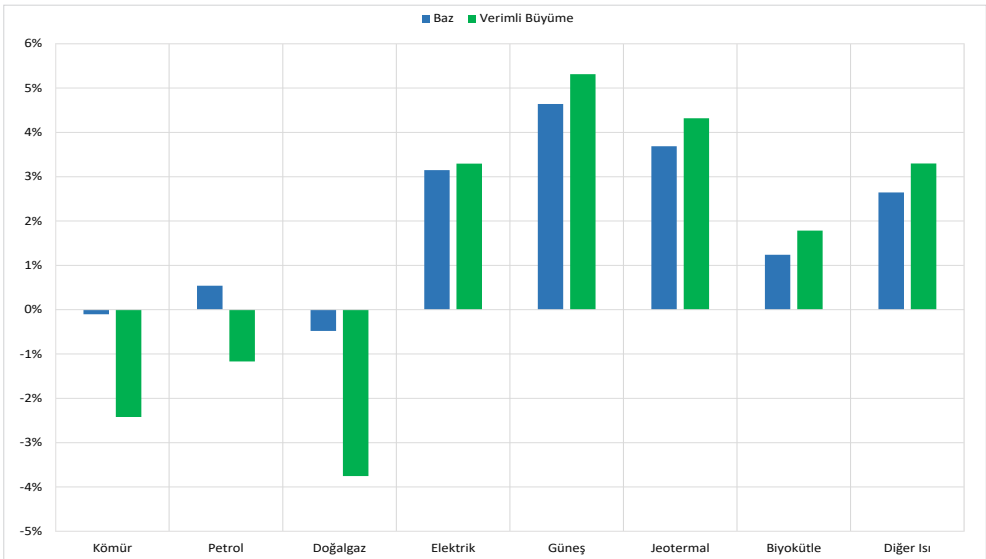
Şekil 7.17. Verimli Büyüme Senaryosunda Nihai Enerji Talep Hizmetlerinin Yakıtlara Göre Dağılımı (2053, Mtep)



Şekil 7.18. Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya Göre Kümülatif Yakıt Tüketimi Farkları (2023-2053, Mtep)



Şekil 7.19. Senaryolarda Nihai Enerji Talebinde Enerji Türlerinin Yıllık Ortalama Büyüme Hızları (2023-2053, %)



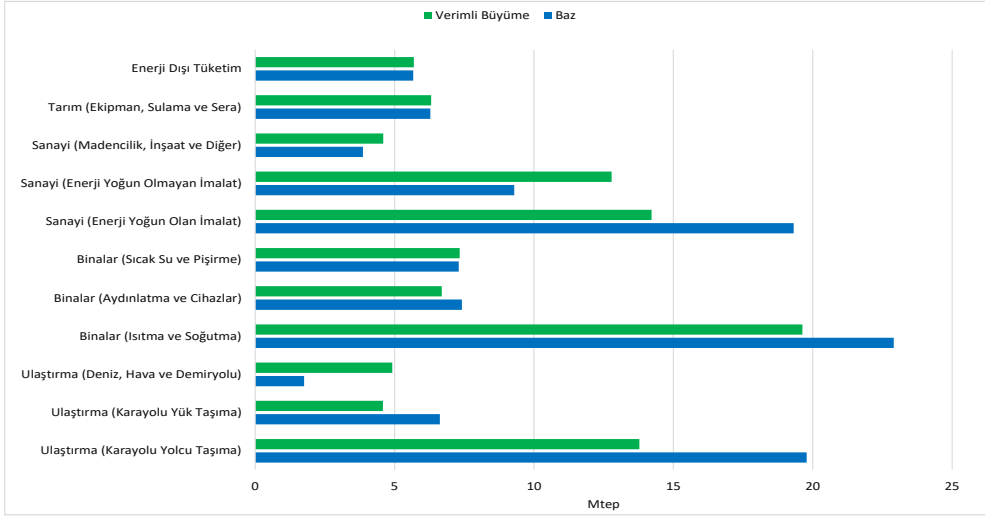
Doğrudan yenilenebilir enerji ve diğer ısı kullanımında yüksek potansiyel, ısı piyasası gelişmeleri, planlama ve teknoloji ile desteklenen bölgesel ısıtma seçenekleri, ısı pompası uygulamalarında yaygınlaşma ve özellikle enerji-yoğun sanayi sektörlerinde atık ısı fırsatlarının değerlendirilmesiyle çok daha hızlı ve yaygın olarak hayata geçirilebilmektedir. Bu çerçevede, enerji talebinde yıllık ortalama artışlar güneşte %5,3, jeotermalde %4,3, diğer ısı uygulamalarında %3,3 ve modern biyokütle enerjisinde %1,8'e ulaşmaktadır (Baz Senaryoda sırasıyla %4,6, %3,7, %2,6 ve %1,2). Doğal gaz talebinde yıllık ortalama %3,8, petrol talebinde ise yıllık ortalama %1,2 düşüş gerçekleşmektedir. Kömür talebi Baz Senaryoda yıllık ortalama binde bir daralırken, bu oran Verimli Büyüme Senaryosunda %2,4'e yükselmektedir. Binalarda ısıtma ve soğutma hizmetlerinde elektrik enerjisinin Baz Senaryoda %26 olan payı %50'ye çıkarken, elektrifikasyonun enerji-yoğun imalatla Baz Senaryoda %42 olan payı %50'ye, enerji-yoğun olmayan imalatla ise Baz Senaryoda %62 olan payı %70'e yükselmektedir. Karayolu yolcu ve yük taşımacılığı enerji tüketiminde elektrik enerjisinin Baz Senaryoda %15 olan payı %31'e çıkmaktadır. Elektrik enerjisinin payı binalarda, sanayide ve ulaşımda sırasıyla %59, %56 ve %33'e ulaşmaktadır (Şekil 7.16, Şekil 7.17, Şekil 7.18 ve Şekil 7.19).

Verimli Büyüme Senaryosunda, Baz Senaryo ile karşılaştırıldığında enerjinin daha verimli kullanımını temin eden çeşitli davranış değişikliklerinin verim kazanımlarından daha yüksek oranda faydalanılmaktadır. Özellikle binalarda iç mekan konfor sıcaklıklarında ayarlamalar, karayolu ulaşımında yakıt verimliliğini yükselten sürüş alışkanlıkları ve trafik düzenlemeleri, şehirlerarası ulaşımda karayoluna alternatif demir yolu ve deniz yolu seçeneklerine erişimi ve entegrasyonu hızlandıran altyapı gelişmeleri, kentsel ulaşımda toplu taşımaya erişimi kolaylaştıran kentsel planlama yaklaşımları, elektrik ve doğal gazın daha rasyonel tüketimini ve tasarrufları özendiren piyasa fiyatlama mekanizmaları, tarife ayarlamaları ve tüketici bilgilendirmeleri, enerji talebine baz oluşturan aktivite artışını kısmen yavaşlatabilmektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda, Baz Senaryoya göre karayolu yolcu ve yük ulaşım aktivitelerinde yaklaşık %30 düşüş sağlanmakta, buna karşın karayoluna alternatif modlarda ulaştırma aktivitesi 1,8 kat büyümektedir. Binalarda ısıtma ve soğutma ihtiyacı, aydınlatma ve cihazlardan kaynaklı aktivite ise sırasıyla %14 ve %10 düşüş göstermektedir. Enerji-yoğun imalatla aktivite artışı %26 azalırken, enerji yoğun olmayan imalatla ve özellikle madencilik aktivitesinde öngörülen artış çerçevesinde diğer ilgili sektörlerde sırasıyla %38 ve %19 artmaktadır. Bunun neticesinde, Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya kıyasla 2053 yılında 9,3 Mtep daha az enerji tüketimi gerçekleşmektedir (Karayolu yük taşımada mevcut enerji tüketimine eşdeğer). Bu değer, iki senaryo arasında 2053 yılında ulaşılan 37 Mtep farkın dörtte-birini oluşturmaktadır (Şekil 7.20 ve Şekil 7.21).

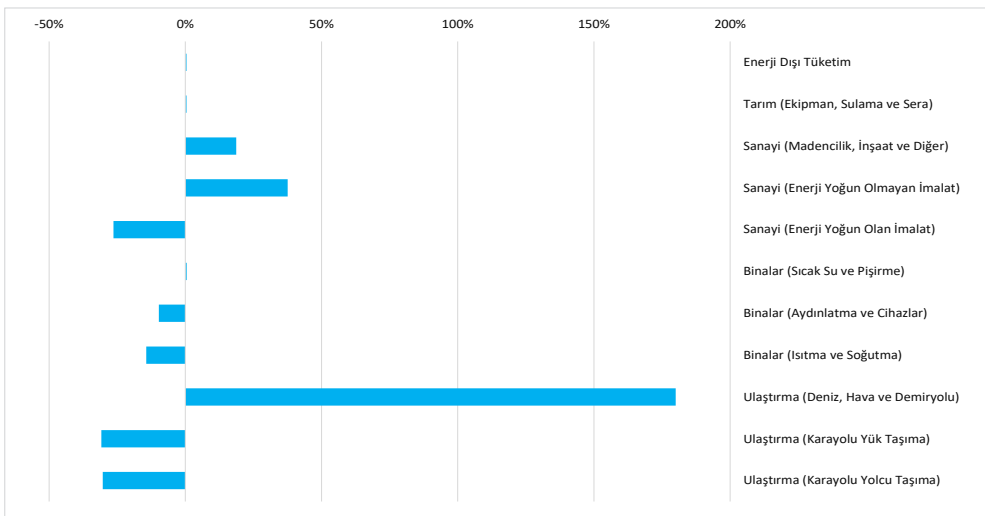
Senaryolarda 2053 yılında nihai enerji talebinin talep hizmetleri bazında değişimi Şekil 7.22'de sunulmaktadır. Verimli Büyüme Senaryosunda 2053 yılında karayolu ulaşımında 12,2 Mtep, binalarda ısıtma ve soğutmada 10 Mtep, enerji-yoğun imalatla 7,9 Mtep, karayolu yük taşımada 3,3 Mtep ve aydınlatma ve cihazlarda 3,1 Mtep daha az enerji tüketimi gerçekleşmektedir.

Bu beş segment, nihai enerji talebindeki toplam 37 Mtep farkın tamamına yakınına karşılık gelmektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya göre 2053 yılında daha yüksek tüketim gerçekleşen üç alan ise karayolu dışındaki ulaşım modları, enerji-yoğun olmayan imalat ve madencilik, inşaat ve diğer sanayi sektörleridir. Bu alanlarda yapısal dönüşüm etkisiyle gerçekleşen talep artışları Verimli Büyüme Senaryosundaki talep büyümelerini desteklemektedir (Şekil 7.22 ve Şekil 7.23).

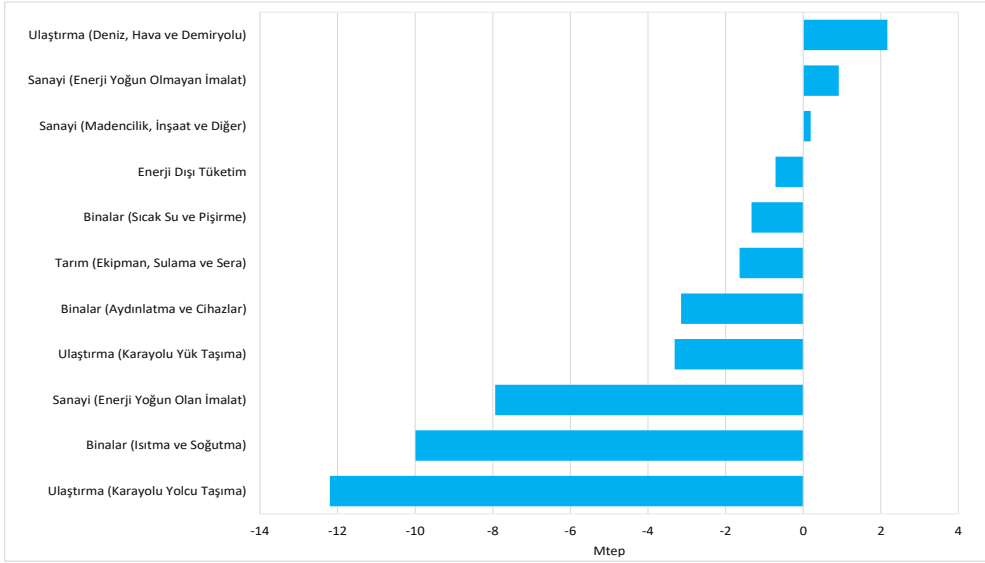
Şekil 7.20. Senaryolarda Aktivite Etkisi Kaynaklı Enerji Talep Artışı (2023- 2053, Mtep)



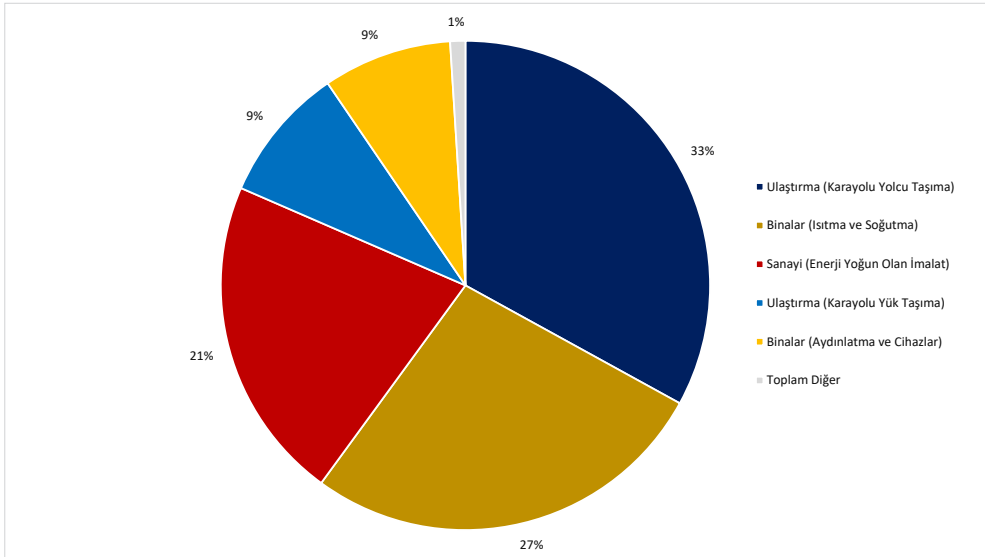
Şekil 7.21. Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya Kıyasla Aktivite Etkisi Kaynaklı Nihai Enerji Talebi Değişimleri (2023-2053, %)



Şekil 7.22. Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya Kıyasla Nihai Enerji Talebinde Azaltım (2053, Mtep)



Şekil 7.23. Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya Kıyasla Nihai Enerji Talebinde Azaltımın Talep Sektörlerine Dağılımı (2053, %)

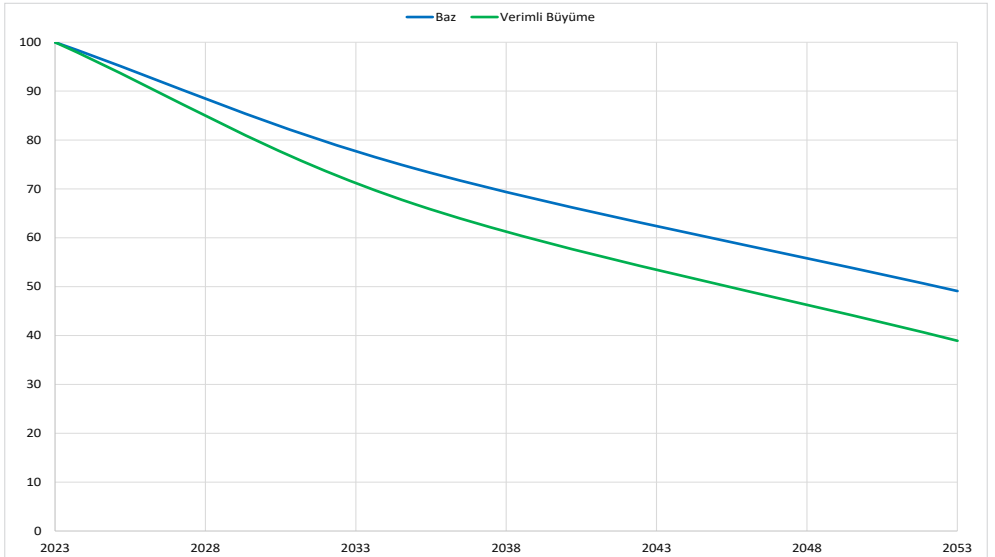


Tüm bu değişimlerin neticesinde, Türkiye'nin 2023 yılında 0,097 tep/1000 2015\$ olan nihai enerji yoğunluğu, 2053 yılında Baz Senaryoda 0,048 tep/1000 2015\$, Verimli Büyüme Senaryosunda ise 0,038 tep/1000 2015\$ seviyesine düşmektedir. 2023 yılına göre nihai enerji yoğunluğu Baz Senaryoda %51, Verimli Büyüme Senaryosunda ise %61 azalmaktadır. Verimli Büyüme Senaryosunda 2023-2035 döneminde, 2000-2023 döneminde sağlanan kümülatif %34 azaltıma oldukça yakın bir düşüş sağlanabilmektedir (%31) (Şekil 7.24).

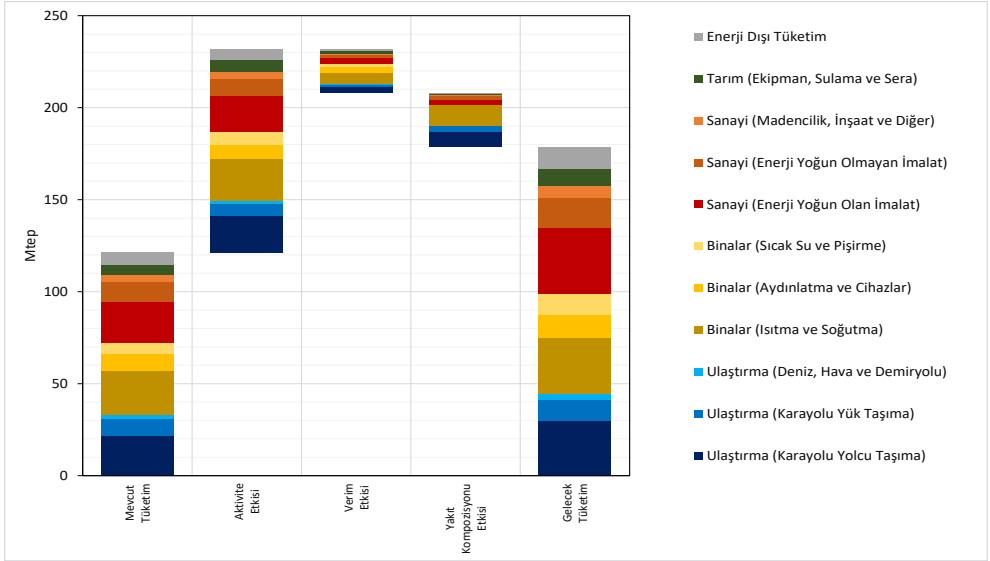
Senaryolarda nihai enerji talebinin yakıtlar ve enerji talep hizmetleri bazında gelişiminin özeti Şekil 7.25 ve Şekil 7.26'da sunulmaktadır.

- Baz Senaryoda 2053 yılına kadar aktivite etkisi kaynaklı olarak 110,5 Mtep artışa karşın, teknik verim iyileşmeleriyle 23,7 Mtep ve yakıt kompozisyonunda fosil yakıt ikamesi sağlayan değişimlerle 29,3 Mtep azaltım sağlanmaktadır (Şekil 7.25).
- Verimli Büyüme Senaryosunda ise aynı dönemde aktivite etkisi kaynaklı artış 100,2 Mtep olarak gerçekleşirken, Baz Senaryoya teknik verim kaynaklı olarak 41,3 Mtep ve fosil yakıt ikamesi kaynaklı olarak 39,1 Mtep azaltım gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 7.26).
- Böylelikle Verimli Büyüme Senaryosunda 9,7 Mtep'i aktivite etkisinden, 17,5 Mtep'i teknik verimlilikten, 9,8 Mtep'i ise yakıt kompozisyonun daha yüksek elektrifikasyona ve doğrudan yenilenebilir ısı kullanımına yönelik değişiminden olmak üzere toplam 37 Mtep daha düşük tüketime ulaşılabilir (Şekil 7.27 ve Şekil 7.28).

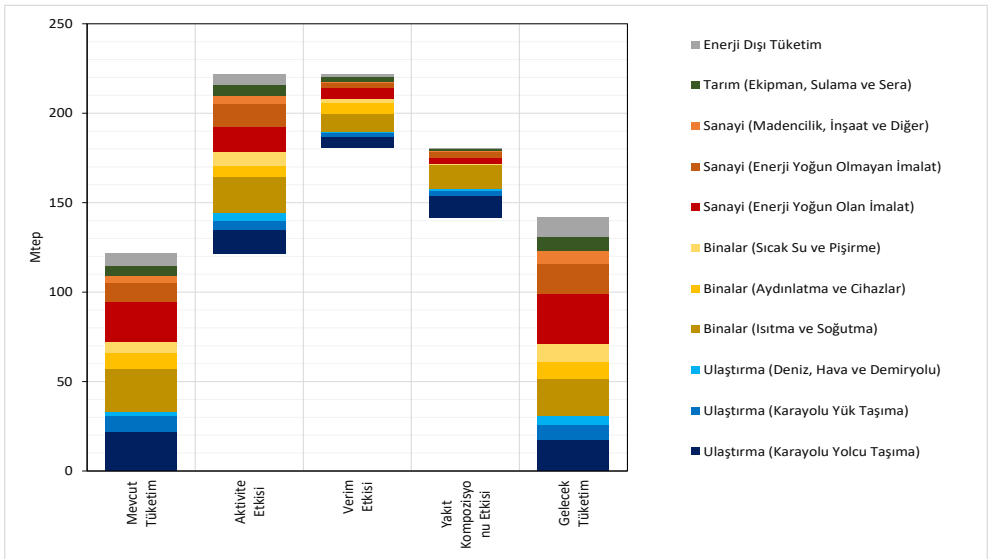
**Şekil 7.24. Senaryolarda Nihai Enerji Yoğunluğunun Gelişimi
(2023 -2053, tep/1000 2015\$, 2023=100)**



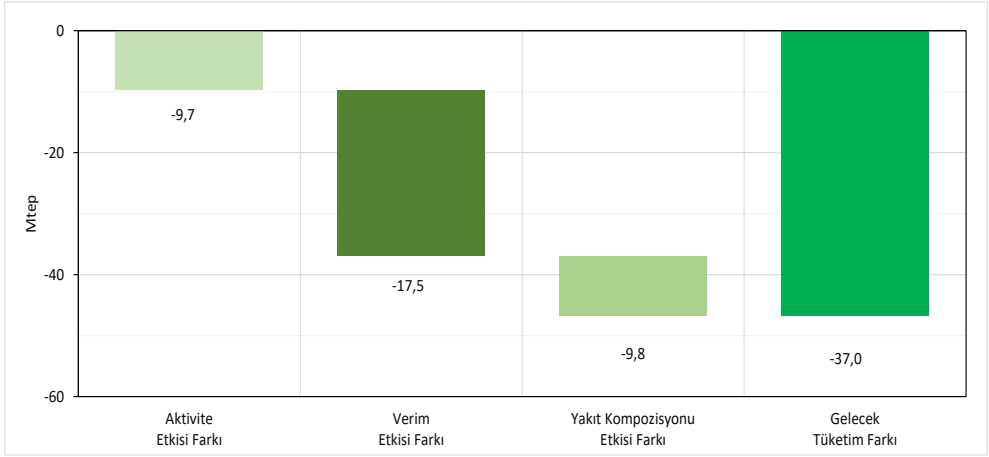
Şekil 7.25. Baz Senaryoda Nihai Enerji Talebi Gelişimi (2023 -2053, Mtep)



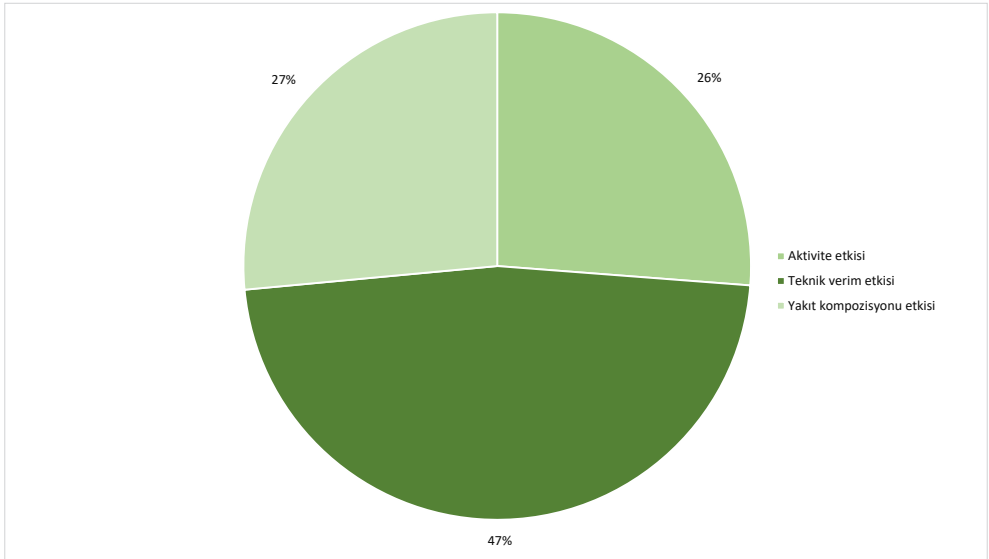
Şekil 7.26. Verimli Büyüme Senaryosunda Nihai Enerji Talebi Gelişimi (2023 -2053, Mtep)



Şekil 7.27. Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya Göre Nihai Enerji Talebi Farkına Bakış (2053 , Mtep)



Şekil 7.28. Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya Göre Nihai Enerji Talebi Farkına Bakış (2053 , %)



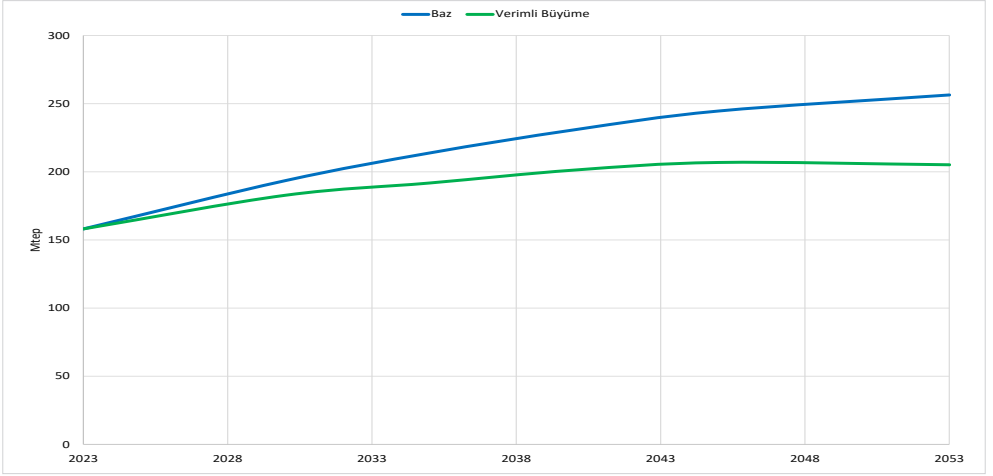
7.4.2. IICEC Senaryolarında Birincil Enerji Arzı ve Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişimi

IICEC senaryolarında nihai enerji talebinde olduğu gibi birincil enerji arzındaki gelişim de detaylı olarak analiz edilmiştir. Talep sektörlerinde verimlilik fırsatlarının değerlendirilmesi gereken birincil enerji arzını azaltmakta, çevrim sektörlerinde nihai talep hizmetlerindeki gelişmeler ile uyumlu yakıt ve teknoloji değişimleri de bütüncül enerji verimliliğini iyileştirmektedir. Baz Senaryoda birincil enerji talebi 2053 yılına kadar yıllık ortalama %1,6 artışla 256,4 Mtep'e çıkmaktadır. Verimli Büyüme Senaryosunda ise talep artışı özellikle 2040 sonrası dönemde oldukça yavaşlamakta ve 2050 yılından önce tepe noktasına ulaşmaktadır (2023-2053 döneminde yıllık ortalama binde dokuz büyüme). Bu senaryoda 2053 yılında birincil enerji talebi Baz Senaryo'nun %20 altında 205,1 Mtep olarak gerçekleşmektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda, Baz Senaryoya göre 2053 yılına kadar olan dönemde, Türkiye'nin mevcut birincil enerji arzının yaklaşık beş katına eşdeğer olan 797 Mtep tasarruf sağlanabilmektedir. Senaryolar arasındaki kümülatif birincil enerji arz ihtiyacı farkı 2053 yılına kadar olan dönemde %12'ye ulaşmaktadır (Şekil 7.29, Şekil 7.30, Şekil 7.31 ve Şekil 7.32).

