

TÜRKİYE ENERJİ VERİMLİLİĞİ GÖRÜNÜMÜ | 2025



Yönetici Özeti

Executive Summary

Sabancı
Üniversitesi

IICEC

SABANCI UNIVERSITY
ISTANBUL INTERNATIONAL
CENTER FOR ENERGY AND CLIMATE

IICEC

SABANCI UNIVERSITY
ISTANBUL INTERNATIONAL
CENTER FOR ENERGY AND CLIMATE

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 modeli içerisinde, 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>

[in](#) iicec-sabanci-university-istanbul-international-center-for-energy-and-climate

[t](#) sabanciu_iicec

Yönetici Özeti

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 katkıların 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), IICEC tarafından Türkiye'de bir ilk olarak yayımlanan Turkey Energy Outlook (Türkiye Enerji Görünümü) çalışmasının, IICEC Enerji Modeli'nin ve Türkiye enerji arz ve talep sisteminin detaylı envanteri üzerine kurulmuştur. Enerjide arz ve talep zincirinin tamamını kapsayan veri tabanından yararlanan 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 yansıtabilecek 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).

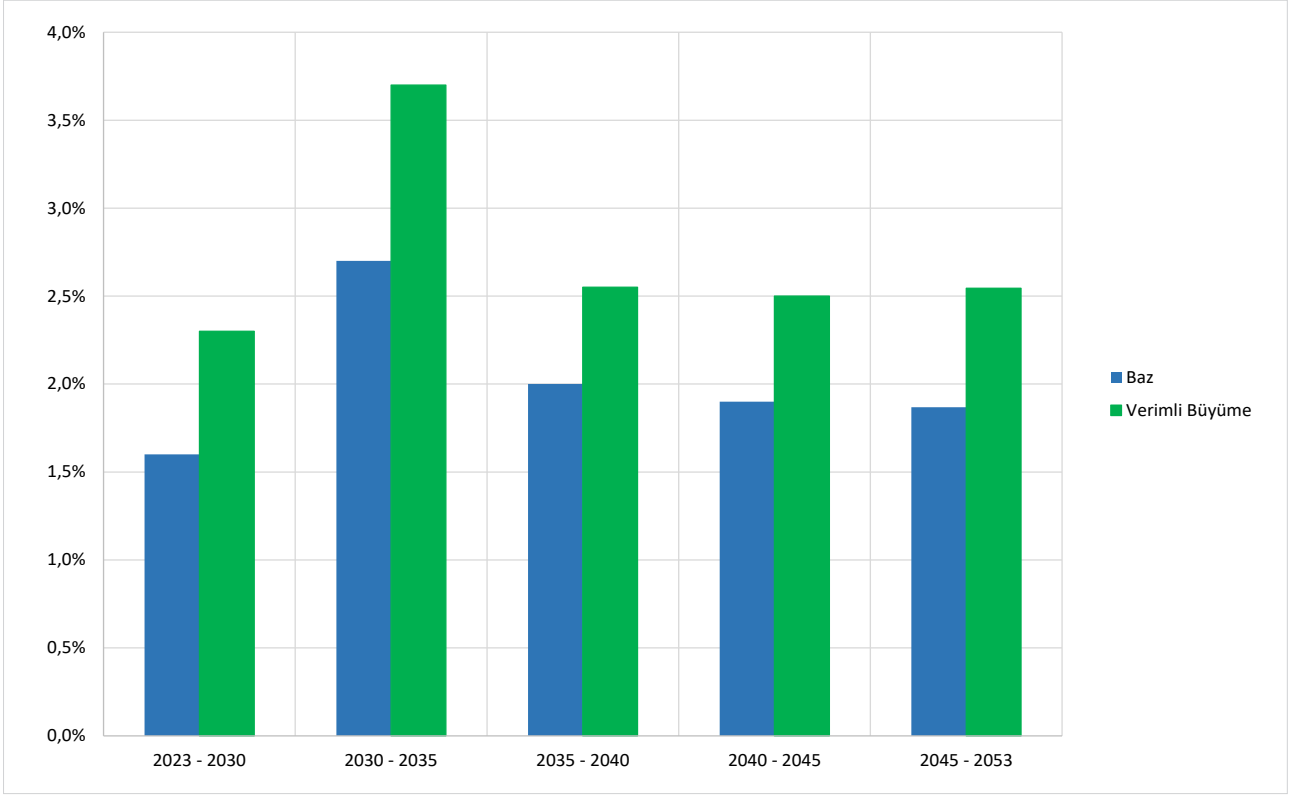
2023 yılı baz alındığında birincil enerji yoğunluğu Baz Senaryoda %46 düşerken, Verimli Büyüme Senaryosunda %57 azaltım sağlanabilmektedir (Şekil 2). Böylelikle, kişi başına enerji tüketimleri yüksek, ekonomik büyüme ve enerji talebi artış hızları daha düşük OECD Avrupa ülkelerinin ortalamalarına daha 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.