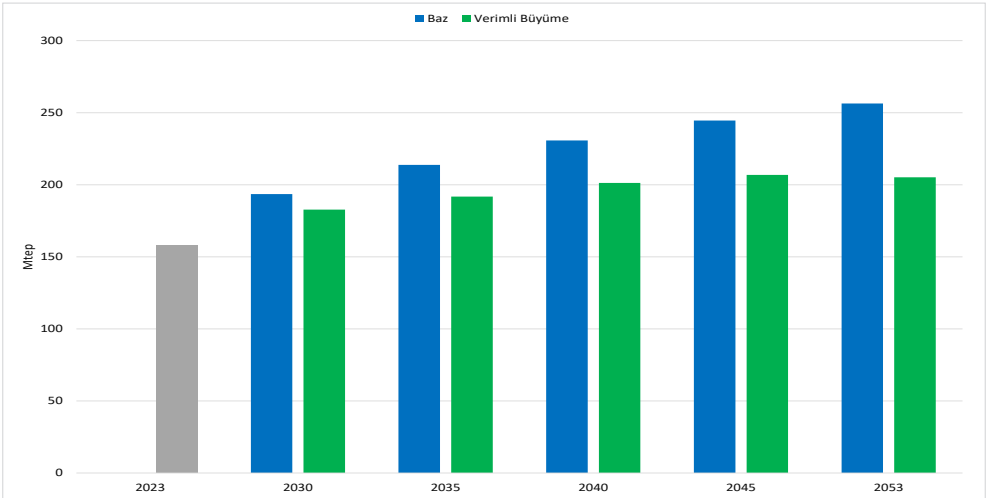
Bu gelişimin neticesinde Türkiye'nin 2023 yılında 0,126 tep/1000 2015\$ olarak kaydedilen birincil enerji yoğunluğu Baz Senaryoda 2035 yılında 0,097 tep/1000 2015\$a ve 2053 yılında 0,069 tep/1000 2015\$a düşmektedir. Enerjide verimlilik fırsatlarının daha etkin değerlendirildiğinde Verimli Büyüme Senaryosunda ise birincil enerji yoğunluğu 2035 yılında 0,087 tep/1000 2015\$ ve 2053 yılında 0,055 tep/1000 2015\$ seviyesine inmektedir. 2023 yılına kıyasla 2053 yılına kadar birincil enerji yoğunluğunda Baz Senaryoda %46 kümülatif azaltım sağlanırken bu oran Verimli Büyüme Senaryosunda %57'ye yükselmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu 2030-2035 döneminde, 2023-2030 II.Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı kazanımlarından destek olarak verimlilik uygulamalarının sektörler genelinde daha fazla yaygınlık kazanması ve Yenilenebilir Enerji 2035 Yol Haritası hedeflerinin gerçekleştirilmesiyle birincil enerji yoğunluğunda yıllık ortalama iyileşme %3,5 üzerinde kaydedilmektedir (Aynı dönemde Baz Senaryoda %2,7). Güçlü gelişim, 2035 sonrası dönemde ulaşımda ve sanayide yapısal dönüşümlerin de katkısıyla büyük ölçüde korunarak birincil enerji yoğunluğunda yıllık ortalama %2,5 iyileşme sağlanabilmektedir (Aynı dönemde Baz Senaryoda yaklaşık %2). 2023-2053 döneminde Baz Senaryoda birincil enerji yoğunluğunda yıllık ortalama %2 olan azaltım, Verimli Büyüme Senaryosunda %2,7 olarak gerçekleşmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu böylelikle kişi başına enerji tüketimleri yüksek, birincil enerji arz büyümeleri düşük olan ekonomilere daha erken sürede yaklaşmakta, bu gelişme Türkiye'nin enerji sektöründe ve enerji tüketicisi sektörlerinde rekabetçi ve sürdürülebilir büyüme ve ihracat yönünde yeni fırsatları beraberinde getirmektedir (Şekil 7.33, Şekil 7.34, Şekil 7.35 ve Şekil 7.36).

Baz Senaryoda 2053 yılında birincil enerji arzında fosil yakıtların payı %48'e düşmekte, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji ise arzın sırasıyla %16 ve %36'sını karşılamaktadır. Sektörlerde elektrifikasyon ve yenilenebilir ısı fırsatlarının daha hızlı değerlendirildiğinde, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji hedeflerinin gerçekleştirildiği Verimli Büyüme Senaryosunda ise fosil yakıtların payı %30'a inmektedir. Bu senaryoda yenilenebilir enerji kaynakları 2053 yılında birincil enerji talebinin yarısını sağlayabilmektedir. Birincil enerji arzında nükleer enerjinin payı ise %20'ye yükselmektedir (Şekil 7.37, Şekil 7.38, Şekil 7.39, Şekil 7.40 ve Şekil 7.41).

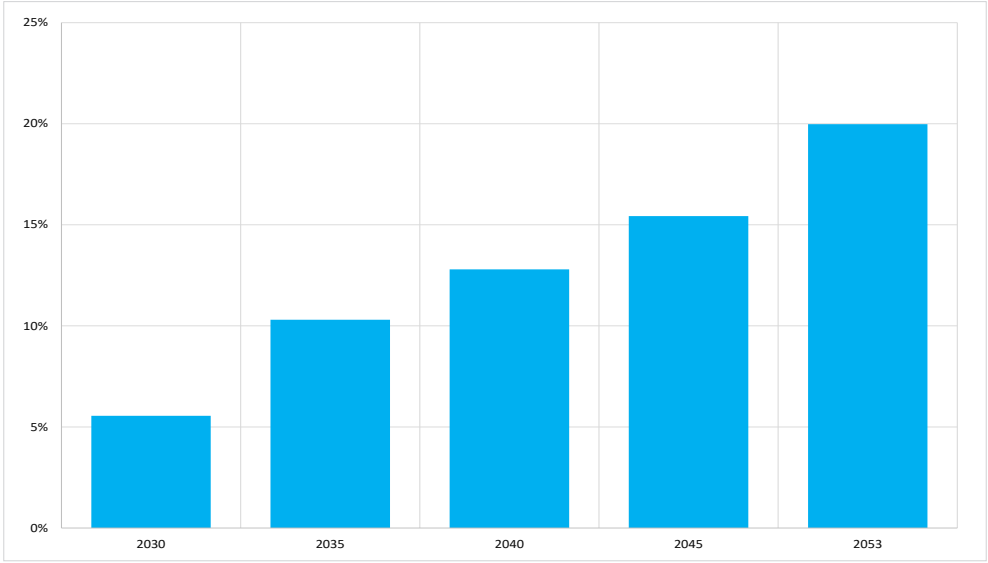
Şekil 7.29. Senaryolarda Birincil Enerji Talebi Gelişimi (2023-2053, Mtep)



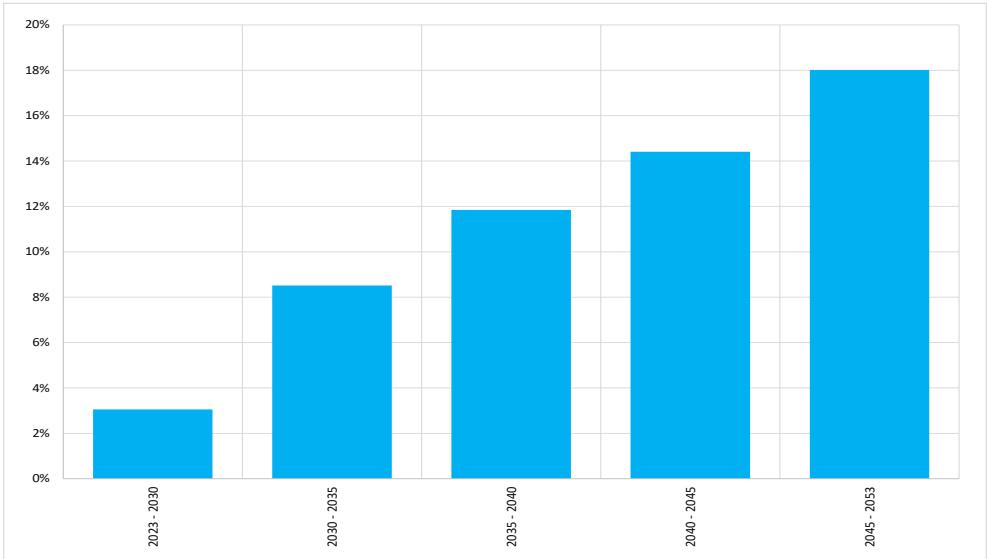
Şekil 7.30. Senaryolarda Birincil Enerji Talebi Gelişimi (2023-2053, Mtep)



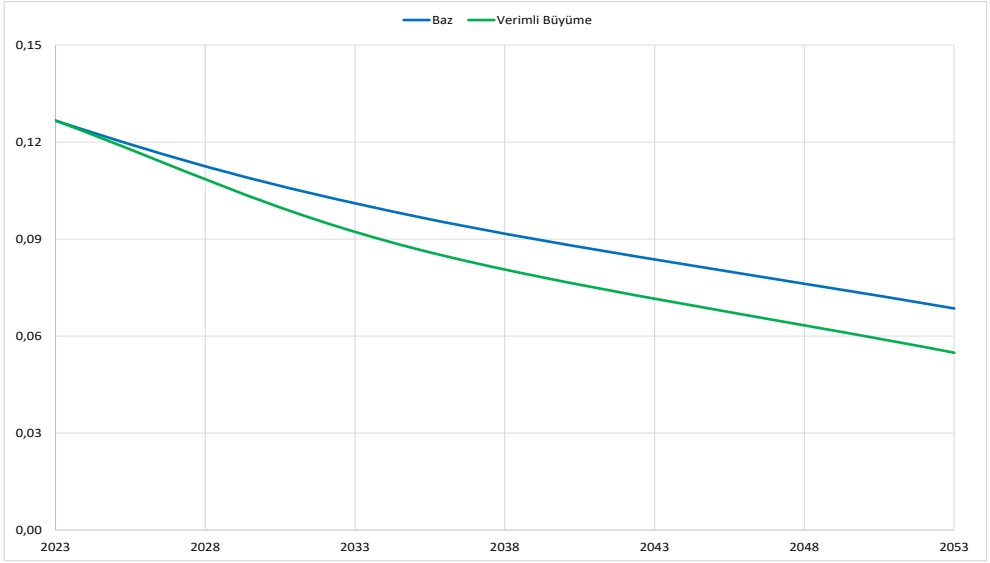
Şekil 7.31. Senaryolar Arasında Yıllık Birincil Enerji Talebi Farkları Gelişimi (2023-2053, %)



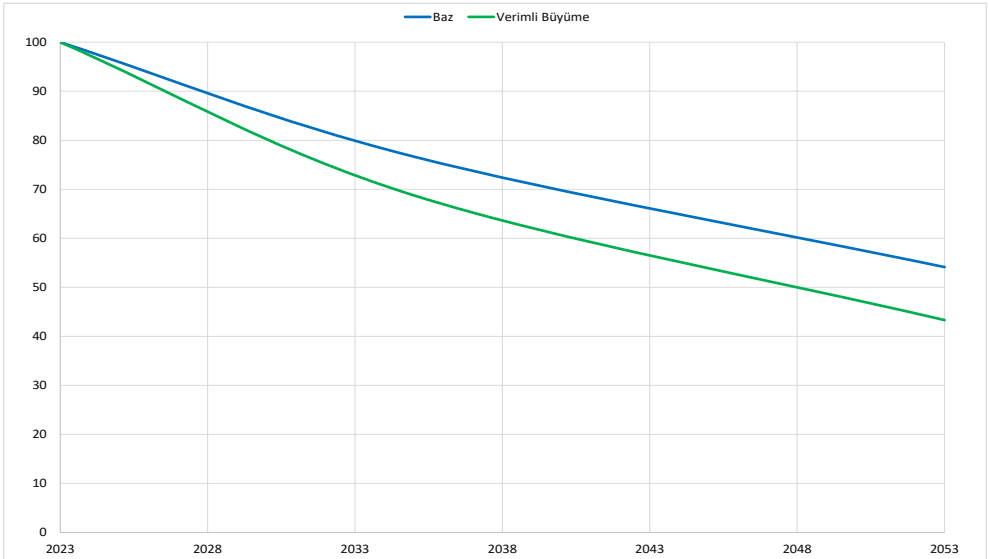
Şekil 7.32. Senaryolar Arasında Dönemsel Birincil Enerji Talebi Farkları Gelişimi (2023-2053, %)



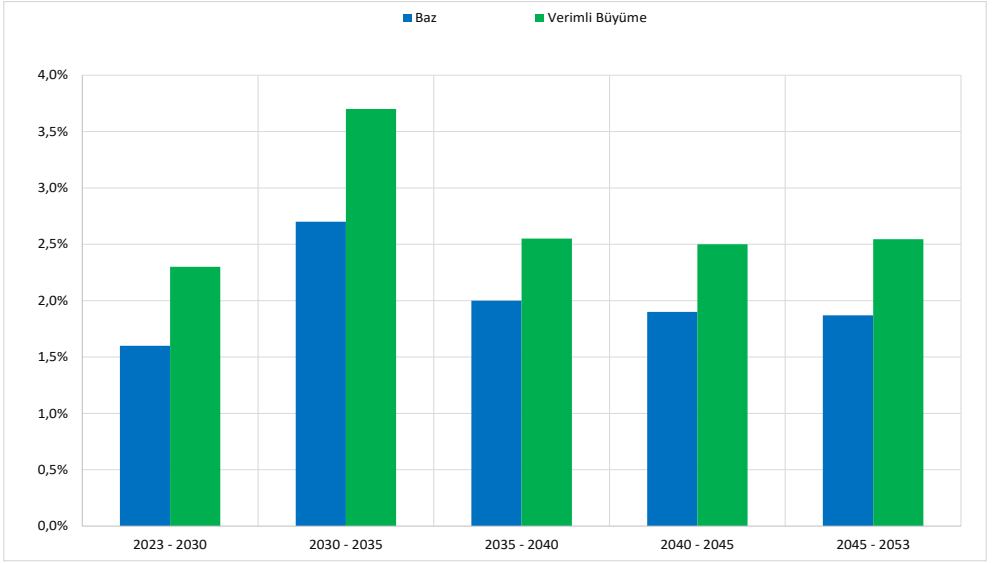
Şekil 7.33. Senaryolarda Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişimi (2023-2053, tep/1000 2015\$)



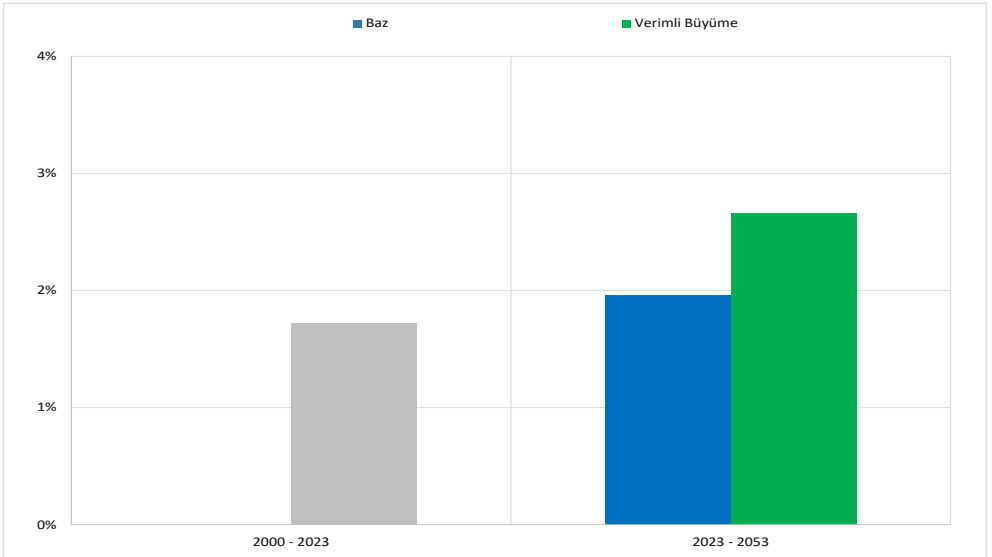
Şekil 7.34. Senaryolarda Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişimi (2023-2053, 2023=100)



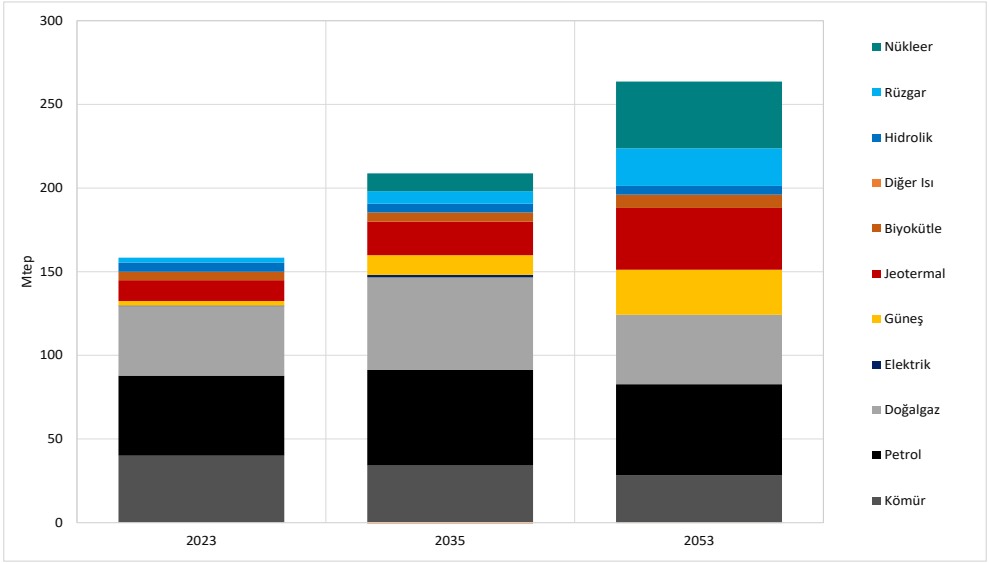
Şekil 7.35. Senaryolarda Birincil Enerji Yoğunluğunda Dönemsel İyileşmeler (2023-2053, %)



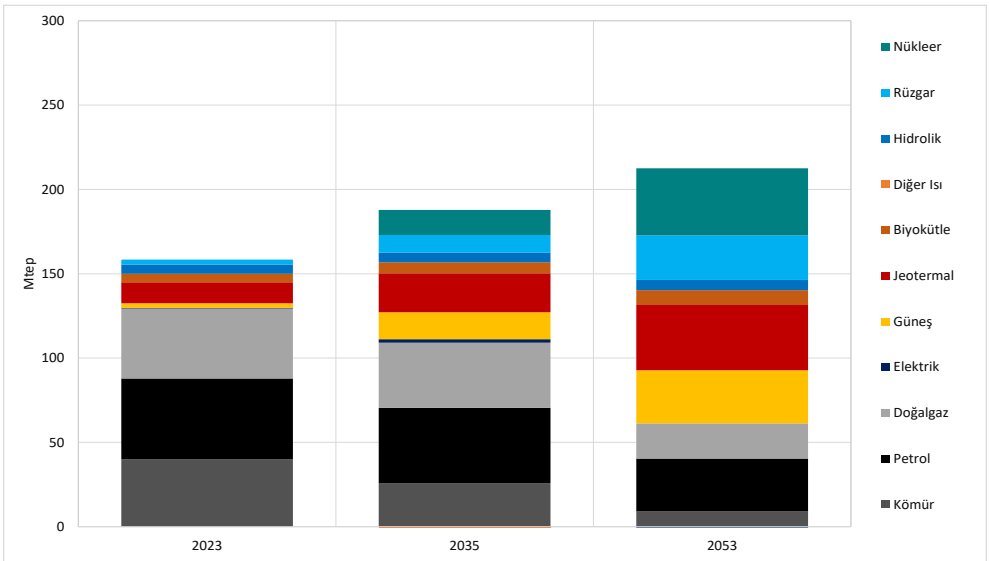
Şekil 7.36. Senaryolarda Birincil Enerji Yoğunluğunda Dönemsel İyileşmeler (2000 – 2023, 2023-2053, %)



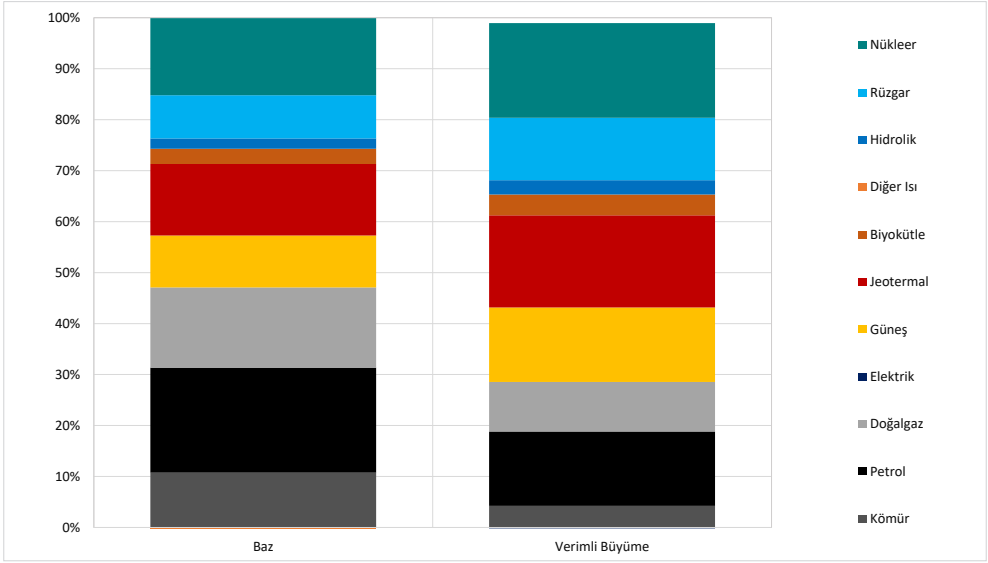
**Şekil 7.37. Baz Senaryoda Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre Gelişimi
(2023-2053, Mtep)**



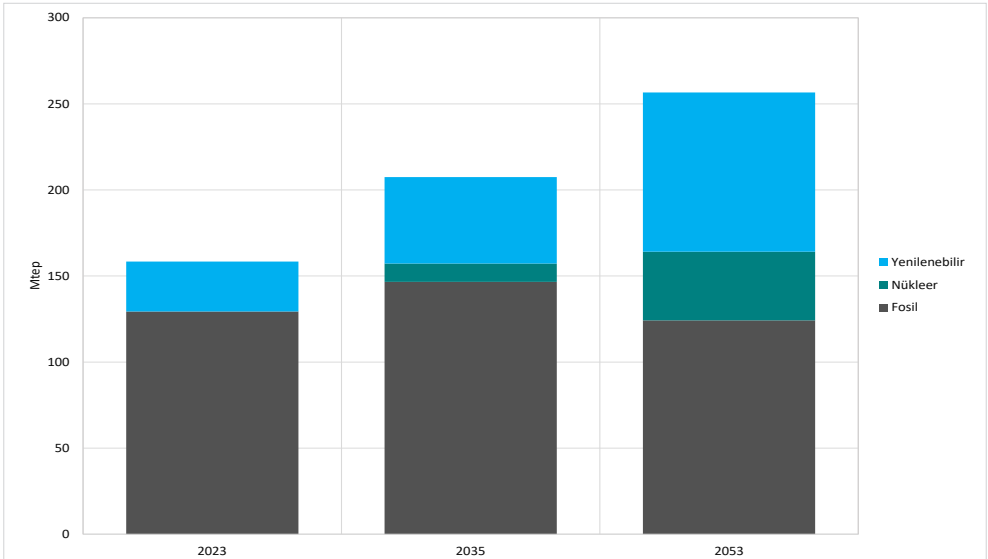
**Şekil 7.38. Verimli Büyüme Senaryosunda Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre Gelişimi
(2023-2053, Mtep)**



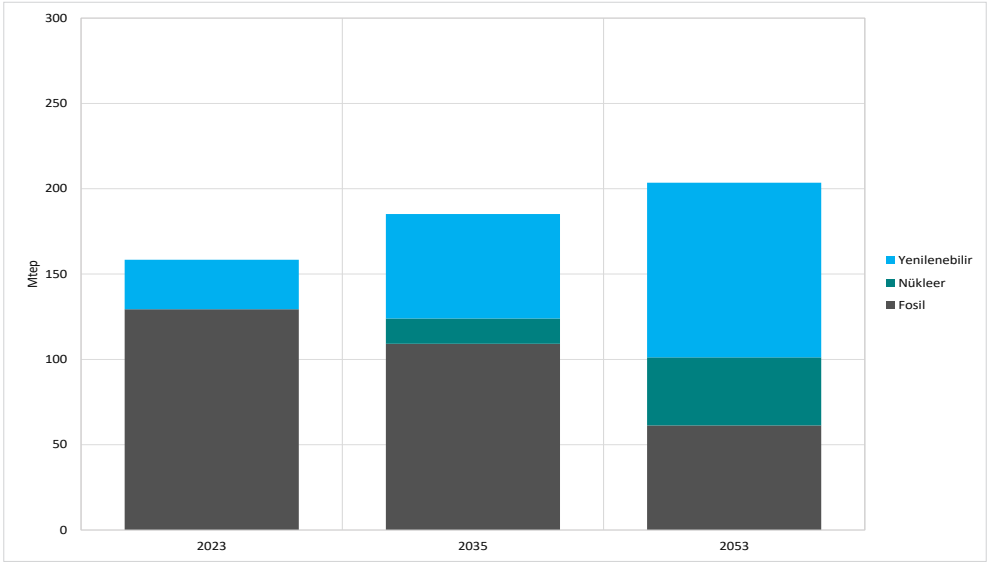
Şekil 7.39. Senaryolarda Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre Dağılımı (2053, %)



Şekil 7.40. Baz Senaryoda Birincil Enerji Arzının Yakıt Türlerine Göre Dağılımı (2053, Mtep)

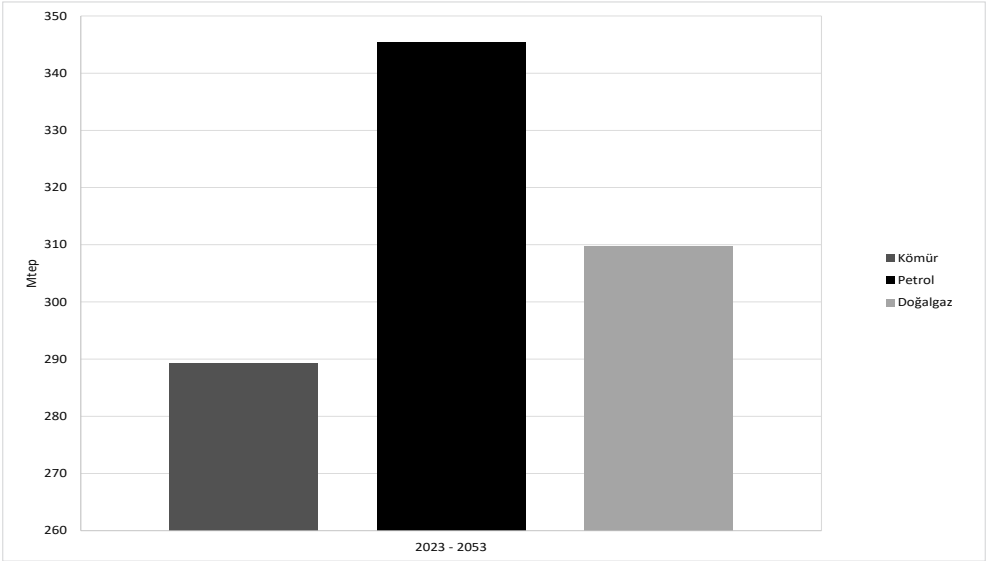


Şekil 7.41. Verimli Büyüme Senaryosunda Birincil Enerji Arzının Yakıt Türlerine Göre Dağılımı (2053, Mtep)

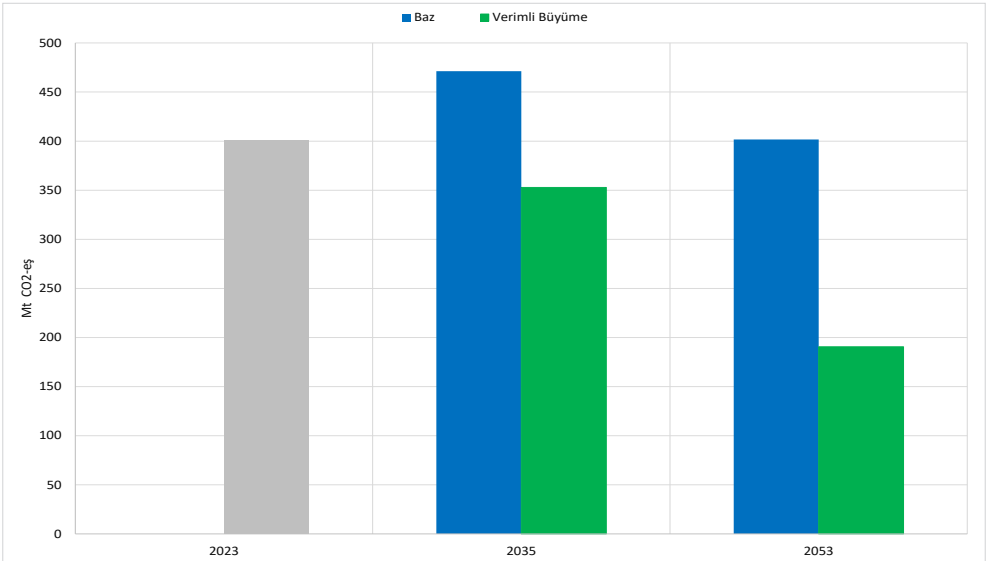


Verimli Büyüme Senaryosu, Baz Senaryoya göre 2053 yılına kadar olan dönemde kümülatif 345 Mtep petrol, 310 Mtep doğal gaz ve 289 Mtep kömür azaltımı sağlamaktadır (Şekil 7.42). Bu gelişme, ithalat faturasının düşürülmesine önemli katkılarının yanında emisyon envanterinde de güçlü düşüşleri beraberinde getirmektedir. Baz Senaryoda enerjiden kaynaklı emisyonlar 2053 yılında 401,6 Mt CO₂-eş ile mevcut seviyesine oldukça yakın gerçekleşmektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda ise emisyonlar 2040 yılı öncesinde tepe noktasına ulaşmakta ve 2053 yılında mevcut düzeyinin yaklaşık yarısına düşmektedir (191,6 Mt CO₂-eş). Bu gelişim, Türkiye'nin net-sıfır hedefi ve buna yönelik azaltım patikası ile uyum göstermektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda birincil enerji arzında karbon yoğunluğunda güçlü azaltım gerçekleşmektedir. 2,5 tCO₂/tep seviyesinde olan karbon yoğunluğu 2053 yılında Baz Senaryoda 1,6 tCO₂/tep, Verimli Büyüme Senaryosunda ise 0,9 tCO₂/tep olarak gerçekleşmektedir (Baz Senaryoda %36 ve Verimli Büyüme Senaryosunda %64 azaltım). Bu gelişme, ihracatın %40'ının gerçekleştiği AB kapsamında gelişen karbon düzenlemeleri ile uyum ve Türkiye sanayi sektörlerinin verimli büyüme fırsatlarının desteklenmesi bakımından önemlidir (Şekil 7.43 ve Şekil 7.44).

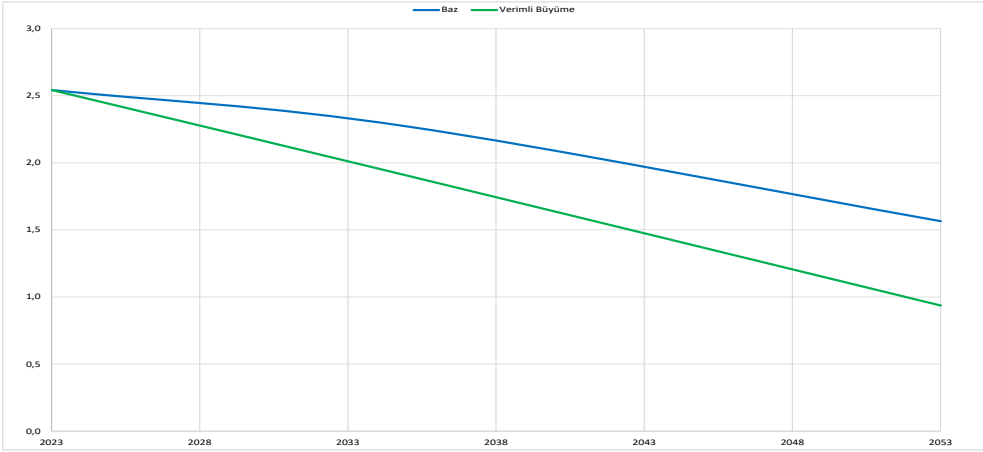
Şekil 7.42. Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya Kıyasla Kümülatif Fosil Yakıt Azaltımları (2023-2053, Mtep)



Şekil 7.43. Senaryolarda Enerjiden Kaynaklı Emisyonların Gelişimi (2023-2053, MtCO₂-eş)



Şekil 7.44. Senaryolarda Birincil Enerji Karbon Yoğunluğunun Gelişimi (2023-2053, tCO₂/tep)



7.4.3. IIEEC Senaryolarında Fayda-Maliyet Gelişimi

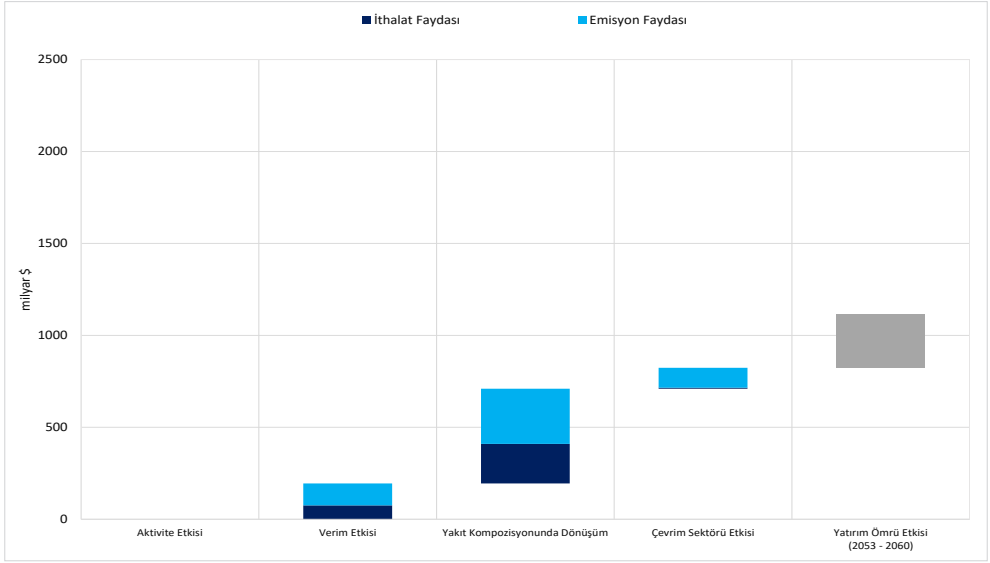
IIEEC Senaryolarında enerji verimliliği yoluyla sağlanan ithalat ve emisyon ekonomik faydaları, bunları gerçekleştirebilmek üzere gereken yatırımlarla birlikte detaylı olarak analiz edilmiştir. Baz Senaryoda 1,1 trilyon \$ olan kümülatif ekonomik fayda, Verimli Büyüme Senaryosunda 2,1 trilyon \$'a yükselmektedir (Şekil 7.45 ve Şekil 7.46). Baz Senaryoda yıllık ortalama 9 milyar \$ yatırım karşılığında 30 milyar \$ ekonomik fayda sağlanırken, Verimli Büyüme Senaryosunda yıllık ortalama 13 milyar \$ yatırım, 58 milyar \$ fayda gerçekleştirmektedir⁶. Baz senaryoda yıllık ortalama 3,2 olan fayda-maliyet çarpanı, Verimli Büyüme Senaryosunda 4,5'e yükselmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu Baz Senaryoya göre yıllık ortalama ek 4 milyar \$ yatırım karşılığında yıllık ortalama 28 milyar \$ ek fayda sağlayabilmektedir (Şekil 7.47, Şekil 7.48 ve Şekil 7.49).

Çalışmada enerji verimliliği yatırımları, binalarda yalıtıma, ulaşımda yakıt ekonomisinin artışına yönelik teknik verim yatırımlarının ve desteklerinin yanı sıra nihai tüketim segmentlerinde yakıt dönüşümleri için gerekli olan, e-mobilite ekosistemi, ısı pompası, yenilenebilir enerjiye dayalı bölgesel ısıtma altyapıları gibi yatırımları da içerecek şekilde analiz edilmiştir. Böylelikle fayda ve maliyet karşılaştırmaları bütüncül bir perspektifle gerçekleştirilmiştir. Baz Senaryoda 1 milyar \$ ile 2,8 Mtep tasarruf gerçekleşmekte, Verimli Büyüme Senaryosunda ise 1 milyar \$ yatırım 4,2 Mtep tasarruf sağlayabilmektedir. Bütüncül planlama, verimli teknolojilerin hızlı adaptasyonu ve katma-değeri yüksek, rekabetçi iş modelleri, Verimli Büyüme Senaryosunda fayda-maliyet çarpanını güçlendirmektedir (Şekil 7.50).

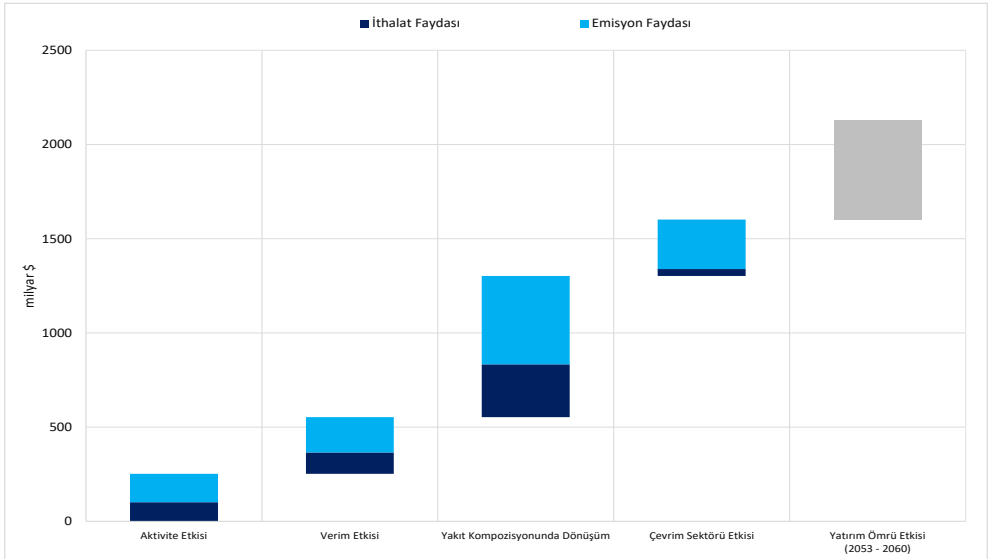
⁶ Son dönemde dünya genelinde enerji verimliliği yatırımları 600 milyon \$/yıl seviyesinde gerçekleşmektedir (Detaylar için lütfen <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024> ve <https://iea.blob.core.windows.net/assets/f304f2ba-e9a2-4e6d-b529-fb67cd13f646/EnergyEfficiency2024.pdf>)

Bu yatırım hacimleriyle, Türkiye'nin küresel enerji verimliliği yatırımlarında payı %1,5-2 seviyesine yükselmektedir.

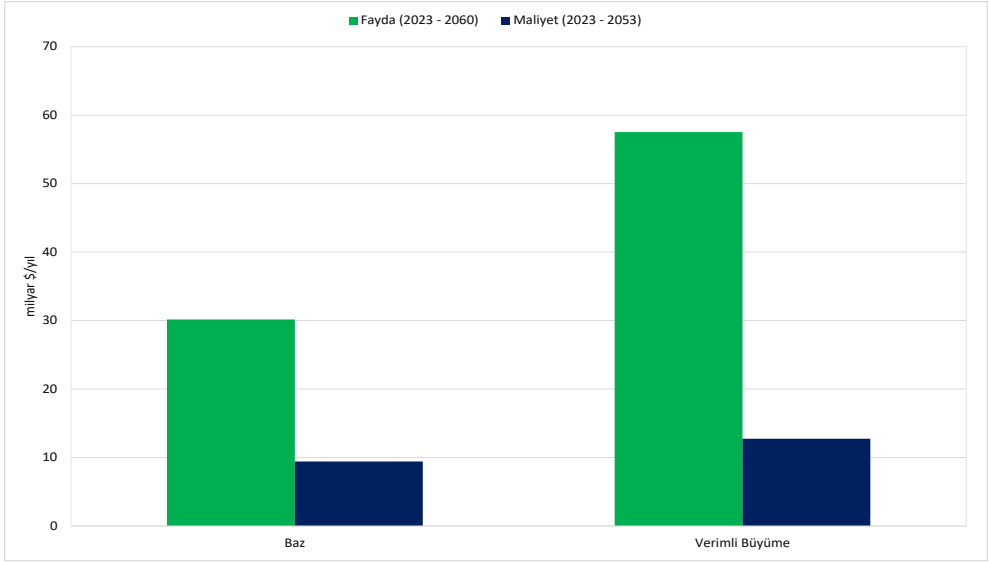
Şekil 7.45. Baz Senaryoda Kümülatif Fayda Gelişimi (2023-2060, milyar \$)



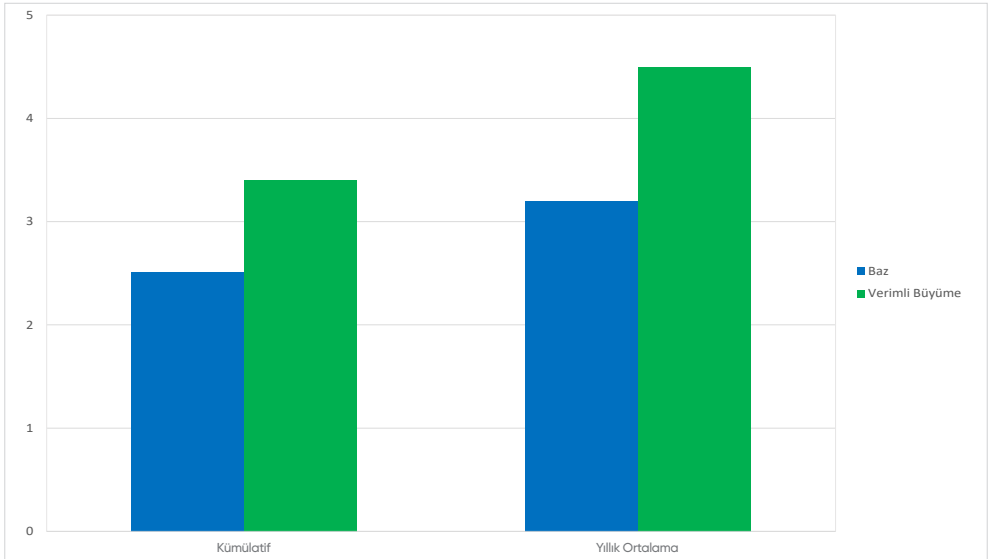
Şekil 7.46. Verimli Büyüme Senaryosunda Kümülatif Fayda Gelişimi (2023-2060, milyar \$)



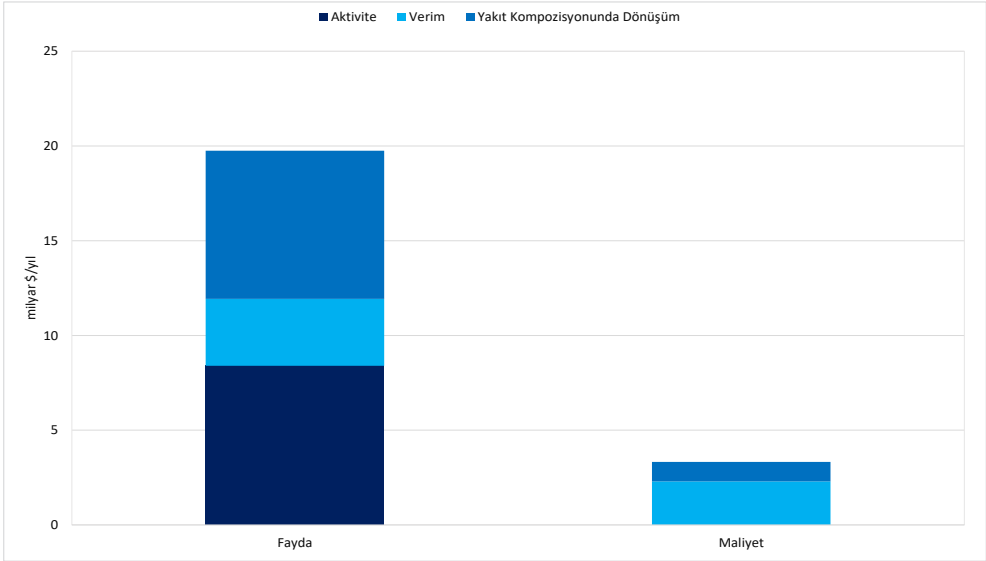
Şekil 7.47. Senaryolarda Yıllık Ortalama Fayda ve Maliyet Gelişimi (milyar \$/yıl)



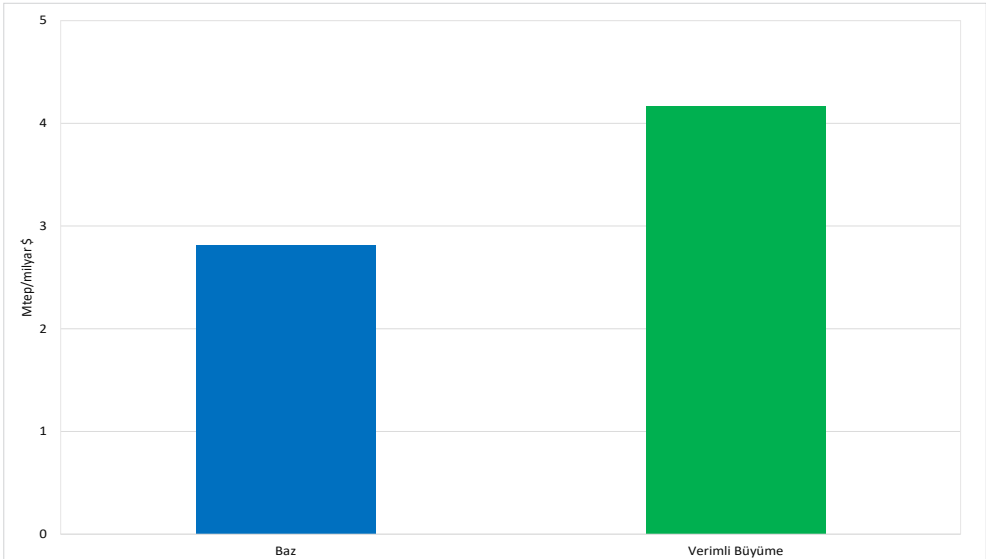
Şekil 7.48. Senaryolarda Yıllık Ortalama ve Kümülatif Fayda -Maliyet Çarpanları



Şekil 7.49. Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya Göre İlave Yıllık Ortalama Fayda ve Maliyet (milyar \$/yıl)



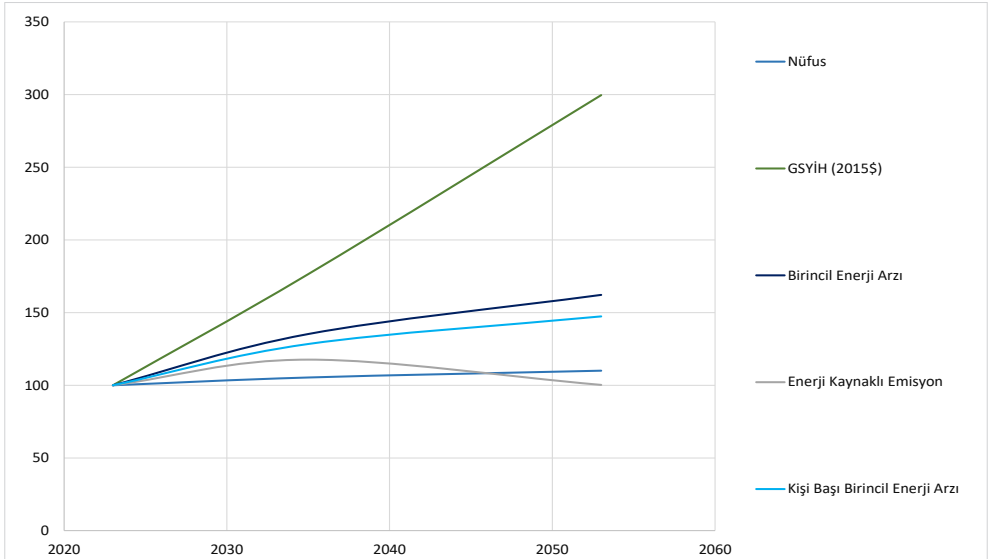
Şekil 7.50. Senaryolarda Birim Yatırım Başına Birincil Enerji Azaltımları (Mtep/milyar\$)