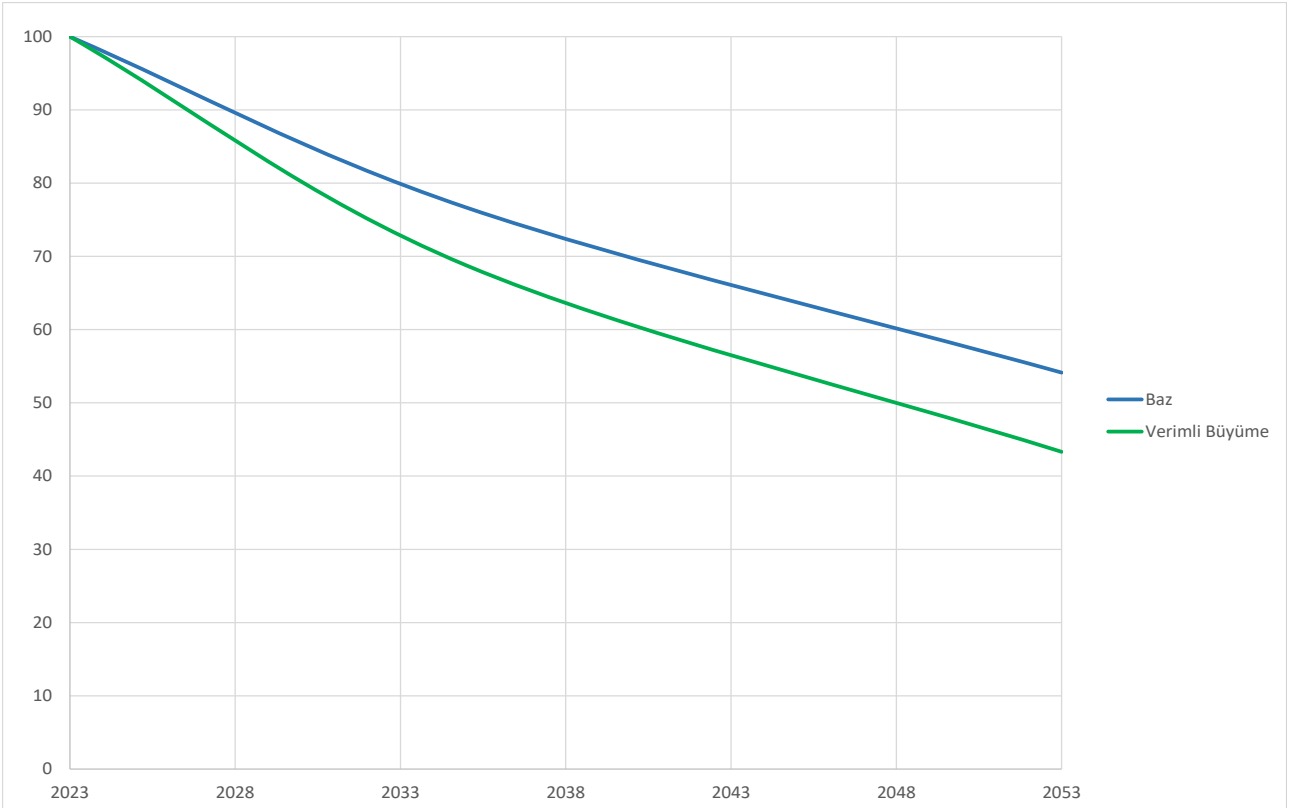
² Enerji talebini belirleyen etkenlerin ayrıştırılması yöntemiyle, aktivite etkisi, teknik verim etkisi ve yakıt kompozisyonunda dönüşüm sağlayan yakıt ikamesi etkileri ayrı ayrı analiz edilmiş ve enerji talebinde net değişim modellenmiştir.