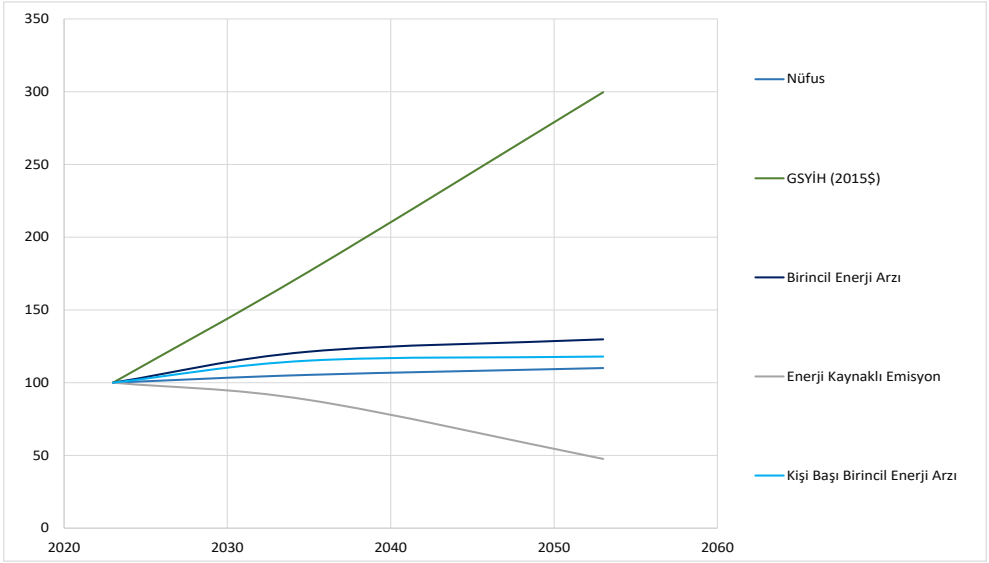
7.4.4. IICEC Senaryolarında Kritik Enerji ve İklim Göstergelerinin Geleceği

Verimli Büyüme Senaryosu, Baz Senaryo ile kıyaslandığında tüm kritik enerji ve iklim göstergelerinde daha hızlı gelişim sağlarken Türkiye'nin uzun dönemli enerji güvenliği, enerjide yerlileşme, rekabetçilik ve net-sıfır emisyon hedefleri ile daha uyumlu bir büyüme ve dönüşüm patikası sunmaktadır. 2053 yılına kadar olan dönemde Türkiye nüfusu 1,1 kat, GSYİH ise 3 kat artış gösterirken, Baz Senaryoda %47 artan kişi başına enerji tüketimi Verimli Büyüme Senaryosunda %18 büyümektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda, Bölüm 7.4.3'te sunulduğu gibi birincil enerji arzında daha yavaş, aynı zamanda yenilenebilir enerji potansiyelinin daha yüksek oranda değerlendirildiği bir büyüme patikası, emisyonlarda değişimin nüfus artışı, birincil enerji artışı ve ekonomik büyüme ile ilişkisini belirgin şekilde azaltmaktadır. Böylelikle Türkiye enerji sisteminin karbon yoğunluğunda ekonomik sürdürülebilirlik bakımından da kritik olan güçlü bir düşüş kaydedilmektedir (Şekil 7.51 ve Şekil 7.52). Birincil enerji arzında halen üçte-iki seviyesinde olan ithalat yoğunluğu Baz Senaryoda yaklaşık %50'ye, Verimli Büyüme Senaryosunda ise yaklaşık %10'a düşmektedir. Artan enerji talebi içerisinde enerji arzında yerlilik payının ve enerji güvenliğinin güçlendirilmesi, enerjide merkez ülke ve ticaret merkezi olma hedeflerinin, enerjide net ihracatçı konuma ulaşma vizyonunun gerçekleştirilmesi bakımından önemli avantajlar getirecektir (Şekil 7.53, Şekil 7.54 ve Şekil 7.55).

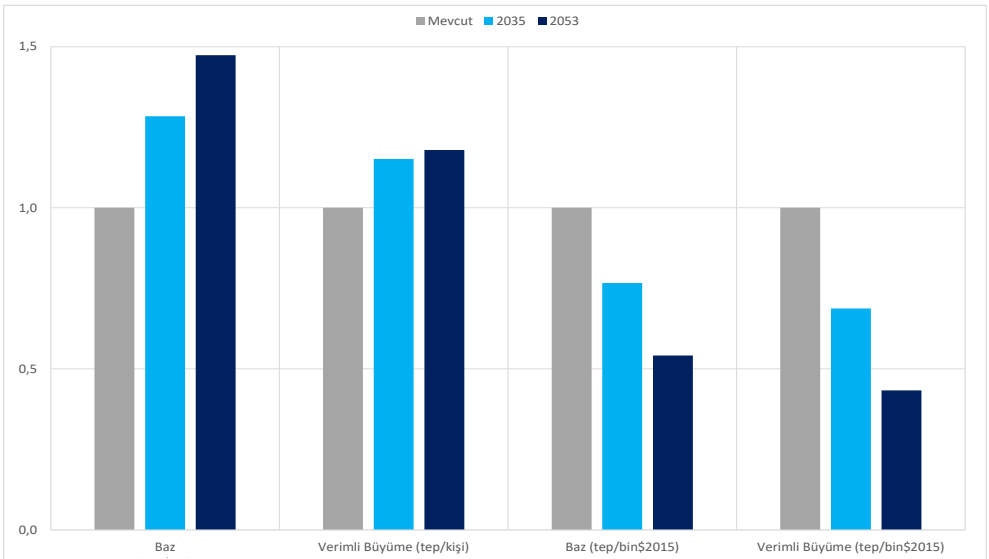
Şekil 7.51. Baz Senaryoda Makro Göstergeler ve Enerji Göstergelerinin Gelişimi (2023-2053, 2023=100)



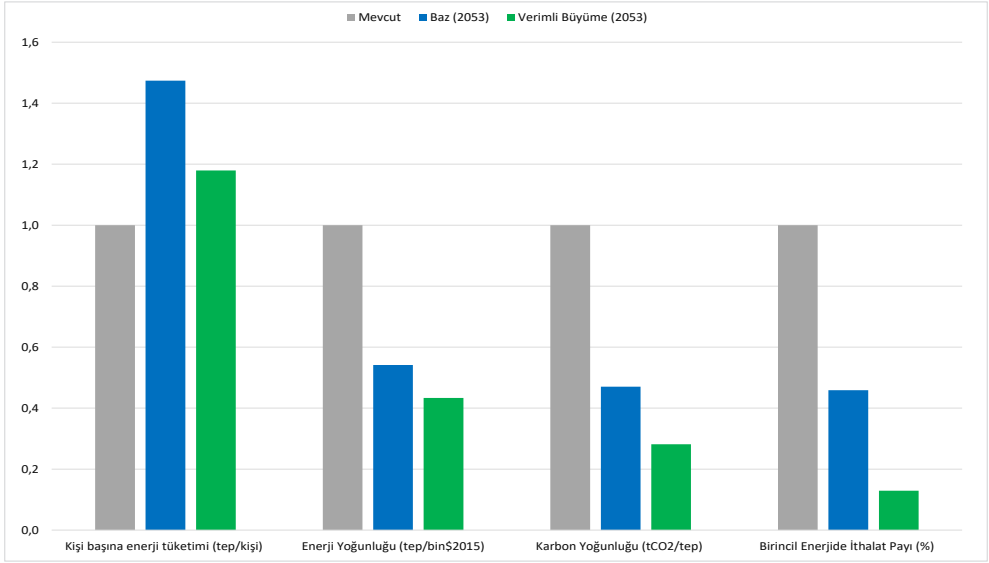
Şekil 7.52. Verimli Büyüme Senaryosunda Makro Göstergeler ve Enerji Göstergelerinin Gelişimi (2023-2053, 2023=100)



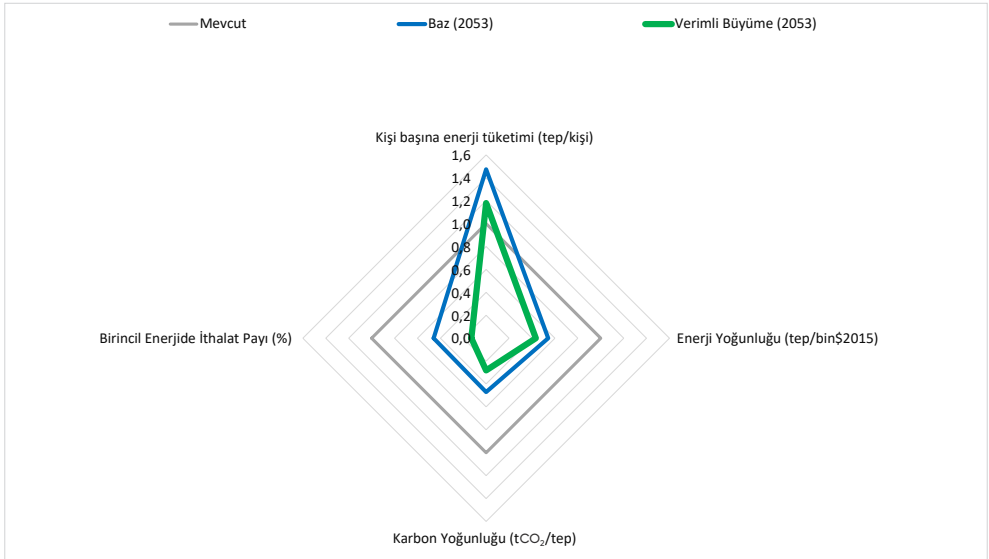
Şekil 7.53. Senaryolarda Kişi Başına Birincil Enerji Talebi ve Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişimi (2023-2053, 2023=1)



Şekil 7.54. Senaryolarda Kritik Enerji ve İklim Göstergeleri Geleceği (2053, 2023=1)



Şekil 7.55. Senaryolarda Enerjinin Karekodu Geleceği (2053, 2023=1:1:1:1)



7.4.5. Hızlı Elektrifikasyon Enerji Verimliliğini ve Bütüncül Enerji Dengesini Nasıl İyileştirebilir?

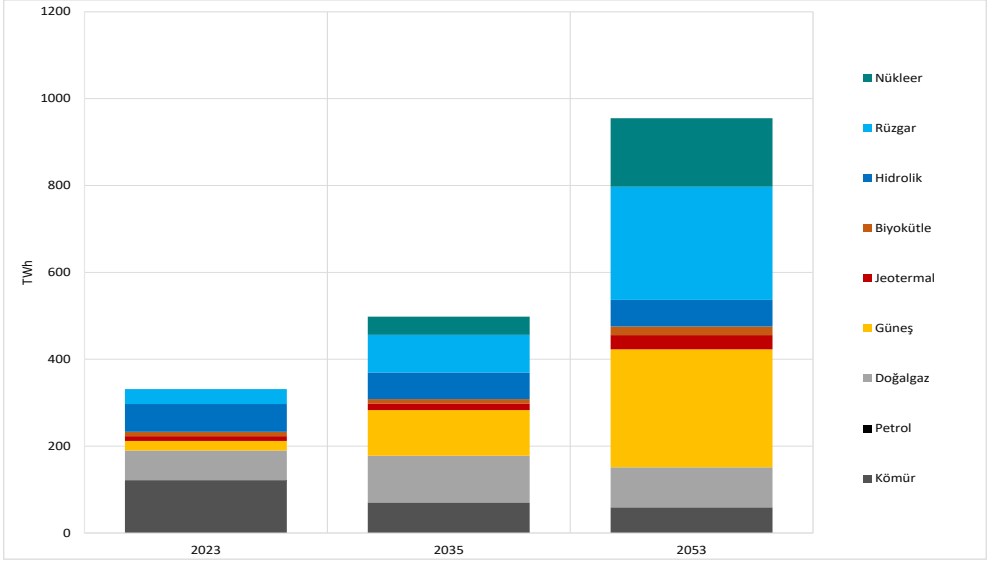
IICEC Senaryolarında elektrik enerjisinin talep sektörlerinde ve hizmetlerinde gelişimi seçenekleri irdelenirken, elektrik üretiminde yakıt ve teknoloji dönüşümleri, iletim ve dağıtım şebekelerinde teknik verim fırsatları da analiz edilmiştir. 2053 yılında elektrifikasyon oranının %36'ya ulaştığı Baz Senaryoda brüt elektrik üretimi 954,8 TW-saat, elektrifikasyonun %48'e çıktığı Verimli Büyüme Senaryosunda ise 963,6 TW-saat olarak gerçekleşmektedir (Şekil 7.56 ve Şekil 7.57). Net elektrik talebinde senaryolar arasında 2053 yılında 33,5 TW-saat farka karşın, Verimli Büyüme Senaryosunda Baz Senaryoya ek olarak 9,8 TWh brüt üretim gerekmektedir. Halen toplam %14 olan elektrik üretiminde iç tüketim kayıpları ve şebeke kayıpları, 2053 yılına kadar olan dönemde Baz Senaryoda %10'a, Verimli Büyüme Senaryosunda ise %5'in biraz üzerine kadar düşmektedir. Üretimde fosil yakıt hacimlerinde azaltım ve modernizasyonlar, şebekelerde ise akıllı dönüşüm, dijitalleşme ve bütüncül yatırım ve planlama modelleri elektrik sisteminin verimli büyümesinin kritik destekleyicileridir.

Çalışmada elektrifikasyonun daha hızlı gerçekleşmesi durumunun genel enerji dengesine ve kritik enerji ve iklim göstergelerine etkisine yönelik bir hassasiyet analizi de gerçekleştirilmiştir.

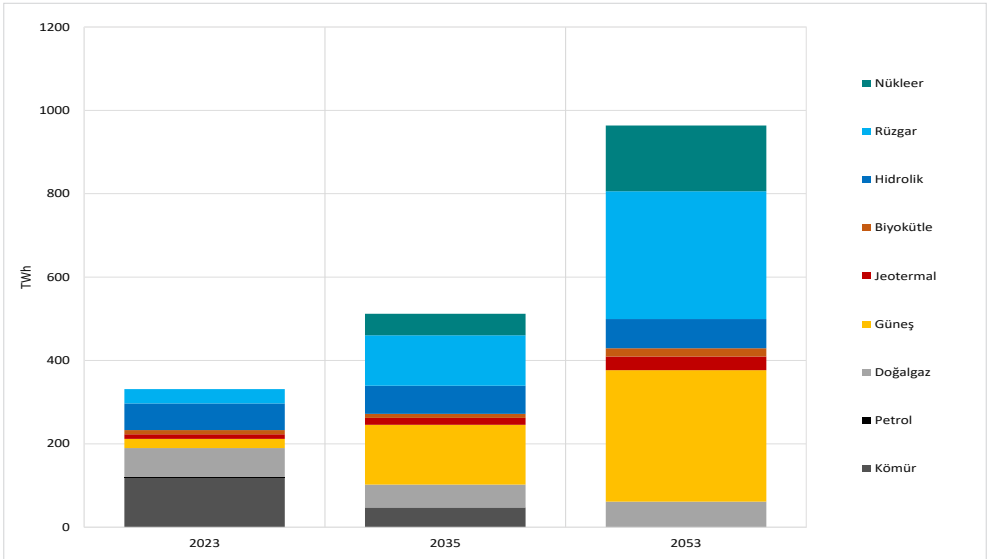
- Bu analizde, 2053 yılında elektrik enerjisi brüt üretimi, Verimli Büyüme Senaryosuna göre 55,1 TW-saat artarken, elektrifikasyon %53'e yükselerek 2053 yılında nihai enerji talebinin yarısından fazlasını karşılayabilir konuma gelmektedir (Şekil 7.58).
- Birincil enerji arzı ise 2053 yılında Verimli Büyüme Senaryosuna göre yaklaşık 1 Mtep düşmektedir. Bu dönüşümlerin neticesinde, birincil enerji arzında yerlilik oranı %91'den %97'e çıkmakta, emisyonlar ise mevcut seviyenin üçte-birine kadar düşmektedir (155,2 Mt CO₂-eş) (Şekil 7.59).
- Hızlı elektrifikasyonda yıllık ortalama maliyet 13,5 milyar \$⁷, yıllık ortalama fayda ise 63,7 milyar \$ olarak gerçekleşmektedir. Verimli Büyüme Senaryosuna ilave yıllık ortalama 700 milyon \$ yatırım ile 6,2 milyar \$ ekonomik fayda sağlanabilmektedir. Yıllık ortalama fayda-maliyet çarpanı 4,7'ye yükselmektedir (Şekil 7.60).
- Ağırlıklı olarak kesintili rüzgar ve güneş üretimi ile desteklenen elektrifikasyonun daha hızlı yaygınlaşması, elektrik sisteminin esnekliğinin güçlendirilmesi, şebekelerin büyütülmesi ve geliştirilmesi ihtiyaçlarını beraberinde getirecektir. Elektrik talebinde büyümeyi artıran dijitalleşme ve yapay zeka uygulamaları, enerji tüketicisi sektörlerde optimizasyon fırsatlarına odaklanılması durumunda daha verimli enerji tüketimi için davranış değişikliklerine, yenilikçi iş modellerine ve paydaşlar arasında işbirliklerine de yeni açılımlar sağlayabilecektir.

⁷Çalışmanın genelinde, uluslararası literatür ile uyumlu şekilde, elektrik sektörü yatırımlarına ilişkin olarak nihai talep sektörlerinde elektrifikasyon ile bağlantılı yatırım ihtiyaçları dikkate alınmıştır. Elektrik üretimi ve şebeke yatırımlarında artış, elektrik arz sistemi içerisinde toplam yatırım büyüklüğünü yükseltecektir. Türkiye'nin halen 3-4 milyar \$/yıl seviyesinde olan elektrik şebeke yatırım büyüklüğünün, üretimde ve talepte büyümeyle uyumlu olarak yakın ve orta vadede 8-10 milyar \$/yıl seviyesine ulaşacağı tahmin edilmektedir.

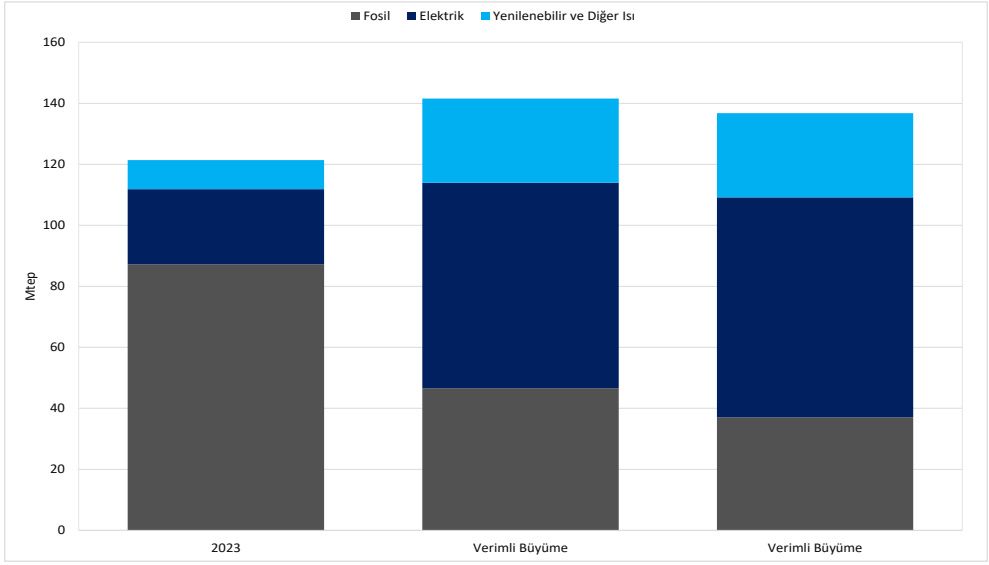
Şekil 7.56. Baz Senaryoda Brüt Elektrik Üretimini Kaynaklara Göre Gelişimi (2023-2053, TWh)



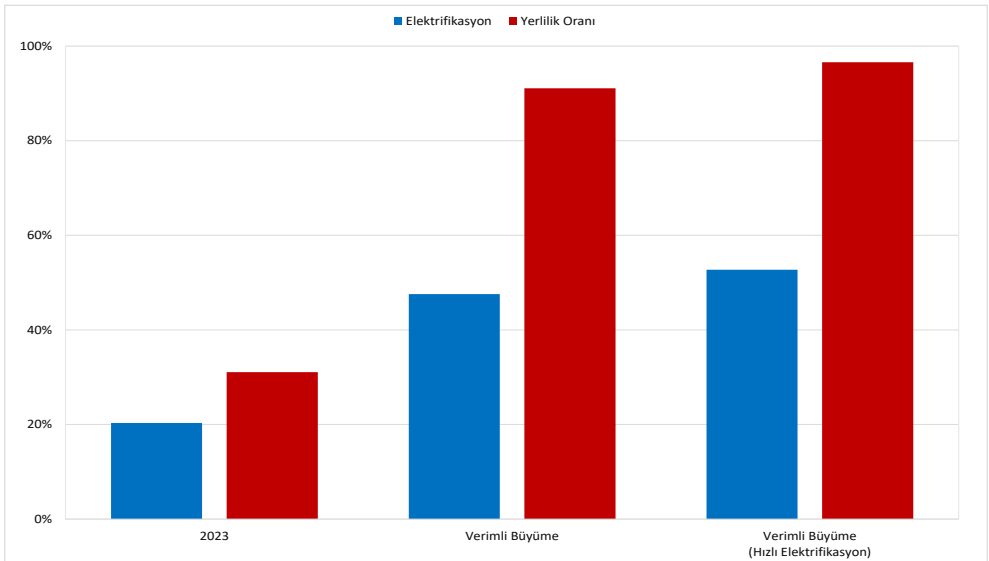
Şekil 7.57. Verimli Büyüme Senaryosunda Brüt Elektrik Üretimini Kaynaklara Göre Gelişimi (2023-2053, TWh)



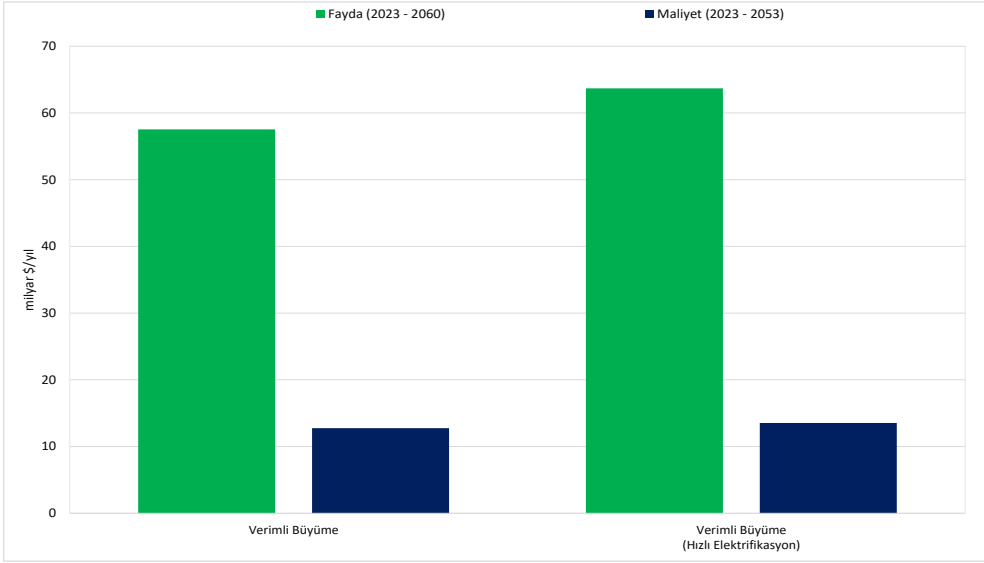
Şekil 7.58. Hızlı Elektrifikasyonda Nihai Enerji Talebinin Yakıt Türlerine Göre Geleceği (2053, Mtep)



Şekil 7.59. Hızlı Elektrifikasyonda Nihai Enerji Talebinde Elektrifikasyon ve Birincil Enerji Arzında Yerlilik Oranları Geleceği (2053, %)



**Şekil 7.60. Hızlı Elektrifikasyonda Yıllık Ortalama Fayda ve Maliyet Gelişimi
(2023-2060, milyar \$/yıl)**

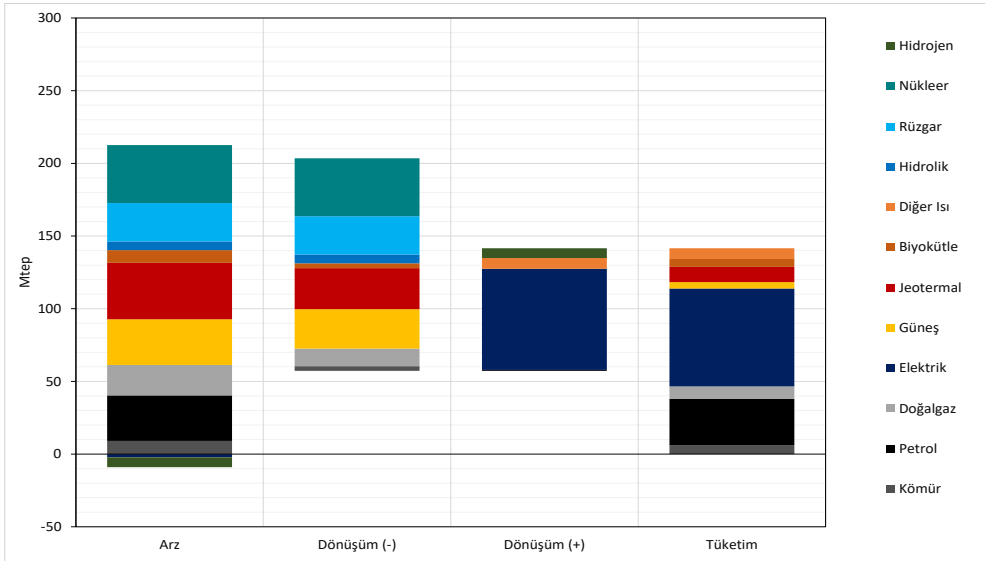


7.5. Özet Değerlendirme

- Senaryolarda özellikle binalarda yalıtım performansında iyileşmeler, ulaşımda filonun gençleşmesi ile yakıt ekonomisinde gelişmeler, elektrifikasyon, entegre mobilite çözümleri ve modlar arası geçişler, sanayide orta ve uzun vadede daha az enerji-yoğun sektörlerle kademeli olarak dönüşüm, atık ısı ve ısı pompası fırsatlarının değerlendirilmesi neticesinde önemli verim iyileştirmeleri sağlanabilmektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda tüm bu alanlarda ve diğer tüketim segmentlerinde daha hızlı ve güçlü teknik verim kazanımları gerçekleşmekte, fosil yakıtların elektrik enerjisi ve yenilenebilir ısı ile ikamesi enerji sisteminin toplam verimini yükseltmektedir. 2053 yılında Verimli Senaryoda nihai enerji talebi Baz Senaryonun %21 altında gerçekleşmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu, sadece enerjinin daha rasyonel kullanımını sağlayan tüketim davranış değişiklikleri yoluyla Baz Senaryoya göre 2053 yılında nihai enerji talebinde %8 azaltım sağlayabilmektedir.

- 2053 yılına kadar olan dönemde birincil enerji yoğunluğunda yıllık ortalama %2,7 iyileşme sağlanan Verimli Büyüme Senaryosunda, Baz Senaryoya göre kümülatif %12 birincil enerji azaltımı sağlanabilmektedir. Bu değer, mevcut tüketimlerle yaklaşık beş yıllık birincil enerji arzına eşdeğerdir. 2023 yılı baz alındığında birincil enerji yoğunluğu Baz Senaryoda %46 düşerken, Verimli Büyüme Senaryosunda %57 azaltım sağlanabilmektedir. Böylelikle, kişi başına enerji tüketimleri yüksek, enerji talebi artış hızları daha düşük ülkelerin ortalamalarına daha hızlı yakınsanmakta, bu gelişim sürdürülebilir rekabetçiliğin güçlendirilmesi bakımından avantajlar getirmektedir.
- Verimli Büyüme Senaryosunda, nihai enerji talebi içerisinde elektrik enerjisinin halen beşte-bir olan payı, elektriğin fosil kaynakları ikamesi yoluyla 2053 yılında %48'e yükselmektedir. Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji ağırlıklı büyümeye ek olarak, özellikle binalarda ve tarımda jeotermal enerjinin, sanayide ve binalarda güneş enerjisinin ve havayolu ulaşımında sürdürülebilir biyoyakıtların gelişimiyle, birincil enerji arzında yenilenebilir enerjinin halen %18 olan doğrudan katkısı ise 2053 yılında %50'ye ulaşabilmektedir (Şekil 7.61).

Şekil 7.61. Verimli Büyüme Senaryosunda Genel Enerji Dengesi Geleceğine Bakış (2053, Mtep)



- Baz Senaryoda 1,1 trilyon \$ olan kümülatif ekonomik fayda, Verimli Büyüme Senaryosunda 2,1 trilyon \$'a yükselmektedir. Yatırım gereksinimleri, teknik verim yatırımları ve nihai talep sektörlerinde fosil yakıt ikamesini sağlayan yatırımlar bazında ayrı ayrı analiz edilmiştir. Baz Senaryoda yıllık ortalama 9 milyar \$ yatırım karşılığında 30 milyar \$ ekonomik fayda sağlanmaktadır. Verimli Büyüme Senaryosunda yıllık ortalama 13 milyar \$ yatırım, 58 milyar \$ fayda gerçekleştirmektedir. Baz senaryoda yıllık ortalama 3,2 olan fayda-maliyet çarpanı, Verimli Büyüme Senaryosunda 4,5'e çıkmaktadır. Verimli Büyüme Senaryosunda enerji güvenliği, temiz enerji dönüşümü ve bunlara ilişkin maliyetler bakımından, toplam yatırım gereksinimindeki artışın çok üzerinde katkılar elde edilebilmektedir. Verimli Büyüme Senaryosu, Baz Senaryoya göre yılda ortalama 4 milyar \$ fazla yatırım ile 28 milyar \$ ek fayda sağlayabilmektedir.
- Verimli Büyüme Senaryosunda elektrik enerjisi talebinde yıllık ortalama büyüme hızı toplam talepteki büyüme hızının yaklaşık beş kat üzerindedir (Baz Senaryoda yaklaşık iki kat). Ağırlıklı olarak kesintili rüzgar ve güneş üretimi ile desteklenen elektrifikasyonda yaygınlaşma, elektrik sisteminin esnekliğinin güçlendirilmesi ihtiyacını beraberinde getirecektir. Verimli bölgesel ısıtma çözümlerinin yaygınlaşması, yenilenebilir ısı tüketiminde artış yoluyla daha güvenli, verimli ve sürdürülebilir enerji geleceğine önemli katkılar sağlamaktadır. Verimli Büyüme Senaryosunda birincil enerji arzında yerlilik oranı 2053 yılına kadar olan dönemde, yerli petrol ve doğal gaz üretimlerinde artışlarla da desteklenerek %91'e ulaşmaktadır.
- Çalışmada elektrik enerjisi talebinde büyüme hızına yönelik bir hassasiyet analizi de gerçekleştirilmiştir. Elektrifikasyonun Verimli Büyüme Senaryosunda öngörülenden daha hızlı gerçekleşmesi durumunda, elektrik enerjisine dayalı tüketimin verim avantajları neticesinde önemli ek kazanımlar sağlanabilmektedir. Örneğin, 2053 yılında birincil enerji arzında yerlilik oranı %97'ye yükselirken, emisyonlar mevcut seviyenin yaklaşık üçte-birine düşmektedir. Hızlı elektrifikasyon, sağladığı ekonomik faydalar yoluyla yıllık ortalama fayda-maliyet çarpanını 4,7'ye yükseltmektedir. Dijitalleşme ve yapay zeka, elektrik talebinde büyümeyi desteklerken, tüketim segmentlerinde optimizasyon ve talep yönetimi fırsatlarıyla daha verimli enerji tüketimi için davranış değişikliklerine, ölçme ve değerlendirme sistemlerinde iyileşmelere, yenilikçi iş modellerine ve paydaşlar arası yeni işbirliklerine de zemin oluşturabilecektir.

Referanslar

- International Energy Agency (IEA) (2014), Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-indicators-fundamentals-on-statistics>
- International Energy Agency (IEA) (2018), Energy Efficiency 2018 Annex: Decomposition Analyses
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/2fa76951-c688-4117-874e-ddc75f321dd9/Energy-Efficiency-2018-Annex-Decomposition-Analysis.pdf>
- International Energy Agency (IEA) (2019), An Introduction to Decomposition Analyses
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/imports/events/613/7.Introductiontodecompositionanalysis.pdf>
- International Energy Agency (IEA) (2023), Demand Side and Energy Efficiency Indicators
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/bcc21d9c-47df-4d5b-8e20-f9688d9f9279/Demand-sidedataandenergyefficiencyindicators.pdf>
- International Energy Agency (IEA) (2024a), World Energy Investment 2024
<https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024b), Energy Efficiency 2024
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2025), Energy End-uses and Efficiency Indicators Data Explorer
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-end-uses-and-efficiency-indicators-data-explorer>
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB) (2023), On İkinci Kalkınma Planı
https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) (2024), Türkiye 2053 Uzun Dönemli İklim Stratejisi
<https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/T%C3%BCrkiye'nin%20Uzun%20D%C3%B6nemli%20C4%B0klim%20Stratejisi.pdf>

- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2022), Türkiye Ulusal Enerji Planı
https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024a), Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
<https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimliliği-uevep>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024b), Enerji Dönüşümü: Yenilenebilir Enerji 2035 Yol Haritası
https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/Yenilenebilir%20Enerjide%202035%20Yol%20Haritas%C4%B1%20Lansman%20Sunumu_202410221014.pdf
- Türkiye Cumhuriyeti, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024c), Denge Tabloları
<https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2025), İstatistikler
<https://www.tuik.gov.tr/>

BÖLÜM 8:

Gelişim Alanları

&

Öneriler

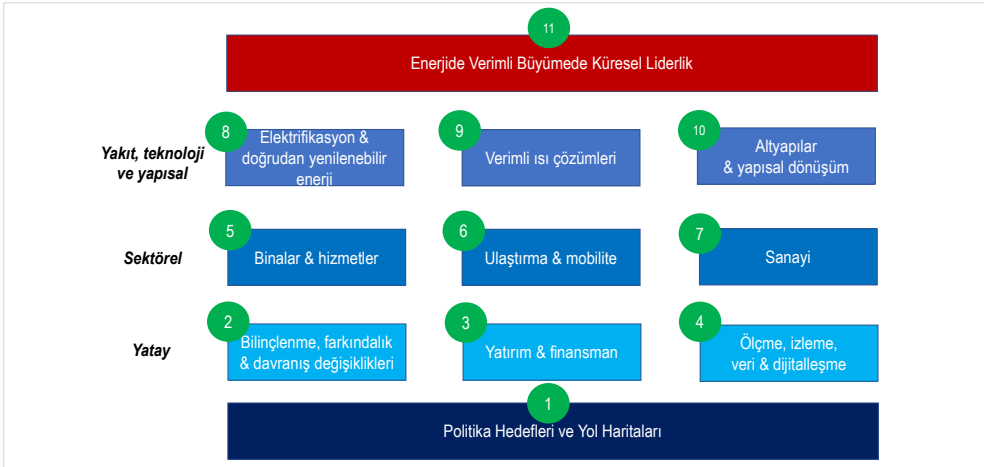
8.1. Enerjide Verimli Büyüme Destekleyecek Gelişim Alanları

Türkiye son dönemde ekonominin enerji yoğunluğunun azaltılmasında kaydettiği önemli gelişmeler ve güçlü enerji verimliliği potansiyeli ile enerjide daha verimli bir büyüme geleceği için önemli fırsatlara sahiptir. Politikalarda ve stratejilerde artan enerji verimliliği odağı, bu potansiyelin değerlendirilmesi için önemli bir zemin oluşturmakta, elektrifikasyonda gelişim, verimli enerji teknolojilerinde yaygınlaşma gibi dinamikler de enerji verimliliği performansını iyileştirmektedir.

Türkiye'nin enerji arz güvenliği, enerji bağımsızlığı ve net-sıfır emisyon hedefleri içerisinde enerji verimliliği gelişimine yönelik mevcut stratejilerin, ekosistemdeki yönelimlerin, enerji piyasalarındaki gelişmelerin, sektörler bazında talep ve verimlilik dinamiklerinin, çok yönlü fırsatların ve zorlukların, dünyadaki iyi uygulama örneklerinin ve trendlerin irdelenmesi ve IICEC Senaryolarının ve tekno-ekonomik analizlerinin çıktıları kapsamında tespit edilen kritik gelişim alanları aşağıda özetlenmektedir (Şekil 8.1):

1. Politika hedefleri ve yol haritaları
2. Bilinçlenme, farkındalık ve davranış değişiklikleri
3. Yatırım ve finansman
4. Ölçme, izleme, veri ve dijitalleşme
5. Binalar ve hizmetler
6. Ulaştırma ve mobilite
7. Sanayi
8. Elektrifikasyon ve doğrudan yenilenebilir enerji
9. Verimli ısı çözümleri
10. Altyapılar ve yapısal dönüşüm
11. Enerjide verimli büyümede küresel liderlik

Şekil 8.1. Gelişim Alanlarına Genel Bakış



8.2. Politika Hedefleri ve Yol Haritaları

2017-2023 döneminde I. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı ile toplam 8,5 milyar \$ karşılığında 24,6 Mtep tasarruf gerçekleştirilmiştir. Gerçekleşmeleri ve kazanımları daha ileriye taşımayı hedefleyen II. Eylem Planı ile 2030 yılına kadar olan dönemde 20,2 milyar \$ yatırım ve 37,1 Mtep kümülatif tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır. Plan kapsamında birincil enerji yoğunluğunda yıllık ortalama %2'nin üzerinde iyileşme sağlanması ve enerji yoğunluğunda son dönemde kaydedilen başarıların güçlenerek sürdürülmesi hedeflenmektedir.

2023 yılında birincil enerji yoğunluğunda sağlanan %4,5 iyileşme ile Türkiye küresel ölçekte enerji verimliliği iyileşmelerinde öne çıkmaktadır. II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, kapsamı, odak alanları ve somut eylemleri ile Uluslararası Enerji Ajansı tarafından konuya ilişkin yayımlanan rehber ile uyumlu bir nitelik taşımakta, diğer ülkelere de örnek oluşturma potansiyeli barındırmaktadır (ETKB, 2024; IEA, 2024a).

Enerji verimliliğine ilişkin düzenleyici çerçevede sürekli gelişmeler gerçekleştirilmektedir. Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) destekleri önemli miktarda yükseltilerek proje portföyü büyütülmektedir. Binalardasıtmavesoğutmataleplerinindahaverimliyönetilebilmesine yönelik önemli bir adım olarak TS825 standardı revize edilmiştir (Resmi Gazete, 2025). Verimli bir ısı piyasasının oluşturulabilmesi için, atık ısı potansiyelinin değerlendirilmesi ve ısı pompası çözümlerinin yaygınlaştırılması odaklı teknik analizler ve haritalama çalışmaları gerçekleştirilmektedir. 2023 yılında kamu binalarında tasarruf hedefi iki kat artışla %30'a yükseltilmiştir. Tüm bu adımlar, Türkiye'nin artan enerji talebinin daha verimli bir büyüme patikasında değerlendirilmesi hedeflerini destekleyecektir.

Çalışmada sunulan analizler, birincil enerji yoğunluğunda 2053 yılına kadar olan dönemde yıllık ortalama asgari %2,5 iyileşme sağlanması durumunda, çok yönlü enerji, ekonomi ve iklim kazanımlarına işaret etmektedir. Enerji yoğunluğunda yıllık ortalama %2,7 iyileşme sağlayabilen Verimli Büyüme Senaryosunda yıllık ortalama 13 milyar \$ yatırım karşılığında yıllık ortalama 58 milyar \$ enerji ithalatı ve emisyon faturası azaltımı faydası sağlanabilmektedir. Böylelikle, fayda-maliyet çarpanı 4,5'e ulaşmaktadır. Enerji verimliliğinde katma-değer odaklı istihdam artışları, bölgesel karbon fiyatlama mekanizmalarına uyum, sanayinin sürdürülebilir rekabetçiliğine katkı gibi diğer kritik faktörler, fayda-maliyet çarpanını daha üst seviyelere yükseltecektir.

Önümüzdeki dönemde, eylem planlarında maliyet analizlerinde teknik enerji verimliliği boyutuna ek olarak yakıt ikamesi ile ilgili yatırımların ve bunların sağlayacağı enerji ve emisyon azaltımı faydalarının da eklenmesi, daha bütüncül bir fayda-maliyet perspektifi sağlayacak ve enerji verimliliği yoluyla çok yönlü faydaların değerlendirilmesi hedeflerini destekleyecektir. Özellikle sanayide ve ulaşımda, enerji yoğunluğunu düşürecek yapısal faktörlerde verimlilik odaklı dönüşümler ve makro ölçekte kazanımlar ise, ilgili stratejilerde ve kurumlar arasında etkin koordinasyonun sürdürülmesiyle sağlanabilecektir.

Tüm dünyada enerji sektörlerinde en güçlü trendlerden birisi konumuna gelen elektrifikasyon, Türkiye enerji dengelerinde de önümüzdeki dönemin belirleyicileri arasında öne çıkmaktadır. Bu gelişme, elektrik talebinde büyüme, enerji arz ve talep sisteminde dönüşüm ve şebekeler gibi kritik enerji altyapılarında gelişim eksenlerinde yeni zorlukları ve fırsatları beraberinde getirecektir. Çalışmada sunulan hızlı elektrifikasyon analizinde, elektrik enerjisinin nihai enerji talebinde katkısı 2053 yılına kadar yaklaşık iki-buçuk kat artarken, fayda-maliyet çarpanını 4,7'ye yükselmekte, karbon yoğunluğunda ve ithalat ağırlığında ilave düşüşler sağlanabilmektedir. Talep tarafında e-mobilite, veri merkezleri, ısı pompaları gibi yeni büyüme alanları tüketim yapısı çeşitlendirirken, elektrik sisteminin esnekliğinin, dijital dönüşümünün ve verimliliğinin artırılmasına odaklı yeni programların, yol haritalarının ve teknoloji-odaklı yatırım portföylerinin tasarlanması ve uygulanması, sektörler arası sinerjilerin daha fazla değerlendirilmesi yoluyla elektrifikasyonun sağlayacağı verim avantajlarının güvenli ve sürdürülebilir koşullarda ekonomiye kazandırılmasını sağlayabilecektir.

Çalışmada sunulan arz ve talep gelişmeleri, Türkiye'nin güneş ve jeotermal enerji başta olmak üzere yenilenebilir ısı uygulamalarında artış yoluyla kritik enerji bağımsızlığı ve karbon azaltımı faydaları sağlayabileceğini göstermektedir. Türkiye jeotermal ısıtmada ve güneş enerjisinin ısı amaçlı kullanımında dünyada önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, bölgesel ısıtmada, seracılıkta, tarımda, gıda tedarik zincirlerinde, ticari binalarda ve turizm sektöründe halen değerlendirilmemiş önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Bu çerçevede, kullanım sektörlerine ve ihtiyaçlarına odaklı, aynı zamanda bölgesel kaynak, iklim ve altyapı karakteristiklerini dikkate alan yol haritalarının hayata geçirilmesine yönelik hazırlıkların önemli rol üstleneceği değerlendirilmektedir.

8.3. Bilinçlenme, Farkındalık ve Davranış Değişiklikleri

Enerji tasarrufunun ve enerjinin verimli tüketiminin en önemli başlangıç noktalarından birisi, enerji tüketimi ve verimliliği hakkında farkındalık, bilinçlenme ve daha verimli kullanıma yönelimi sağlayacak davranış değişiklikleridir. Dünya genelinde gerçekleştirilen çalışmalar, özellikle enerji arz güvenliğinde zorlukların veya enerji maliyetlerinde ani yükselişlerin yaşandığı dönemlerde, tasarrufa ve verimli tüketime yönelimin güçlendiğini göstermektedir. Türkiye gibi enerjide net ithalatçı konumda olan ülkelerde verimli tüketimi özendirecek davranış değişiklikleri, enerji güvenliği ve maliyetleri bakımından önemli bir önceliktir. IEA enerji verimliliğini "ilk yakıt" olarak tanımlamakta, AB'nin enerji verimliliği prensibi¹ enerjinin gerçekten ihtiyaç olması durumunda üretilmesini, böylelikle verimsiz atıl kapasite oluşturulmamasını ve talebin daha maliyet-etkin koşullarda karşılanabilmesini önceliklendirmektedir (European Commission, 2025; IEA, 2025a). Farkındalık ve bilinçlenme odaklı eylemler, II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nın da kritik öncelikleri arasında yer almaktadır.

¹ Energy efficiency first.

Bu kapsamda, en son çalışmada orta-üst seviyede ölçülen hane halkında bilinç endeksinin yüksek-alt seviyeye çıkarılması, başarılı enerji verimliliği programlarının tüketiciler nezdinde yaygınlaşması yönünde bir dijital eğitim platformunun oluşturulması ve tüketicilerde davranış değişiklikleri sağlayabilecek tanıtım ve eğitim gibi çalışmaların yürütülmesi amaçlanmaktadır (ETKB, 2021).

Bu çalışmaların, eğitim ve öğrenim faaliyetleri ile entegre edilmesi kritik bir öncelik olup, Eylem Planında okul öncesi, ilkokul, mesleki ve teknik ortaöğretim, lisans ve lisansüstü seviyelerde farklılaştırılmış içeriklerin geliştirilmesi ve uygulanması hedeflenmektedir. Bu gelişmeler, enerjinin verimli tüketimine yönelik toplumsal bilinci, genç nüfustan başlayarak yükseltecektir. Çalışmada sunulan analizlere göre, özellikle binalarda iç mekan konfor sıcaklıklarının ayarlanması ve ulaşımda toplu taşıma ve mikro mobilite gibi enerji verimliliği seçeneklerin daha fazla tercih edilmesi, tüketimde artış hızını yavaşlatarak daha güvenli ve sürdürülebilir bir enerji geleceğini destekleyecektir. Covid-19 pandemisi ve sonrası dönemde yaygınlaşan dijital toplantı uygulamaları da iş kaynaklı ulaşım aktivitesinde kısmi azaltımlar sağlayarak enerji verimliliğini iyileştirmektedir. IIEEC enerji verimliliğini özendirecek davranış değişikliklerinin yaygınlaşmasını ve bu yönde eğitim programlarının hayata geçirilmesini, Türkiye için stratejik enerji hedefleri bakımından kritik bir fırsat alanı olarak değerlendirmektedir.

Davranış değişiklikleri ve tasarruf, enerji fiyatlarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu kapsamda, elektrik ve doğal gaz faturalarında enerji tüketimi verilerine ilişkin kıyaslama olanağı sağlayan verilere ve enerjinin daha verimli tüketimini kolaylaştıracak açıklayıcı bilgilere yer verilmesinin de önem taşıdığı düşünülmektedir. Enerji arzında maliyet bazını yansıtan fiyatlama mekanizmalarının işlerliği, sosyal boyut da gözetilerek daha verimli ve rekabetçi enerji piyasalarının gelişimini güçlendirecek ve Türkiye'nin enerjide bölgesel ticaret merkezi vizyonuna ilişkin adımları destekleyecektir.

8.4. Yatırım ve Finansman

Enerji verimliliğinde potansiyelin değerlendirilmesi, tüm tüketici sektör dikeylerinde, dijitalleşme gibi yatay alanlarda ve teknik kapasiteyi güçlendirecek alanlarda gerekli yatırımların hayata geçirilmesini gerektirmektedir. Verimli Büyüme Senaryosunda belirlenen yatırım gereksinimi 2053 yılına kadar olan dönemde yıllık ortalama 13 milyar \$'a karşılık gelmektedir. Bu tutar, IIEEC analizlerinde hesaplanan, yıllık elektrik üretim yatırım ihtiyacına yakın seviyededir. Bu yatırım büyüklüğüne ulaşılabilmesi durumunda, Türkiye'nin küresel enerji verimliliği yatırımlarındaki payı %1-2 seviyesine yükselecektir². Bu oran, Türkiye'nin dünya GSYİH ve birincil enerji arzındaki mevcut payı ile uyum göstermektedir. Yatırım portföyünün çeşitlenmesi ve toplam yatırım hacminin güçlenmesi, özel sektör, kamu ve uluslararası finans kuruluşlarından sağlanacak yatırımların büyüklüğünün ve çeşitliliğinin artırılması ile gerçekleştirilebilir.

² IEA STEPS ve APS Senaryolarında 2030 yılına kadar olan dönemde sırasıyla yıllık ortalama 600 milyar \$ ve 1,2 trilyon \$

Kamu tarafından sağlanan destekler, enerji verimliliği yatırımlarında önemli bir işlev üstlenmektedir. Enerji verimliliği hibe desteklerinde Verimlilik Artırıcı Projeler (VAP) önemli bir rol oynamaktadır. VAP kapsamında, 2024 yılında 104 sanayi işletmesinde toplam 137 projeye yaklaşık 72 Milyon TL hibe sağlanmıştır. Bu projelerde gerçekleştirilen toplam yatırım tutarı 318 Milyon TL'ye ulaşmış ve yaklaşık 37.000 tep enerji azaltımı kaydedilmiştir³. Proje stoku incelendiğinde, tekstil, gıda, çimento, demir-çelik, ana metal, plastik ve motorlu taşıtlar sektörlerinin destek miktarlarında öne çıktığı görülmektedir. Basınçlı hava sistemlerinden atık ısı geri kazanımına, aydınlatmadan fanlara ve elektrik motorlarına kadar oldukça geniş bir spektrumda projelerin desteklenmekte olduğu görülmektedir.

Destek bedelleri her yıl yeniden değerlendirilme oranında yükseltilmektedir. 2025 yılı itibarıyla proje başına destek limiti yaklaşık 22 milyon TL'ye ulaşmıştır. VAP destek miktarında ekonomik gelişmeler ve pazar büyüklükleri ile uyumlu artışların sürdürülmesi yoluyla özellikle sanayide ve ticari binalarda çok yönlü verim artışları sağlanabilecektir. Enerji ve Karbon Destek Programı (EKA) kapsamında ise, ilgili yılda enerji giderinin %30'una karşılık gelmek üzere azami 10 milyon TL hibe desteği sunulmaktadır. Gönüllü Anlaşmalar ile enerji yoğunluğu gelişmeleri izlenmekte ve fatura destekleri verilmektedir. Ayrıca, imalat sanayi sektörlerine odaklı olarak, 5. Bölge destekleri kapsamında vergi destekleri ve yatırım yeri tahsis gibi teşvikler de sanayide dönüşüm teşvik programları içerisinde konumlandırılmaktadır.

Enerji Performans Sözleşmeleri (EPS) ve ESCO⁴ modeli, tüm dünyada olduğu gibi iyi uygulamalarla, tüketici sektörlerde enerji verimliliği fırsatlarının değerlendirilmesi için kritik bir işlev üstlenecektir (IEA, 2025b). Türkiye'de enerji hizmet şirketlerine dayalı iş modelleri gelişim aşamasında olup, iyi uygulamalar yoluyla önemli enerji ve karbon azaltımları sağlanabildiği görülmektedir. Türkiye enerji piyasasının büyüklüğü ve talepte büyüme potansiyeli değerlendirildiğinde, ESCO şirketlerinin sayılarında ve niteliğinde artış potansiyeli bulunmaktadır. İlgili iş modellerinin etkin şekilde değerlendirilebilmesi için tüketici sektörlerde farkındalık artışları, finansman kuruluşlarında mühendislik ve diğer ilgili konularda teknik kapasitede gelişim, yatırım ve finansman maliyetlerinde belirleyici olan makro parametrelerde öngörülebilirlik gibi alanlarda gelişim ihtiyaçları bulunmaktadır.

Sanayi sektörlerine ek olarak ticari binalardaki yüksek verimlilik potansiyeli de enerji performans sözleşmelerine dayalı iş birlikleri için güçlü bir potansiyel barındırmaktadır. Binaların artan ısıtma, soğutma, aydınlatma talepleri, atık ısı geri kazanımı, ısı pompaları, LED dönüşümü gibi alanlarda, daha sürdürülebilir enerji tüketimini sağlayacak maliyet-etkin yatırımların gerçekleşmesi için kritik bir zemin oluşturmaktadır. VAP desteklerinin binaları da kapsamaması, enerji verimliliği yatırımlarının gerçekleştirilmesine katkı sunacaktır.

³ 2024 yılı ortalama döviz kuru ile yaklaşık 3,8 tep/ 1000 \$

⁴ Energy Service Company

Mesken binalarında enerji dönüşümü ve son dönemde düzenleyici çerçevede ve hedeflerde önemli gelişmeler sağlanan genel aydınlatmada enerji verimliliği gibi, uzun vadeli ve yüksek yatırım portföyü gerektiren, aynı zamanda şehirleşme dinamikleriyle de yakından ilişkili, sosyal boyutu da olan bazı özel alanlarda ise, kamu yönetim modeli içerisinde Süper ESCO yaklaşımlarının değerlendirilmesi önerilmektedir (Worldbank, 2018; Arcdaily, 2023).

İklim risklerindeki artışların, dünya genelinde enerji sisteminin karbon yoğunluğunun azaltılmasına yönelik fon büyüklüklerini artırmakta olduğu görülmektedir. Türkiye'nin son dönemde İklim Kanunu, Emisyon Ticaret Sistemi'nin kurulması, Uzun Dönemli İklim Stratejisi'nin açıklanması gibi adımları, gelişen küresel ve bölgesel finansman olanaklarından daha fazla faydalanılabilmesi yönünde yeni açılımlar sağlayabilecektir. Bölgenin en büyük enerji piyasalarından birisi olarak, enerji verimliliği odaklı proje finansmanında artışı sağlayacak iş birliklerinin, kamu, özel sektör ve uluslararası finans kuruluşları koordinasyonunda yaygınlaştırılabileceği değerlendirilmektedir.

AB Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizmasının (SKDM) sanayi sektörleri ihracat kapasiteleri üzerinde oluşturabileceği risklerin yönetimi, enerji verimliliği yatırımlarında önceliklendirme sağlanabilmesini daha kritik durumuna getirecektir. Önümüzdeki dönemde Türkiye ETS kapsamında oluşacak gelirlerin, temiz enerji dönüşümü ekseninde öncelikli enerji verimliliği alanlarında değerlendirilmesi, enerji sisteminin verimli dönüşümü için gerekli fon büyüklüğünün oluşturulmasına önemli katkılar sağlayabilecektir.

8.5. Ölçme, İzleme, Veri ve Dijitalleşme

Enerji verimliliğinde iyileşme sağlanmasının farkındalık ve bilinçlenme ile birlikte ilk adımlarından birisi, ölçmeye ve izlemeye dair teknik, teknolojik ve kurumsal altyapılarda sürekli gelişimdir. Enerji verimliliği potansiyelinin belirlenebilmesi ve bu potansiyeli değerlendirecek tasarruf, yatırım ve süreç iyileştirmelerinin gerçekleştirilebilmesi için, enerji tüketicisi sektörlerde ve ilgili enerji talep hizmetlerinde enerji tüketim miktarlarının, enerji girdilerinin ve enerji tüketen süreçler içerisindeki ilgili enerji akışlarının detaylı olarak tespit edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda yapılan teknik incelemeler ve hazırlanan etüt raporları, öncelikli iyileşme alanlarını belirlerken, gerekli yatırımlar ve sistem dönüşümleri için fizibilite analizlerine baz oluşturmaktadır. Özellikle sanayi sektörlerinde ve binalarda otomasyonun artması ve dijitalleşmenin yaygınlaşması, tüketim verilerinin toplanması ve değerlendirilmesi olanaklarını yaygınlaştırmaktadır. Ulaşım sistemlerinde ve mobilite seçeneklerinde veri kümelerinin büyüklüğü de enerji verimliliği performansının ölçülmesi ve iyileştirilmesi bakımından yeni açılımlar sağlayabilecektir. Son dönemde ekonominin tüm sektörlerinde önemli kullanım alanları bulan dijitalleşme ile enerji verimliliği kesişiminde Türkiye'nin kritik fırsat alanları bulunmaktadır. ICEC analizlerine göre, enerjide veri ve dijitalleşme yoluyla enerji verimliliği artışına odaklanılabilecek önemli uygulama örnekleri gelişmektedir (Şekil 8.2).

Şekil 8.2. Enerjide Verimli Büyüme için Bazı Uygulama Örnekleri



Dijital teknolojiler, sundukları veri analitiği, otomasyon, yapay zeka ve akıllı sistem olanaklarıyla enerji verimliliği hedeflerine ulaşmada kritik bir rol üstlenebilecektir (IEA, 2019; DOE, 2024; ECCP, 2019) (Şekil 8.3). Nesnelerin İnterneti (IoT)⁵, enerji yönetimini gerçek zamanlı izleme ve enerji tüketen cihazların kontrolünü sağlamaktadır. Akıllı sensörler içeren IoT cihazları, enerji kullanımına ilişkin verilerin sürekli olarak toplanmasına, verimsizliklerin tespit edilmesine ve enerji tüketiminin daha verimli yönetimi için otomatik aksiyonlar geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. IoT tabanlı sistemler, akıllı binalarda iç mekandaki kişi sayısı ve dış hava koşullarına göre aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerinin dinamik yönetimiyle enerji tüketiminin önemli ölçüde azaltılmasını sağlayan uygulamaların yanı sıra, akıllı şebeke mimarileri içerisinde enerji dağıtım altyapılarının dönüştürülmesinde de merkezi bir role ulaşabilecektir. Yapay zeka (AI) ve onun alt türleri olan makine öğrenmesi (ML) ve derin öğrenme (DL) yöntemleri, enerji tüketiminin yönetimi ve optimizasyonu açısından giderek daha fazla öne çıkmaktadır. Büyük ölçekli enerji verilerini kapsamlı olarak analiz edebilen yapay zeka algoritmaları, enerji talep tahminlerinden ısıtma ve soğutma sistemlerinin ve aydınlatma ekipmanlarının işletiminin optimizasyonuna, elektrik üretim öngörülerinden önleyici bakım hizmetlerine ve varlık yönetimine kadar geniş bir spektrumda, verimli üretim ve tüketim potansiyelinin değerlendirilmesi için yeni fırsatlar sağlamaktadır.

⁵ Internet of Things

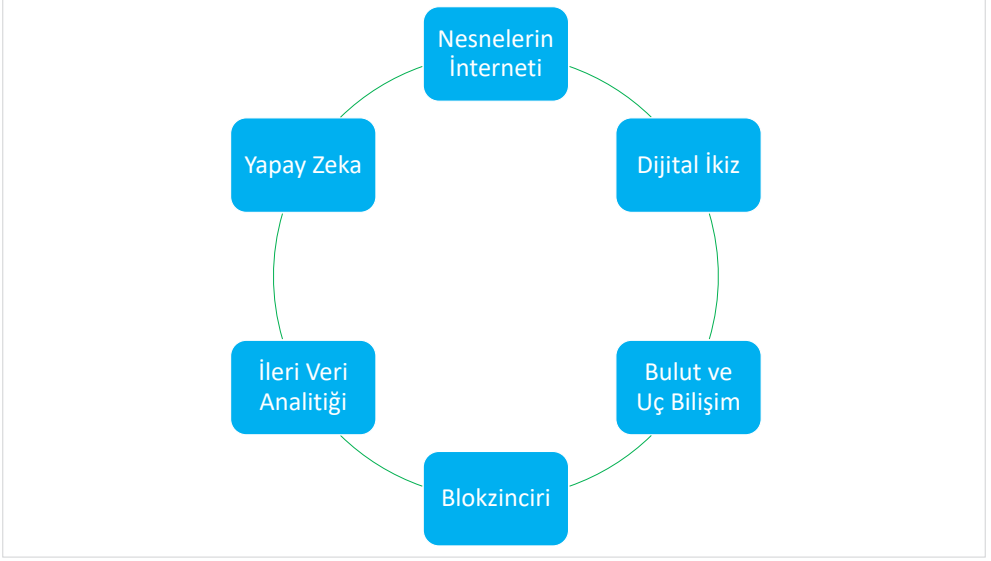
Dijital ikiz teknolojisi ise, fiziksel sistemlerin sanal bir kopyasının oluşturulmasına olanak tanıyarak enerji verimliliği açısından yenilikçi çözümler sunmaktadır. Gerçek zamanlı veri akışı sayesinde fiziksel varlıkların davranışları, performansları ve enerji tüketim profilleri dijital ortamda ayrıntılı şekilde izlenebilmekte ve analiz edilebilmektedir. Dijital ikizler, bakım maliyetlerini azaltılabilmekte, karar destek sistemlerine entegrasyon durumunda verimlilik kazanımlarında ilave gelişmeler sağlanabilmektedir.

İleri veri analitiği uygulamaları, akıllı sayaçlar, IoT cihazları ve diğer dijital teknolojiler aracılığıyla üretilen büyük hacimli verilerin etkin şekilde kullanılmasını sağlayarak enerji yönetiminde daha verimli bir büyüme patikasına dönüşüm olanakları sunacaktır. Örneğin, akıllı şehirler kapsamında büyük veri analitiği çözümleri, ulaşım sistemlerinden, binalardan ve kamu hizmetlerinden elde edilen verilerin analiz edilmesi yoluyla kentsel enerji yönetiminin daha etkin yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Sanayi sektöründe ise veri analitiği uygulamaları, üretim planlarının ve ekipman operasyonlarının daha verimli biçimde düzenlenmesini sağlarken, enerjinin yalnızca ihtiyaç duyulan zamanlarda ve ölçüde kullanılması yoluyla maliyetleri düşürmektedir. Ayrıca, tüketicilerin yoğun talep dönemlerinde enerji kullanımını azaltmaya veya tüketimin belirli saat dilimlerine kaydırılmaya teşvik edildiği talep tarafı katılım programları da büyük veri analitiği yöntemlerine dayanmaktadır. Bulut bilişim, ölçeklenebilir ve enerji açısından verimli veri depolama ile işleme çözümleri sunarak enerji verimliliğinin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Kurumların geleneksel, yüksek enerji tüketimine sahip yerel sunucular yerine bulut tabanlı platformlara geçiş yapması, büyük bulut hizmet sağlayıcıları tarafından uygulanan enerji optimizasyonlarından faydalanarak toplam enerji tüketimini azaltmalarını sağlayabilmektedir. Buna ek olarak, bulut tabanlı enerji yönetim sistemleri sayesinde enerji altyapılarının uzaktan izlenmesi ve kontrolü mümkün olurken, tespit edilecek olası verimsizliklere hızlı ve etkin müdahale olanakları işletme verimliliğini artırmaktadır.

Diğer yandan, uç bilişim⁶ sistemleri, verilerin kaynağa yakın bir noktada işlenmesini sağlayarak bulut servislerini tamamlayıcı bir işlev görmektedir. Bu yaklaşım, ilgili verilerin merkezi veri merkezlerine iletilmesi sırasında oluşan gecikmeleri ve enerji tüketimini azaltmakta, böylece özellikle akıllı binalar ve sanayi sistemlerinde enerji kullanımının gerçek zamanlı olarak optimize edilmesinin kritik olduğu IoT uygulamaları bakımından önemli avantajlar sunmaktadır. Bunlara ek olarak, diğer sektörlerde hızla gelişen blokzincir teknolojisinin de dağıtık enerji üretimi, elektrikli araçlar gibi yeni dinamikler içerisinde arz ve talep yönetimi, mikro şebeke sistemleri, enerji ticareti gibi büyüme alanlarında önümüzdeki dönemde önemli uygulama potansiyeli sunacağı değerlendirilmektedir (Şekil 8.3).

⁶ Edge computing

Şekil 8.3. Enerjide Verimli Büyüme için Dijitalleşme Odak Alanları

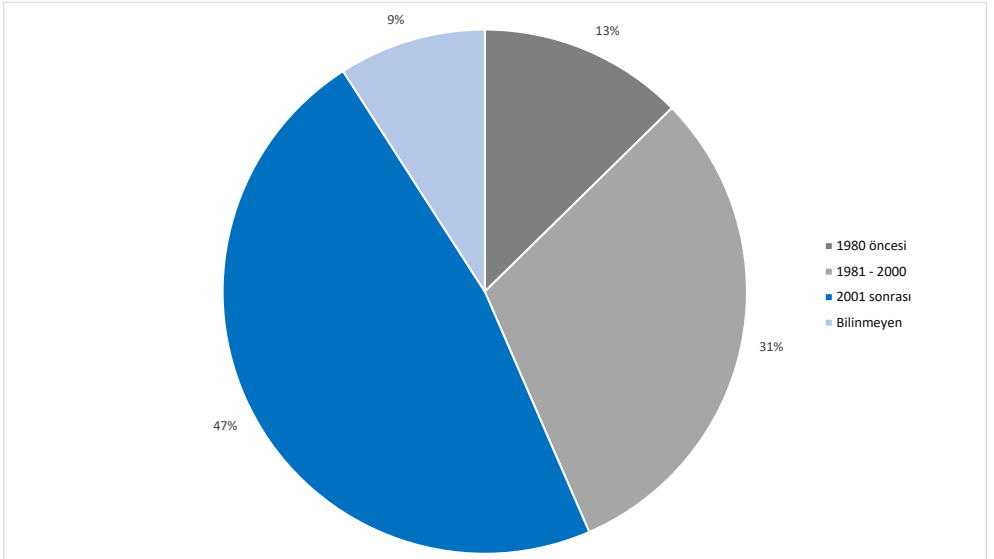


Enerjide dijitalleşme yoluyla verimlilik olanaklarını artıracak bir diğer önemli gelişim alanı ise start-up ekosisteminin büyümesidir. Bu yönde gelişmeler, Türkiye'nin bölgesel ve küresel inovasyon dinamikleri içerisinde katma-değeri yüksek, teknoloji-odaklı, rekabetçi kalkınma amaçlarına önemli katkılar sağlayabilecektir. Enerji verimliliğine, talep yönetimine, veri analitiğine ve yapay zekaya odaklı yazılım ve modelleme çalışmalarının kamu-özel sektör ve akademi iş birlikleri içerisinde desteklenmesi, söz konusu katkıları daha ileriye taşıyabilecek, ürün geliştirme ve ticari yayılım olanaklarını da güçlendirecektir. Eylem Planında yer alan, start-up ekosistemi ile iş birliklerini ve dijitalleşme projelerini önceliklendirecek VAP projeleri odağının, veri ve dijitalleşmenin sağlayacağı çok yönlü enerji, ekonomi, istihdam ve iklim faydalarını destekleyeceği değerlendirilmektedir.

8.6. Binalar ve Hizmetler

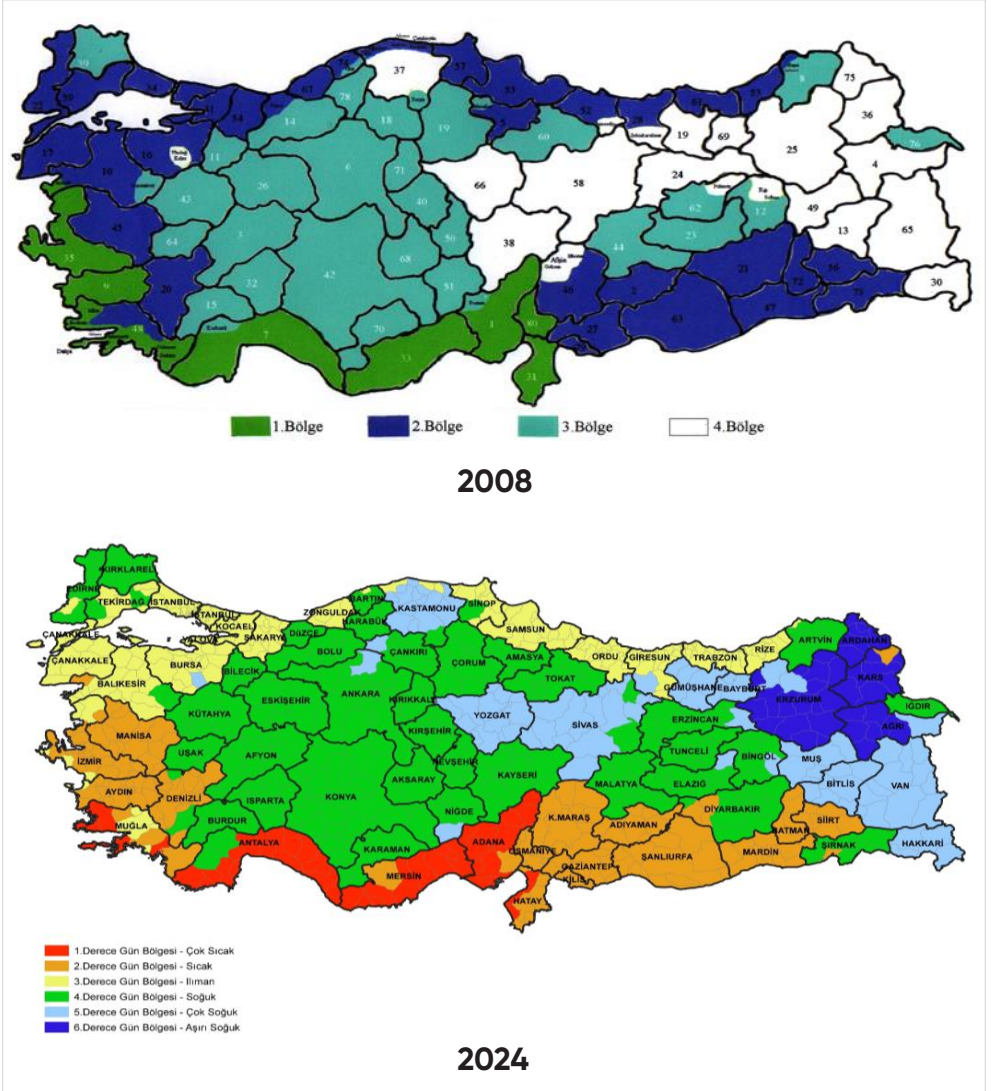
Bu çalışmada sunulan sektörler ve talep hizmetleri odaklı analizlerde, binaların, özellikle ısıtma ve soğutma enerji talepleriyle, en yüksek enerji verimliliği potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Binaların genelinde, en verimli çözümlerin değerlendirilmesi durumunda %40-60 oranında verimlilik artışı potansiyeli bulunduğu tespit edilmektedir. Türkiye'nin konut binalarının önemli bir bölümünün eski oluşu, özellikle bu alanda odaklı ve büyük ölçekli dönüşüm ve yatırım programlarının hayata geçirilmesini gerektirmektedir. Envanter çalışmalarına göre, on bir milyon civarındaki stokun, üçte-ikisinden fazlası 2000 yılı öncesinde inşa edilmiştir. Bu binaların E ve daha düşük performans düzeyinde olduğu değerlendirilmektedir. 2011 yılından itibaren, Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği ve Enerji Kimlik Belgesi uygulaması ile birlikte inşa edilen ve asgari C seviyesinde olan bina sayısının ise 1,5 milyon civarına ulaştığı görülmektedir. Bu değerler, enerjide verimli büyüme için kritik zorluklara ve fırsatlara işaret etmektedir. Konut binaları hane halkı sayılarına göre irdelendiğinde ise, toplam hane halkının yaklaşık üçte-birinin 1980 öncesi inşa edilen konutlarda ikamet ettiği, yaklaşık yarısının ise 2000 yılı öncesi binalarda yaşadığı görülmektedir (Şekil 8.4). Bu durumun, özellikle bu spektrumda yer alan konut binaları ve tüketiciler için, enerjiye erişim ve enerji maliyetleri bakımından bazı zorluklar getirdiği bilinmektedir.

Şekil 8.4. Mesken Binalarının Yaş Durumunun Hanehalkı Sayısına Göre Dağılımı (%)



Kaynak: TÜİK, 2024

Şekil 8.5. TS825 Standardında İklim Bölgeleri



Kaynak: İZODER

Son dönemde binalarda enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik en önemli gelişmelerden birisi, TS825 standardının, teknolojik gelişmeler, iklim dinamikleri ve verimlilik fırsatları dikkate alınarak güncellenmesidir. Öncesinde sadece ısıtma talebine odaklı yürütülen uygulamanın çerçevesi, yeni düzenleme ile soğutma taleplerini de içerecek şekilde genişletilmiştir. Böylelikle mevcut ve gelecekteki talep dinamikleri ile uyumlu bir çerçeve oluşturulmuştur. Önceki düzenlemede dört olan bölge sayısı, daha detaylı analizlerle altıya yükseltilmiştir (Şekil 8.5). Yeni yapılacak binalarda yıllık enerji tüketimini ortalama 120-150 kWh/m²-yıl seviyesinden 70-90 kWh/m²-yıl seviyesine düşürmektedir (İZODER, 2025). Böylelikle enerji limitleri, Türkiye ile benzer iklim özelliklerine sahip gelişmiş ekonomilerdeki standartlara daha yakın bir noktaya gelmiştir. IİCEC, TS825 standardında gerçekleştirilen revizyonun Türkiye'nin enerji verimliliği potansiyelinin değerlendirilmesi bakımından önemli bir adım olduğunu değerlendirmekte, mevcut binalarda verimli dönüşümün sağlanabileceği programların ve buna uygun finansman seçeneklerinin de geliştirilmesini önermektedir. Buna yönelik olarak, bina envanterlerinin, türlerinin ve enerji tüketim profillerinin, bölgesel sıcaklık farklılıkları da gözetilerek hazırlanması gerekmektedir. Farklı bina tipolojilerine göre kıyaslama çalışmaları, verimsiz ve daha verimli uygulamaların değerlendirilmesini ve iyileşme alanlarının tespitini sağlayacaktır. Böylelikle birim enerji tüketimlerinin ve yeni binalar için limit değerlerle farklarının ortaya çıkarılması yoluyla, yalıtım performansını geliştirecek teknik ihtiyaçlar ve yatırım gereksinimleri belirlenebilecektir. Kentsel dönüşümün, konutlarda verimlilik dönüşümü için önemli bir fırsat olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Gerekli finansman ihtiyacının karşılanması, uygun finansmanlı seçeneklerin ve finansal desteklerin oluşturulması yönünde çalışmaların sürdürülmesi ile olanaklı olabilecektir. Bu kapsamda kamu, bankalar, uluslararası finans kuruluşları ve sektörel paydaşlar iş birliklerinde yeni finans modellerinin gelişimi, binalarda enerji verimliliği potansiyelini daha hızlı oranda ekonomiye kazandırabilecektir.

Binalarda enerji dönüşümü bakımından kritik bir diğer gelişme ve iyileşme alanı ise Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar (NSEB) uygulamalarının zaman içerisinde yaygınlaştırılması perspektifidir. Eylem Planı, 2030 yılına kadar olan dönemde yaklaşık sıfır enerjili bina kriterlerinin gözden geçirilmesini hedeflemektedir. Türkiye 2053 Uzun Dönemli İklim Stratejisi'nin öncelikli hedefleri içerisinde de yer alan bu başlıkta ilerlemeler, toplam bina stokunun ortalama verimini yükseltecektir. Özellikle hastaneler, AVM'ler, iş merkezleri gibi enerji tüketimleri yüksek olan ticari binalarda yeni yapıların bu yönde gelişmesi, hizmet sektörünün enerji yoğunluğunu önemli oranda düşürebilecektir.

Kamu binaları da enerji verimliliği stratejisinin önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. 2030 yılına kadar, enerji yöneticisi görevlendirmekle yükümlü kamu binalarında %30 enerji tasarrufu sağlanması hedeflenmektedir. Kamu binalarında Enerji Performans Sözleşmeleri (EPS) modelinin uygulanabilmesi yönünde teknik, kurumsal ve finansal düzenlemeler, verimlilik fırsatlarını ve yatırım portföyünü büyütecektir.

Bu yönde bir diğer önemli hedef, 2026 yılından sonra inşa edilecek ve toplam inşaat alanı 10.000 m²'nin üzerinde olan yeni kamu binalarının yeşil bina sertifikasına sahip olması gerekliliğidir. İçme suyu ve atık su gibi belediye hizmetlerinde enerji verimliliği etütlerinin yaygınlaşması ve enerji kayıplarını azaltıcı yatırımların gerçekleştirilmesi, enerji verimliliğini güçlendirecektir. Türkiye'nin enerjide verimli büyüme için önemli bir başka fırsat alanı ise genel aydınlatmada LED kullanımının yaygınlaştırılmasıdır. Bu yönde yıllık bazda somut hedefler tanımlanmıştır. Dönüşüm programında, verimli aydınlatma teknolojilerine ek olarak otomasyon ve akıllı sistemlerin entegrasyonu verimlilik artışlarını güçlendirecektir. EPS modeli, kapsamlı bir dönüşümün finansmanı bakımından avantajlar getirebilecektir. Aydınlatma ve elektrikli ev aletleri, binalarda enerji tüketiminin %60'ını ve toplama elektrik talebinin yaklaşık üçte-birini oluşturmaktadır. Artan nüfus, kentleşme ve hizmet sektörlerinde büyüme, elektrikli cihazlarda büyümeyi beraberinde getirecektir. Bu büyümenin en verimli cihazların ve ekipmanların kullanımı ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Eylem Planında tanımlanan, Bina Sektörü Enerji Verimliliği Teknoloji Atlası çalışması, bu alanda envanter tespiti sağlayarak, sınıfındaki en iyi performansa sahip enerji tüketen ekipmanların ve cihazların kullanımının yaygınlaştırılması için önemli bir baz oluşturacaktır. Ev otomasyon sistemlerinin, akıllı bina uygulamalarının, akıllı sayaçların ve dijital teknolojilerin kullanımı, düzenlemeler ve finansal teşvikler yoluyla artırılabilir. Enerji fiyatlarında kademeli tarife uygulamaları, bu tür sistemlere olan farkındalığı ve yönelimi güçlendirebilecektir.

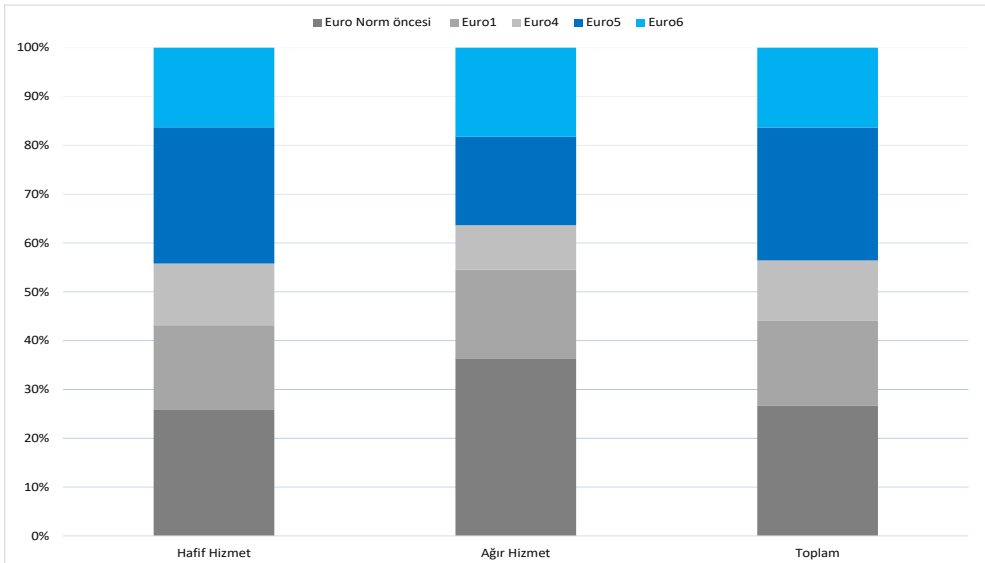
8.7. Ulaştırma ve Mobilite

Türkiye'nin ulaşım sektöründe enerji, fosil yakıt ve karbon yoğunluğunun temel belirleyicisi halen yüksek oranda petrol ürünlerine dayalı olarak gerçekleşen karayolu yolcu ve yük taşımacılığının toplam ulaşım aktivitesi içerisindeki yüksek payıdır. Şehir içi ve şehirler arası ulaşım aktivitesine bütüncül bir bakış geliştiren IIEC modelinde, karayolu ulaşımının toplam ulaştırma aktivitesindeki payının %90'ın üzerinde olduğu görülmektedir. Motorlu taşıt parkında gençleşme devam etmektedir. Son dönemde satışlarda hibrit ve elektrikli araçların payı hızla artmaktadır. Bu gelişmeler, araç filosunun ortalama enerji verimliliğini yükseltmektedir. Bununla birlikte, gerek hafif araçlarda, gerekse de ağır ticari araçlarda araç filosunun yaklaşık yarısı, Euro4 öncesi araçlar olup 14 yaşı'nın üzerindedir (Şekil 8.6). Bu taşıtların, piyasadaki en verimli taşıtlar ile değişimi durumunda yakıt veriminde önemli iyileşmeler sağlanabilecektir. Örneğin, otomobil ve hafif araçlarda bu yönde bir değişim, araç başına ortalama 5 litre/100 km yakıt tasarrufu getirebilecektir. Bir otomobilin yılda ortalama 13.000 km kat ettiği dikkate alındığında, otomobil başına yıllık tasarruf 65.000 litreye ulaşabilmektedir. Ortalama bir ağır ticari araçta yakıt tasarruf potansiyeli gerek aktivite büyüklüğü gerekse potansiyel verim farkı nedeniyle çok daha yüksektir. IIEC, Eylem Planında da sunulduğu üzere, eski ve verimsiz araçlara yönelik bir yenileme programının hayata geçirilmesini önermektedir.

Bu tür bir program, ithalat faturasında ve emisyon envanterinde güçlü düşüşler sağlayabilecektir. Buna ek olarak, araçlarda vergi ve teşvik sistemlerinin yakıt verimliliğine göre farklılaştırılması yönünde fayda, maliyet ve etki analizlerinin yapılmasının da çok yönlü enerji, ekonomi ve iklim katkıları sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Türkiye'nin emisyon envanterinde elektrik üretimini takiben en yüksek paya sahip olan ulaşımda enerji verimliliğinin artırılması yönünde diğer kritik fırsat alanları, elektrikli araçlarda yaygınlaşma, karayolundan daha verimli demiryolları ve denizyollarına geçişler ve kentsel ulaşımda toplu taşıma ve verimli mikro mobilite fırsatlarının yaygınlaştırılabilmesidir (IICEC, 2021). Bunu temin etmek üzere, ulaşım ve lojistik altyapılarını ve bağlantılarını esas alan bütüncül bir mobilite gelişim planının, teknoloji-odaklı olarak hayata geçirilmesi önerilmektedir (OECD, 2022; Rodrigue, 2024). Ulaştırma sektörü, tüm dünyada olduğu gibi, araç sayısının büyüklüğü ve çeşitliliği, yolcu ve yük ulaşım aktivitesinin coğrafi dağınıklığı ve konsantrasyonu gibi faktörler nedeniyle veri toplanmasının ve analizinin en zor olduğu sektörlerin başında gelmektedir. IICEC, özellikle kentsel ulaşımda enerji verimliliği performansının, enerji tüketiminin ve ulaşım tercihlerinin detaylı olarak analiz edilebilmesini sağlayacak bütüncül veri altyapılarının geliştirilmesini önermektedir.

Şekil 8.6. Hafif ve Ağır Motorlu Taşıtların Emisyon Seviyeleri ve Yaşları



Kaynak: TÜİK, 2025

8.8. Sanayi

Sanayi sektörü, tüketici sektörler içerisinde enerji verimliliği uygulamalarının en yaygın olduğu sektör durumundadır. Enerji maliyetlerinin toplam girdi maliyetleri içerisindeki payı, sanayi sektörlerinin rekabetçilik dinamikleri, son dönemin karbon ve sürdürülebilirlik trendleri, sanayide enerji verimliliği odağını güçlendirmektedir. Özellikle enerji yoğunluğunun, dolayısıyla enerji maliyetlerinin etkisinin yüksek olduğu, aynı zamanda fosil yakıt ve emisyon yoğunlukları da ortalamanın üzerinde olan, çimento, demir-çelik, seramik, cam gibi sektörlerde enerji yoğunluğunun azaltılması yönünde önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bu gelişmelerin sürdürülmesi ve tüketici sektörlerin genelinde daha fazla yaygınlaştırılması, sanayide enerji verimliliği potansiyelinin değerlendirilme hızını artıracaktır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), enerji yoğunluğu yüksek sektörlerde enerji yönetimi, izleme, analiz ve talep projeksiyonları çalışmaları kapsamında sektörel kıyaslama raporları hazırlamaktadır. Böylelikle, sektörler bazında spesifik enerji tüketimi göstergeleri oluşturulmaktadır. 2024 yılında çimento, demir-çelik, cam, seramik, tekstil, kağıt, şeker ve bina sektörlerinde kıyaslama raporları yayımlanmıştır (ETKB, 2025). Bu raporlar, tasarruf potansiyellerinin belirlenmesini ve iyi uygulama örneklerinin artışı desteklemektedir. Sektörel kıyaslama çalışmalarının enerji yoğun imalat dışındaki sektörlerde de yaygınlaştırılması, enerjide verimli büyüme fırsatlarını güçlendirecektir.

Sanayi sektörleri, üretim süreçleri ve teknoloji envanterleri bakımından farklı karakteristiklere sahiptir. Dolayısıyla, enerji verimliliği uygulamalarında sektörel ihtiyaçlara yanıt verebilen detaylı analizlerin ve bunlara uygun iş modellerinin, yatırımların ve teknolojik dönüşümün gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sektörde öncü nitelikte bir çalışmada, toplam 14 sektörde dört yüzün üzerinde etüt çalışmasının sonuçları raporlanmış, sektörler genelinde verimlilik artışları yönünde güçlü bir potansiyel olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmaya göre, enerji verimliliği yatırımları ortalama üç yıl geri dönüş süresi sunmaktadır⁷ (ESCON, 2023). Elektrik ve doğal gaz fiyatlarında artış durumu bu süreyi daha erkene çekebilmektedir. Tasarrufların gerçekleştirilmesi ve aynı birim çıktının daha az enerji tüketimi ile sağlanabilmesi, fosil yakıt fiyatlarında belirsizliklerden kaynaklanan risklerin ve ilave maliyetlerin yönetimi kapsamında faydalar sağlarken, gelecekte karbon emisyonlarının fiyatlandığı bir senaryoda söz konusu yatırımların fizibilitesinde ek iyileşmeler de sağlanabilecektir.

Sanayi sektörlerinde atık ısı potansiyelinin değerlendirilmesi yönünde önemli fırsatlar bulunmaktadır (World Bank, 2022). Özellikle çimento ve demir-çelik gibi yüksek sıcaklık gerektiren üretimlerde atık ısı geri kazanımı yoluyla birincil enerji tüketiminde ve karbon yoğunluğunda önemli düşüşler sağlanabilecektir. Atık ısı enerjisinin talep hizmetlerinde uygun maliyetli bir faydalı enerji girdisi olarak değerlendirilmesi, Organize Sanayi Bölgelerinde (OSB) ve sanayi tesislerinin kümелendiği yerlerde tüketimin optimizasyonunu ve toplam ısı talebinin azaltımını sağlayabilecektir.

⁷ 411 fabrika, 23 ticari bina

Bu alanda yapılacak yeni yatırımlar, kömür ve doğal gaz tüketimlerini azaltarak ithalat faturasını ve toplam enerji maliyetlerini düşürecek, aynı zamanda temiz elektrifikasyonu destekleyecek elektrik üretim kapasitesinde gelişimi de artıracabilecektir.

Sanayide enerji tüketimi için bir diğer odak alanı, Türkiye'nin sanayi elektrik tüketiminin yaklaşık %70'ini ve toplam net elektrik tüketiminin yaklaşık üçte-birini oluşturan üç fazlı asenkron elektrik motor sistemleridir. Bir elektrik motorunun yaşam döngüsünün toplam maliyet bileşenleri içerisinde enerji tüketiminin payı %97'ye kadar ulaşabilmektedir. Yapılan envanter çalışmalarına göre, belirlenmiş elektrik motor sistemlerinin yüksek verimli sistemlere dönüşümü yoluyla 30 TW-saat üzerinde tasarruf sağlanabileceği hesaplanmaktadır⁸. Elektrik motorları ve fan ve pompa gibi değişken hız sürücülü sistemlerde enerji verimliliğinin geliştirilmesine yönelik fayda, maliyet ve etki analizlerinin gerçekleştirilmesi, gelişim alanları ve ihtiyaçları belirleyerek tüketimi düşürecektir. Özellikle KOBİ'lerde enerji verimliliği farkındalığının ve finansmana erişimin geliştirilmesi yoluyla söz konusu potansiyel değerlendirilebilecektir.

Son dönemde geliştirilen Responsible Programı, sanayi sektörlerinin sürdürülebilirliğinin geliştirilmesi kapsamında öne çıkan faaliyetler arasında yer almaktadır (STB, 2024). Şirketlerin AB Yeşil Mutabakatına yönelik uyum kapasitelerinin desteklenmesini hedefleyen bu programda, sürdürülebilirlik yol haritalarının hazırlanması çerçevesinde verimlilik stratejilerine de vurgu yapılmaktadır. Bu tür programların yaygınlaşması, kurumsal kapasiteyi güçlendirirken enerji verimliliği iyileştirmelerinin görünürlüğünün artırılmasına, iyi uygulamaların ve iş modellerinin yaygınlaştırılmasına ve farkındalığın gelişimine de önemli katkılar sağlayabilecektir.

Sanayiye bütüncül olarak bakıldığında, Ar-Ge ve imalat yetkinliklerinin gelişiminde de enerji verimliliği yüksek teknolojiler bakımından kritik fırsatlar bulunduğu değerlendirilmektedir. VAP proje envanteri büyütülürken, yenilikçi teknoloji alanlarına destek miktarlarının artırılması hedefinin, teknoloji ve katma değeri yüksek gelişim için önemli uzun dönemli kazanımlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Gelişmekte olan Türkiye ekonomisinin GSYİH büyümesi içerisinde sanayi sektörlerine ek olarak, tarım sektörünün de önemli rolünü sürdürmesi beklenmektedir. Tarımda enerji yoğunluğunun azaltılması için bütüncül enerji verimliliği programlarının ve özel desteklerin hayata geçirilmesi önerilmektedir. Enerji verimliliği düşük olan tarımsal ekipmanların yenilenmesine yönelik bir destek programı, paylaşımlı ekipman kullanımı gibi modeller enerji tüketiminde fosil yakıt ve emisyon yoğunluğunu azaltarak Türkiye enerji sektörünün daha sürdürülebilir büyümesini güçlendirecektir. Tarımda enerji tüketiminde sulama talebi ve bununla bağlantılı elektrik tüketimleri de önemli ağırlığa sahiptir. Verimli sulama sistemlerinin yaygınlaşmasına yönelik davranış değişiklikleri ve sulama ekipmanlarında yüksek verim artışları yoluyla su ve enerji verimi eş zamanlı olarak yükseltilebilecektir.

⁸ Bu değer Türkiye'nin mevcut elektrik tüketiminin yaklaşık onda-birine karşılık gelmektedir.

8.9. Elektrifikasyon ve Doğrudan Yenilenebilir Enerji

Çalışmada sunulan verimli gelişim perspektifi içerisinde, nihai tüketim sektörlerinde ve talep hizmetlerinde fosil yakıt ikamesi sağlayan elektrifikasyon ve yenilenebilir ısı çözümleri, enerjide verimli büyümeye önemli katkılar sunacaktır. Çalışmada sunulan Verimli Büyüme Senaryosunda 2053 yılında nihai enerji talebinde elektrik enerjisi ve yenilenebilir enerji payı iki katın üzerinde artışla üçte-ikiye ulaşmaktadır. Özellikle binalarda ve sanayide ısı pompası teknolojilerinde yaygınlaşma, veri merkezleri talebinde büyüme, binalarda artan cihaz ve ekipman tüketimleri, karayolu ve demiryolu ulaşımında elektrifikasyon, tüm tüketici sektörlerde uygun sıcaklıkta jeotermal enerji ve güneş enerjisi kullanımında artışlar ve ulaşımında biyoyakıt tabanlı sürdürülebilir havacılık yakıtlarının büyümesi yoluyla nihai enerji tüketim sektörlerinin enerji verimliliğinde ve fosil yakıt yoğunluğunda güçlü düşüşler sağlanabilmektedir. Türkiye'nin yüksek yenilenebilir enerji potansiyeli, tüketimde verimli ısı çözümlerinin gelişim olanaklarını zenginleştirmektedir (IIEEC, 2023) (Şekil 8.7, Şekil 8.8 ve Şekil 8.9)

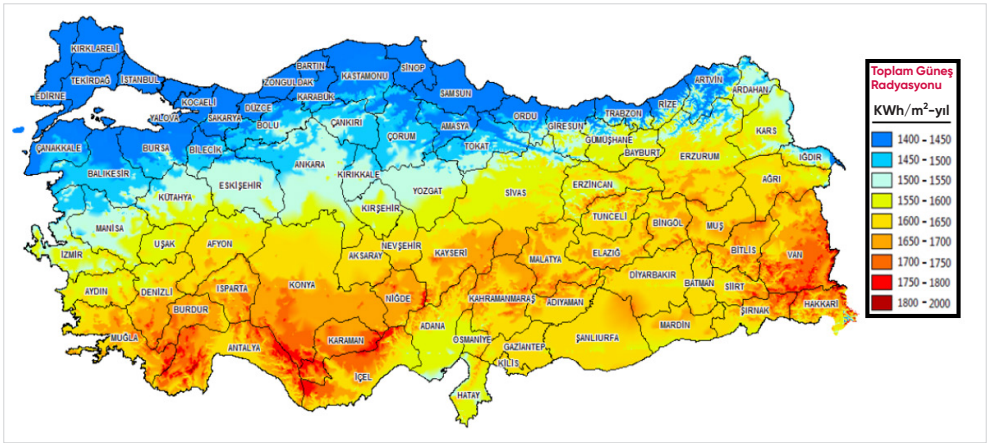
2035 Yenilenebilir Enerji Yol Haritası hedefleri, rüzgar ve güneş potansiyelinin daha hızlı değerlendirilmesine yönelik kritik bir açılım sağlarken, ısı potansiyelinin belirlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik çok yönlü teknik, düzenleyici ve ekonomik hazırlıklar da bu dönüşümü güçlendirmektedir. Elektrifikasyonda beklenen hızlı büyüme kapsamında, şebekelerin ve bütüncül elektrik sisteminin esnekliğinin ve iklim direncinin artırılmasına yönelik yatırımlar ve iş modelleri, geleceğin enerji sisteminin kritik başarı faktörlerinden birisi olacaktır. Elektrik dağıtımında yıllık yatırım büyüklüğü 2-2,5 milyar \$ seviyesine ulaşmıştır. Bununla birlikte, Türkiye'nin dağıtım şebekesi büyüklüğünün Avrupa'nın yaklaşık onda biri olduğu ve dünya toplamının %1,5'luk bölümüne karşılık geldiği dikkate alındığında, önümüzdeki dönemde dağıtım şebekelerine yılda asgari ortalama 5 milyar \$ yatırım ihtiyacı olduğu hesaplanmaktadır (IEA, 2024b; IIEEC, 2024). İletim sisteminin gelişimi de dikkate alındığında, depolama ihtiyaçları dahil şebekelerin toplam yatırım ihtiyacının yılda 10 milyar \$ seviyesine kadar ulaşabileceği hesaplanmaktadır.

Özellikle kesintili üretimin payında artış ve talep tarafında e-mobilite gelişmeleri, mevcuda göre daha dağınık ve karmaşık bir elektrik sisteminin güvenli ve sürdürülebilir koşullarda büyümesinin kritik önemini artırmaktadır. Şebekelerin gelişiminde öncelikli iyileşme alanları arasında akıllı sayaç sistemlerinin yaygınlaşması önemli rol oynayacaktır. Özellikle büyük tüketicilerde, Eylem Planında tanımlı akıllı sayaç hedeflerinin, akıllı sistemlerin ve dijitalleşme yetkinliklerinin gerçekleştirilmesi, elektrik sistemlerini geleceğe hazırlarken talep yönetimi ve enerji verimliliği faydalarını da artıracaktır.

Şekil 8.7. Nihai Enerji Tüketiminde Yenilenebilir Enerjide Yüksek Potansiyel Alanları

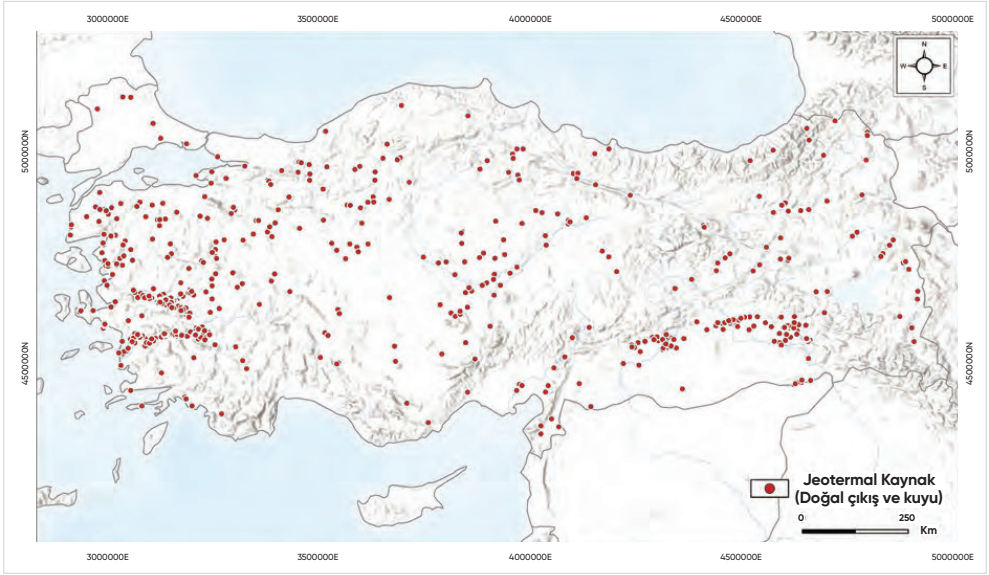


Şekil 8.8. Türkiye Güneş Atlası



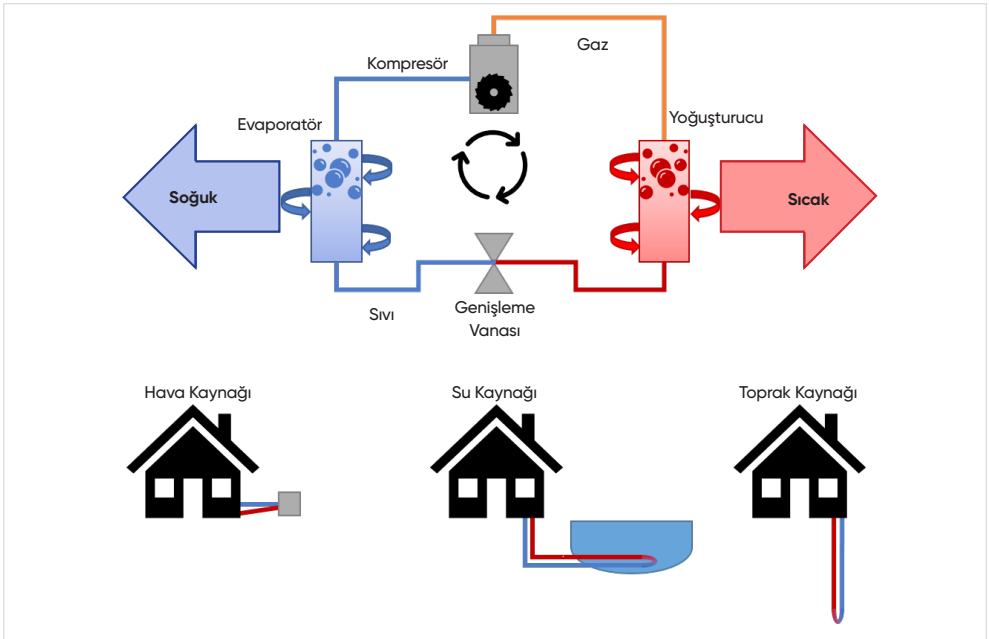
Kaynak: ETKB, 2022

Şekil 8.9. Türkiye Jeotermal Kaynak Dağılımı (Doğal Çıkışlar ve Kuyular)



Kaynak: MAPEG, 2022

Şekil 8.10. Isı Pompası Sistemine Genel Bakış



Kaynak: West Suffolk Council

8.10. Verimli Isı Çözümleri

Türkiye'nin toplam nihai enerji talebinin yaklaşık yarısı ısı formunda gerçekleşmektedir. Bu kapsamda özellikle proses ısısı, bina ısıtma ve seracılık gibi aktiviteler önemli paya sahiptir. Önümüzdeki dönemde beklenen sıcaklık artışları ve soğutma sistemlerinde yaygınlaşma, soğutma amaçlı enerji tüketiminin rolünü de daha ağırlıklı duruma getirecektir. Örneğin, gıda tedariki soğuk zincirlerinde iklimlendirme ihtiyaçları güçlenerek devam edecektir.

Son dönemde ısı tüketiminde verimsizliklerin azaltılması ve ısı talebinin artan oranlarda yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak karşılanması yönünde önemli adımlar atılmaya başlanmıştır. Eylem Planı, ısı piyasalarının oluşturulmasından atık ısı potansiyelinin değerlendirilmesine, ısı pompası sistemlerinin yaygınlaşmasından endüstriyel simbiyoz uygulamaları yoluyla ısı tüketimi optimizasyonuna kadar geniş bir spektrumda, artan ısı talebinin daha verimli yönetimi için önemli eylemler tanımlamaktadır. Bu kapsamda, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı olarak, ısıtma ve soğutma taleplerine yönelik bir dijital haritanın hazırlanması, ısı pompası çözümlerinin öncelikli bölgelerden ve tüketici sektörlerden başlayarak yayılımını hızlandıracaktır.

Isı pompası sistemleri, sahip oldukları yüksek verimlilik avantajları ile geleneksel ısıtma ve soğutma sistemlerine göre 3-4 kat daha verimlidir (Şekil 8.10). Diğer bir ifadeyle, birim ısı ihtiyacı dört birim fosil yakıt yerine bir birim elektrik enerjisi girdisi ile sağlanabilmektedir. Isı pompası uygulamalarında iyi örneklerin sayısı ve çeşitliliği artmakla birlikte, piyasanın henüz ilk gelişim aşamasında olduğu görülmektedir (İSKİD, 2024). Elektrik ve doğal gaz fiyatlarının gelecekte gelişiminin ve ısı pompası odaklı destekleme modellerinin değerlendirilmesinin, ısı pompası kullanımının geleceğinde belirleyici olması beklenmektedir. Dünyada toplam ısıtma ve soğutma talebinin yaklaşık %10'unun ısı pompası teknolojileri ile karşılandığı dikkate alındığında, Türkiye'nin güçlü yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli ile birlikte bu alanda güçlü gelişmeler sağlayabileceği değerlendirilmektedir (IEA, 2024c; IEA, 2024d; IIEEC, 2023).

8.11. Altyapılar ve Yapısal Dönüşüm

Bölüm 6'da sunulduğu gibi, Türkiye ekonomisinin enerji yoğunluğunun düşürülmesi, teknik verimlilik ve yakıt ikamesi gelişmelere ek olarak tüketici sektörlerde yapısal dönüşümü de gerektirecektir. Verimli Büyüme Senaryosunda, orta ve uzun dönemde sanayi sektörlerinin yapısında ve ulaşımın modlar arası dağılımında, ekonomi, sanayi ve ulaştırma politikaları ve hedefleriyle de uyumlu şekilde bazı dönüşümler gerçekleşmektedir.

Sanayi sektörlerinde enerji verimliliğinin geleceği bakımından önemli bir başlık, halihazırda enerji yoğunluğu oldukça yüksek olan imalat sanayinin zaman içerisinde yapısal dönüşüm hızı ve bununla bağlantılı yakıt ve teknoloji yönelimleri olacaktır. Yüksek katma-değerli, teknoloji-yoğunluğu daha yüksek, buna karşın enerji yoğunluğu daha düşük imalat sanayi yapısına geçiş, sanayi sektörünün toplam enerji yoğunluğunda enerji verimliliğinin ötesinde ilave düşüşler sağlayabilecektir. Ulaşımda demiryollarının payında artış ve tarım ve gıda sektörlerinde daha verimli enerji değer zincirlerinin gelişimini sağlayacak yapısal iyileşmeler de Verimli Büyüme Senaryosunda sunulan gelişim patikasını ve çok yönlü enerji, ekonomi ve iklim faydalarını desteklemektedir.

8.12. Enerjide Verimli Büyümede Küresel Liderlik

Çalışmanın genelinde sunulduğu gibi, Türkiye'nin son dönemde enerji yoğunluğunda azaltım performansı, dünya ortalamasının oldukça üzerinde gerçekleşmektedir (Türkiye'de 2022 yılında %6 ve 2023 yılında %4'ün üzerinde, dünya ortalaması ise aynı dönemde %2 ve %1). Güçlenen politika odağı, gelişen yeni iş modelleri, özellikle sanayi sektörlerinde verimlilik iyileştirici projeler ve ulaşımda güçlenen elektrifikasyon, enerjide son dönemde daha verimli büyümeyi desteklemektedir. Dünya genelinde enerji yoğunluğunda iyileşme hızı 2024 yılında da %1 seviyesinde gerçekleşmiştir (IEA, 2025c). Türkiye, son dönemdeki gelişmelerin sürdürülmesi ve 2030 Stratejisi ve Eylem Planı hedeflerinin hayata geçirilmesiyle kişi başına enerji tüketiminde artışları kademeli olarak daha düşük birincil enerji yoğunlukları ile sağlayabilecektir. Enerji değer zincirinde gelişen verimlilik, gelişmekte olan ekonomide büyümenin, sosyal gelişimin ve enerjiye rekabetçi ve adil koşullarda erişimin itici gücü olacaktır. Verimli büyüme fırsatlarının, teknolojiyi, yenilikçiliği ve dijitalleşmeyi odağına alan iş modelleri ile birleştirilmesi, gelişen bölgesel rekabet dinamikleri içerisinde yeni açılımlara da zemin oluşturabilecektir. Örneğin inovasyon, Ar-Ge ve imalat yetkinliklerinde güçlenme, talebi artan enerji verimliliği teknolojilerinin tedarik zincirlerinde konumlanma ve ihracat olanaklarını beraberinde getirebilecektir.

Türkiye, enerji arz güvenliği, enerji bağımsızlığı ve net-sıfır emisyon hedeflerinde önemli bir dönemden geçerken, enerji verimliliğinin çok yönlü enerji, ekonomi ve iklim faydalarından azami fayda sağlamak yönünde güçlü bir potansiyele sahiptir. Çalışmada sunulan Verimli Büyüme Senaryosu ve gelişim alanlarındaki iyileşmeler, Türkiye'nin enerji verimliliği performansında küresel ölçekte örnek olma konumunu pekiştirecektir. Bu yönde ilerlemeler, Türkiye'nin büyüyen, çeşitlenen ve derinleşen enerji piyasaları ile birlikte enerjide merkez ülke ve ticaret merkezi vizyonunu da destekleyecektir.

8.13. IIEEC Önerileri

IIEEC, Türkiye'nin enerji verimliliğinde yüksek potansiyeli ve enerjide verimli büyüme fırsatlarıyla çok yönlü enerji, ekonomi ve iklim faydalarının değerlendirilmesi için,

1. Güçlü talep dinamikleri içerisinde, enerji güvenliği, enerji bağımsızlığı ve enerji dönüşümü hedeflerinin, enerji verimliliği politikaları, stratejileri ve yol haritaları ile desteklenmeye devam edilmesini,
2. Enerji verimliliği bilincinin ve farkındalığının artırılmasını, enerjinin verimli kullanımını özendirecek davranış değişikliklerinin sağlanmasını, sosyal boyutu ve enerjiye adil erişimi de gözeterek verimli ve rekabetçi enerji piyasaları gelişiminin sürdürülmesini,
3. Yatırım büyüklüğünü ve çeşitliliğini artıracak yenilikçi finansman mekanizmaları ve iş modelleri ekseninde paydaşlar arasında iş birliklerinin geliştirilmesini,
4. Ölçme ve izleme sistemlerinin yaygınlaştırılmasını, veri analitiği, dijitalleşme ve yapay zeka fırsatlarıyla enerji verimliliği kazanımlarının değerlendirilmesini,
5. Binalara yönelik kapsamlı bir envanter hazırlanarak, eski konutlar başta olmak üzere enerji performansının güçlendirilmesine yönelik dönüşüm programının ve yol haritasının hayata geçirilmesini,
6. Yolcu ve yük taşımacılığında, elektrikli mobilite, taşıt filosunun gençleştirilmesi, modlar arası geçişler, mikro mobilite ve bütünleşik ulaşım perspektifleriyle, çok yönlü yakıt ve enerji verimliliği fırsatlarının değerlendirilmesini,
7. Sanayide enerji verimliliği performansını, rekabetçiliği, katma değeri güçlendiren desteklerin sürdürülmesini, kıyaslama çalışmalarının, iyi uygulamaların, verimli teknolojilerin sektörler genelinde yaygınlaştırılmasını,
8. Temiz elektrifikasyonun, jeotermal ve güneşten yenilenebilir ısı enerjisinin yaygınlaşması yoluyla fosil yakıt ikamesi, teknik enerji verimi ve karbon faydalarının hızla değerlendirilmesini,
9. Isıtma ve soğutma taleplerinin daha verimli yönetilebilmesi için etkin bir ısı piyasasının oluşturulmasını, özellikle yerli ve yenilenebilir kaynaklara dayalı bölgesel ısıtma ve soğutma, atık ısı ve ısı pompası uygulamalarına işlerlik kazandırılmasını,
10. Ulaşım ve şehircilik altyapılarına, sanayide teknoloji-yoğun ve yüksek katma-değerli yapısal dönüşüme, sürdürülebilir tarım ve gıda tedarikine ilişkin uzun vadeli planlamalarda enerji ve kaynak verimliliği potansiyellerinin değerlendirilmesini,
11. Enerji verimliliğini merkeze alan politika ve stratejilerin sürdürülmesiyle, küresel ölçekte örnek bir liderlik konumuna erişilmesini önermektedir.

Referanslar

- Arch Daily (2023), The Energy Efficiency Policy Package: Key Catalyst for Building Decarbonisation and Climate Action
<https://www.archdaily.com/1001819/the-energy-efficiency-policy-package-key-catalyst-for-building-decarbonisation-and-climate-action>
- ESCON (2023), Türkiye Sanayisinin Enerji Verimliliği Raporu 2
<https://www.escon.com.tr/hakkimizda.html#yayinlar>
- European Cluster Collaboration Platform (ECCP) (2019), Artificial Intelligence Improves The Energy Efficiency Of Buildings
<https://www.clustercollaboration.eu/content/artificial-intelligence-improves-energy-efficiency-buildings>
- European Commission (2025), Energy Efficiency First Principle
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-first-principle_en
- İklimlendirme Soğutma Klima İmalatçıları Derneği (İSKİD) (2024), Türkiye Isı Pompası Referansları
<https://iskid.org.tr/turkiye-isi-pompalari-referanslari-yayinlandi/>
- International Energy Agency (IEA) (2019), Energy Efficiency 2019
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2019>
- International Energy Agency (IEA) (2024a), Energy Efficiency Policy Toolkit 2024
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-policy-toolkit-2024>
- International Energy Agency (IEA) (2024b), Electricity Grids and Secure Energy Transitions, Executive Summary
<https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions/executive-summary>
- International Energy Agency (IEA) (2024c), Solar Heating and Cooling Programme, Solar Heating Worldwide 2024 Edition
https://www.flipsnack.com/ieashc/iea_shc_solar_update_newsletter-issue79-july-2024/full-view.html
- International Energy Agency (IEA) (2024d), The Future of Geothermal Energy
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/cbe6ad3a-eb3e-463f-8b2a-5d1fa4ce39bf/TheFutureofGeothermal.pdf>

- International Energy Agency (IEA) (2025a), Behavioural Changes
<https://www.iea.org/energy-system/energy-efficiency-and-demand/behavioural-changes>
- International Energy Agency (IEA) (2025b), ESCO contracts
<https://www.iea.org/reports/energy-service-companies-escos-2/esco-contracts>
- International Energy Agency (IEA) (2025c), Global Energy Review 2025
<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025>
- Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği (İZODER) (2025), Yeni TS 825 Standardı ve Sektörümüze Etkileri
<https://www.izoder.org.tr/dosyalar/IZODER%20TS%20825%20Sektorel%20Bilgilendirme.pdf>
- MAPEG (2022), Türkiye Jeotermal Kaynaklar Strateji Raporu
<https://www.mapeg.gov.tr/Home/Announcement/1424>
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) (2022), Mode Choice in Freight Transport
https://www.oecd.org/en/publications/mode-choice-in-freight-transport_3e69ebc4-en.html
- Rodrigue, J. (2024), The Geography of Transport Systems, Chapter 5.1 – Transportation Modes, Modal Competition and Modal Shift
<https://transportgeography.org/contents/chapter5/transportation-modes-modal-competition-modal-shift/>
- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2021), Türkiye Elektrikli Araçlar Görünümü
<https://iicec.sabanciuniv.edu/tr/tevo>
- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2022), Türkiye Yenilenebilir Enerji Görünümü
<https://iicec.sabanciuniv.edu/treo>
- Sabancı University Istanbul International Center for Energy and Climate (IICEC) (2024), IICEC Energy & Climate Research Review Issue 2
https://iicec.sabanciuniv.edu/sites/iicec.sabanciuniv.edu/files/2024-10/IICEC%20Energy%20%26%20Climate%20Research%20Review%20Issue%202024_1.pdf
- Solar Heat Europe (ESTIF) (2023), Solar Heat: What is it?
<https://solarheateurope.eu/about-solar-heat/solar-heat-what-is-it/>

- Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete (2025), TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı ile İlgili Tebliğ
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2025/02/20250220-2.htm>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2022), Enerji Verimliliği Bilinç Endeksi
<https://enerji.gov.tr/evced-bilinclendirme-enerji-verimliliği-bilinc-endeksi>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024), Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
<https://enerji.gov.tr/evced-enerji-verimliliği-uevep>
- Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2025), Ölçme ve Değerlendirme, Enerji Tüketim Bildirimleri
<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-verimliliği-olcme-degerlendirme>
- Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) (2024), Yeşil Mutabakata Uyum Projesi Desteği (Responsible Program), Özet Bilgi Formu
<https://www.yatirimadestek.gov.tr/pdf/assets/upload/dosyalar/ozet-yesil-mutabakata-uyum-projesi-destegi--responsible-programi.pdf>
- United States Department of Energy (DOE) (2024), Artificial Intelligence for Energy
<https://www.energy.gov/topics/artificial-intelligence-energy>
- West Suffolk Council (2022), Heat Pumps
<https://www.westsuffolk.gov.uk/environment/reduce-your-impact/heat-pumps.cfm>
- World Bank (2018), Transforming Energy Efficiency Markets in Developing Countries: The Emerging Possibilities of Super ESCOs
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/536121536259648570/pdf/129781-BRI-PUBLIC-VC-ADD-SERIES-6-9-2018-12-9-31-LWLJfinalOKR.pdf>
- World Bank (2022), Türkiye Atık Isı Potansiyeli Değerlendirme Projesi
https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/PTB_202206301707.pdf

EKLER

- **EK A:** Temel Politika Belgeleri ve Veri Kaynakları
- **EK B:** Dönüşüm Faktörleri
- **EK C:** Kısaltmalar
- **EK D:** Fosil Yakıt ve Karbon Fiyat Serileri
- **EK E:** Senaryo Sonuçları

EK A:

Temel Politika Belgeleri ve Veri Kaynakları

- 12. Kalkınma Planı (2024–2028)
- Orta Vadeli Plan (2025–2027)
- Türkiye Ulusal Enerji Planı (TUEP)
- Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
- Enerji Dönüşümü: Yenilenebilir Enerji 2035 Yol Haritası
- ETKB Enerji Denge Tabloları
- ETKB Raporları
- Türkiye 2053 Uzun Dönem İklim Stratejisi
- UNFCCC'ye sunulan Türkiye Emisyon Envanteri Raporları
- EPDK Sektör Raporları
- EPIAŞ Şeffaflık Platformu
- TEİAŞ İstatistikleri ve Raporları
- TCMB Raporları ve İstatistikleri
- Ulaştırma Bakanlığı İstatistikleri
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İstatistikleri
- TÜİK İstatistikleri
- IEA İstatistikleri
- OECD İstatistikleri
- UN İstatistikleri
- Eurostat İstatistikleri
- World Bank İstatistikleri
- IICEC Türkiye Energy Outlook Modeli
- IICEC veri tabanı ve pazar araştırmaları
- Sektör paydaşları ile görüşmeler ve diğer sektörel raporlar

EK B:

Dönüşüm Faktörleri

		EJ	Gcal	Mtep	Mbtu	GWh
EJ		1	$2,388 \times 10^{-8}$	23,88	$9,478 \times 10^8$	$2,788 \times 10^5$
Gcal		$4,1868 \times 10^{-9}$	1	10^{-7}	3,968	$1,163 \times 10^{-3}$
Mtep		$4,1868 \times 10^{-2}$	10^7	1	$3,968 \times 10^7$	11630
Mbtu		$1,0551 \times 10^{-9}$	0,252	$2,52 \times 10^{-8}$	1	$2,931 \times 10^{-4}$
GW-saat		$3,6 \times 10^{-6}$	860	$8,6 \times 10^{-5}$	3412	1

EK C:

Kısaltmalar

AB:	Avrupa Birliği
ABD:	Amerika Birleşik Devletleri
ACEA:	Avrupa Otomobil Üreticileri Birliği
AKKAKDO:	Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişimi ve Ormancılık
APS:	IEA Announced Policies Scenario
BM:	Birleşmiş Milletler
CH ₄ :	Metan
CO ₂ -eş:	Karbon Dioksit Eşdeğeri
ÇŞİDB:	Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DOE:	ABD Enerji Bakanlığı
ELDER:	Elektrik Dağıtım Hizmetleri Derneği
EPDK:	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIAŞ:	Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.
EPS:	Enerji Performans Sözleşmeleri
ESCO:	Enerji Hizmet Şirketi
ETKB:	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
ETS:	Emisyon Ticaret Sistemi
EU:	Avrupa Birliği
GSYİH:	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
ICL:	Imperial College London
IEA:	Uluslararası Enerji Ajansı
IPCC:	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
KGM:	Karayolları Genel Müdürlüğü
MB:	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
MGM:	Meteoroloji Genel Müdürlüğü

MIT:	Massachusetts Institute of Technology
Mtep:	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
N ₂ O:	Nitröz Oksit
NDC:	Ulusal Katkı Beyanı
NO _x :	Azot Oksitler
NZE:	IEA Net Zero Emissions Scenario
ODMD:	Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği
OECD:	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
OSD:	Otomotiv Sanayicileri Derneği
OVP:	Orta Vadeli Program
P-km:	Yolcu-kilometre
PPM:	Parts per Million
PPP:	Purchasing Power Parity
SAGP:	Satın Alma Gücü Paritesi
SBB:	Strateji ve Bütçe Başkanlığı
SEforALL:	Sustainable Energy for All
SKA:	Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
SKDM:	Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması
SO ₂ :	Kükürt Dioksit
STEPS:	IEA Stated Policies Scenario
STB:	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
TEİAŞ:	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEP:	Ton Eşdeğer Petrol
T-km:	Ton-kilometre
TUEP:	Türkiye Ulusal Enerji Planı
TÜİK:	Türkiye İstatistik Kurumu
UN:	United Nations
UNFCCC:	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

VAP:	Verimlilik Arttırıcı Proje
WEC:	Dünya Enerji Konseyi
WEF:	Dünya Ekonomik Forumu
WMO:	World Meteorological Organization
World Bank:	Dünya Bankası
YEKA:	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları

EK D:

Fosil Yakıt ve Karbon Fiyat Serileri

			STEPS		APS		NZE	
		2023	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Kömür	2023\$/t	129	68	64	64	48	57	39
Petrol	2023\$/varil	82	79	75	72	58	42	25
Doğalgaz	2023\$/m ³	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1
Karbon	2023\$/tCO ₂ -eş	83	140	158	135	200	140	250

IEA Senaryoları

EK E:

Senaryo Sonuçları

Senaryolarada Temel Göstergeler		Baz			Verimli Büyüme		
		2023	2035	2053	2023	2035	2053
Birincil Enerji Yoğunluğu	tep/1000 2015\$	0,127	0,097	0,069	0,127	0,087	0,055
Enerji Arzında İthalat Payı	%	69%	56%	32%	69%	43%	9%
Enerji Arzında Emisyon Yoğunluğu	tCO ₂ e/tep	2,53	2,27	1,57	2,53	1,90	0,94

Birincil Enerji Arzında Kaynaklar	Baz			Verimli Büyüme		
	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep
	2023	2035	2053	2023	2035	2053
Kömür	40,0	34,2	28,4	40,0	25,8	9,1
Petrol	47,8	57,1	54,3	47,8	44,7	31,3
Doğalgaz	41,5	55,4	41,5	41,5	38,7	20,9
Elektrik	0,3	1,5	-0,2	0,3	2,1	-2,2
Güneş	2,8	11,8	26,9	2,8	16,0	31,4
Jeotermal	12,4	20,0	37,0	12,4	23,1	38,8
Biyokütle	5,1	5,4	7,9	5,1	6,5	8,8
Diğer Isı	0,0	-0,9	0,0	0,0	-1,2	0,0
Hidrolik	5,5	5,3	5,3	5,5	5,8	6,0
Rüzgar	2,9	7,5	22,4	2,9	10,4	26,4
Nükleer	0,0	10,6	39,9	0,0	14,8	39,9
Hidrojen	0,0	-0,3	-6,8	0,0	-1,4	-6,8
Toplam	158,4	207,5	256,6	158,4	185,2	203,5

Nihai Enerji Tüketiminde Yakıtlar	Baz			Verimli Büyüme		
	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep
	2023	2035	2053	2023	2035	2053
Kömür	12,7	14,7	12,3	12,7	11,5	5,9
Petrol	46,0	56,0	54,3	46,0	44,7	31,9
Doğalgaz	28,6	32,4	24,6	28,6	24,1	8,7
Elektrik	24,7	37,7	64,5	24,7	39,3	67,4
Güneş	0,9	2,8	3,5	0,9	3,6	4,3
Jeotermal	2,8	6,9	8,7	2,8	9,0	10,5
Biyokütle	3,1	3,7	4,6	3,1	4,8	5,4
Diğer Isı	2,7	4,7	6,0	2,7	6,2	7,3
Hidrolik	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rüzgar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nükleer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hidrojen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Toplam	121,4	158,7	178,6	121,4	143,1	141,6

Nihai Enerji TüketimindeSektörler	Baz			Verimli Büyüme		
	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep
	2023	2035	2053	2023	2035	2053
Ulaştırma	33,0	41,4	44,5	33,0	34,9	31,2
Binalar	39,2	51,3	54,5	39,2	46,0	40,0
Sanayi	36,8	48,8	58,8	36,8	46,1	51,9
Tarım	5,5	8,1	9,2	5,5	7,8	7,6
Enerji Dışı Tüketim	6,8	9,1	11,6	6,8	8,2	10,9
Toplam	121,4	158,7	178,6	121,4	143,1	141,6
Nihai Enerji TüketimindeSektörler	%	%	%	%	%	%
	2023	2035	2053	2023	2035	2053
	2023	2035	2053	2023	2035	2053
Ulaştırma	27%	26%	25%	27%	24%	22%
Binalar	32%	32%	31%	32%	32%	28%
Sanayi	30%	31%	33%	30%	32%	37%
Tarım	5%	6%	5%	5%	5%	5%
Enerji Dışı Tüketim	6%	32%	6%	6%	6%	8%
Toplam	100%	127%	100%	100%	100%	100%

Nihai Enerji Tüketiminde Alanlar	Baz			Verimli Büyüme		
	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep	Mtep
	2023	2035	2053	2023	2035	2053
Ulaştırma (Karayolu Yolcu Taşıma)	21,7	27,3	29,6	21,7	22,4	17,4
Ulaştırma (Karayolu Yük Taşıma)	9,3	11,5	11,9	9,3	9,7	8,6
Ulaştırma (Deniz, Hava ve Demiryolu)	2,1	2,6	3,0	2,1	2,8	5,2
Binalar (Isıtma ve Soğutma)	24,3	30,9	30,2	24,3	27,1	20,2
Binalar (Aydınlatma ve Cihazlar)	8,7	11,0	12,9	8,7	9,2	9,7
Binalar (Sıcak Su ve Pişirme)	6,1	9,4	11,4	6,1	9,8	10,0
Sanayi (Enerji Yoğun Olan İmalat)	22,4	29,4	35,7	22,4	26,9	27,8
Sanayi (Enerji Yoğun Olmayan İmalat)	10,6	13,9	16,1	10,6	13,5	17,0
Sanayi (Madencilik, İnşaat ve Diğer)	3,8	5,5	6,9	3,8	5,8	7,1
Tarım (Ekipman, Sulama ve Sera)	5,5	8,1	9,2	5,5	7,8	7,6
Enerji Dışı Tüketim	6,8	9,1	11,6	6,8	8,2	10,9
Toplam	121,4	158,7	178,6	121,4	143,1	141,6

	Baz			Verimli Büyüme		
	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh
	2023	2035	2053	2023	2035	2053
Elektrik Tüketiminde Alanlar						
Ulaştırma (Karayolu Yolcu Taşıma)	0,0	13,0	52,4	0,0	24,5	75,0
Ulaştırma (Karayolu Yük Taşıma)	0,0	2,2	17,6	0,0	6,6	20,2
Ulaştırma (Deniz, Hava ve Demiryolu)	1,8	3,9	9,2	1,8	5,4	20,7
Binalar (Isıtma ve Soğutma)	30,9	55,5	117,9	30,9	63,7	117,9
Binalar (Aydınlatma ve Cihazlar)	101,7	128,0	149,8	101,7	106,4	113,2
Binalar (Sıcak Su ve Pişirme)	6,8	14,6	34,1	6,8	19,8	43,1
Sanayi (Enerji Yoğun Olan İmalat)	60,8	98,6	174,6	60,8	99,3	160,7
Sanayi (Enerji Yoğun Olmayan İmalat)	53,2	76,5	116,1	53,2	79,6	142,4
Sanayi (Madencilik, İnşaat ve Diğer)	18,1	25,2	35,3	18,1	23,7	36,3
Tarım (Ekipman, Sulama ve Sera)	13,6	20,0	31,5	13,6	19,8	31,0
Enerji Dışı Tüketim	0,0	0,8	11,4	0,0	8,0	22,8
Toplam	286,8	438,4	749,8	286,8	456,7	783,3

Elektrik Üretiminde Kaynaklar	Baz			Verimli Büyüme		
	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh
	2023	2035	2053	2023	2035	2053
Kömür	119,8	70,5	59,1	119,8	47,3	0,0
Petrol	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
Doğalgaz	69,5	107,3	92,0	69,5	54,8	61,3
Biyokütle	10,1	9,9	19,7	10,1	9,9	19,7
Hidrolik	64,0	61,3	61,3	64,0	67,5	70,1
Rüzgar	34,1	86,7	260,6	34,1	120,9	306,6
Jeotermal	11,1	15,3	32,9	11,1	16,4	32,9
Güneş	22,1	105,1	271,6	22,1	143,7	315,4
Nükleer	0,0	42,0	157,7	0,0	51,7	157,7
Toplam	331,1	498,2	954,8	331,1	512,1	963,6

Elektrik Kurulu Gücü	Baz			Verimli Büyüme		
	GW	GW	GW	GW	GW	GW
	2023	2035	2053	2023	2035	2053
Kömür	21,7	23,0	15,0	21,7	18,0	0,0
Petrol	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Doğalgaz	25,5	35,0	30,0	25,5	25,0	20,0
Biyokütle	2,1	2,5	5,0	2,1	2,5	5,0
Hidrolik	32,0	35,0	35,0	32,0	35,0	40,0
Rüzgar	11,8	30,0	85,0	11,8	40,0	100,0
Jeotermal	1,7	2,5	5,0	1,7	2,5	5,0
Güneş	15,6	60,0	155,0	15,6	80,0	180,0
Nükleer	0,0	6,0	20,0	0,0	7,2	20,0
Toplam	110,6	194,0	350,0	110,6	210,2	370,0

TÜRKİYE ENERJİ VERİMLİLİĞİ GÖRÜNÜMÜ | 2025



Sabancı
Universitesi

IICEC

SABANCI UNIVERSITY
İSTANBUL INTERNATIONAL
CENTER FOR ENERGY AND CLIMATE