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. ICEC Senaryolarında Birincil Enerji Yoğunluğu İyileşme Hızının Gelişimi (2023-2053, %)



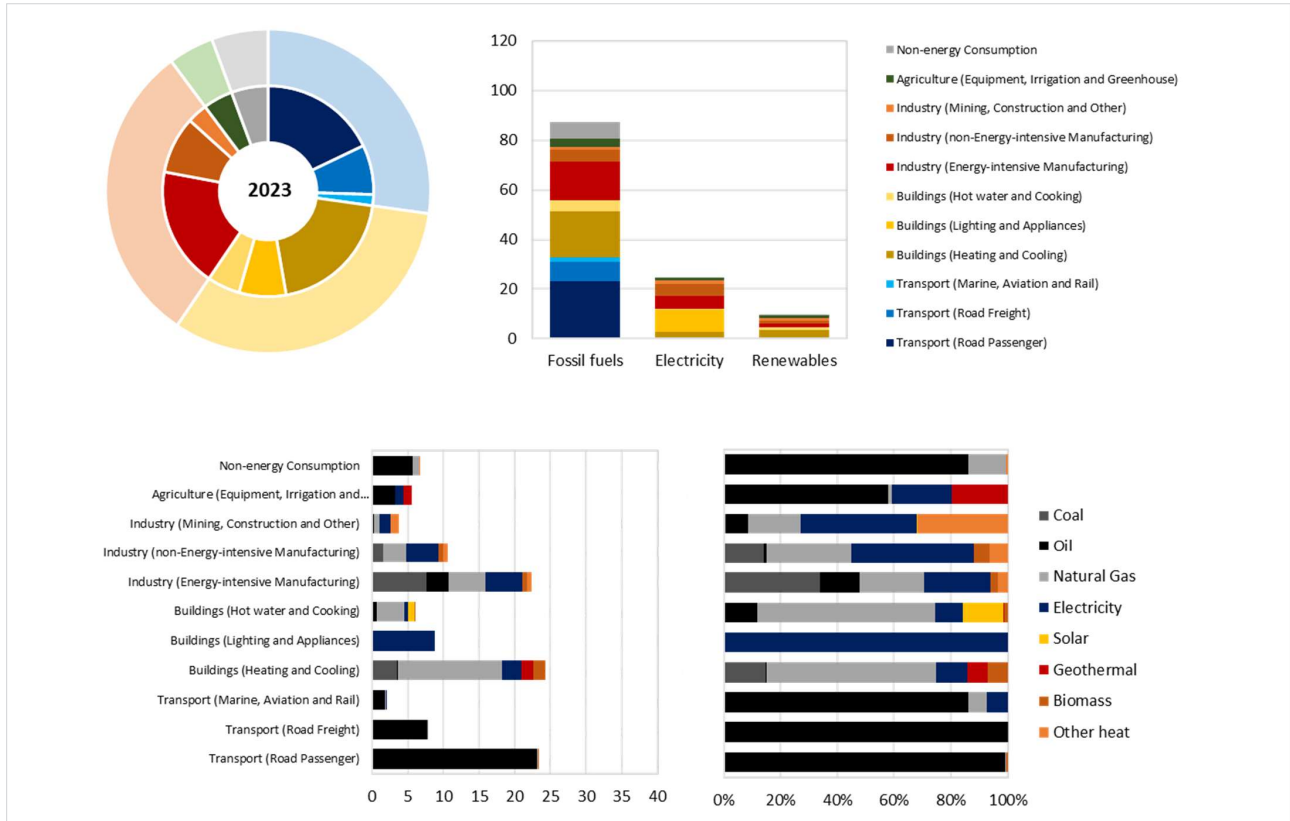
Şekil 2. ICEC Senaryolarında Birincil Enerji Yoğunluğunun Gelişimi (2023 = 100)



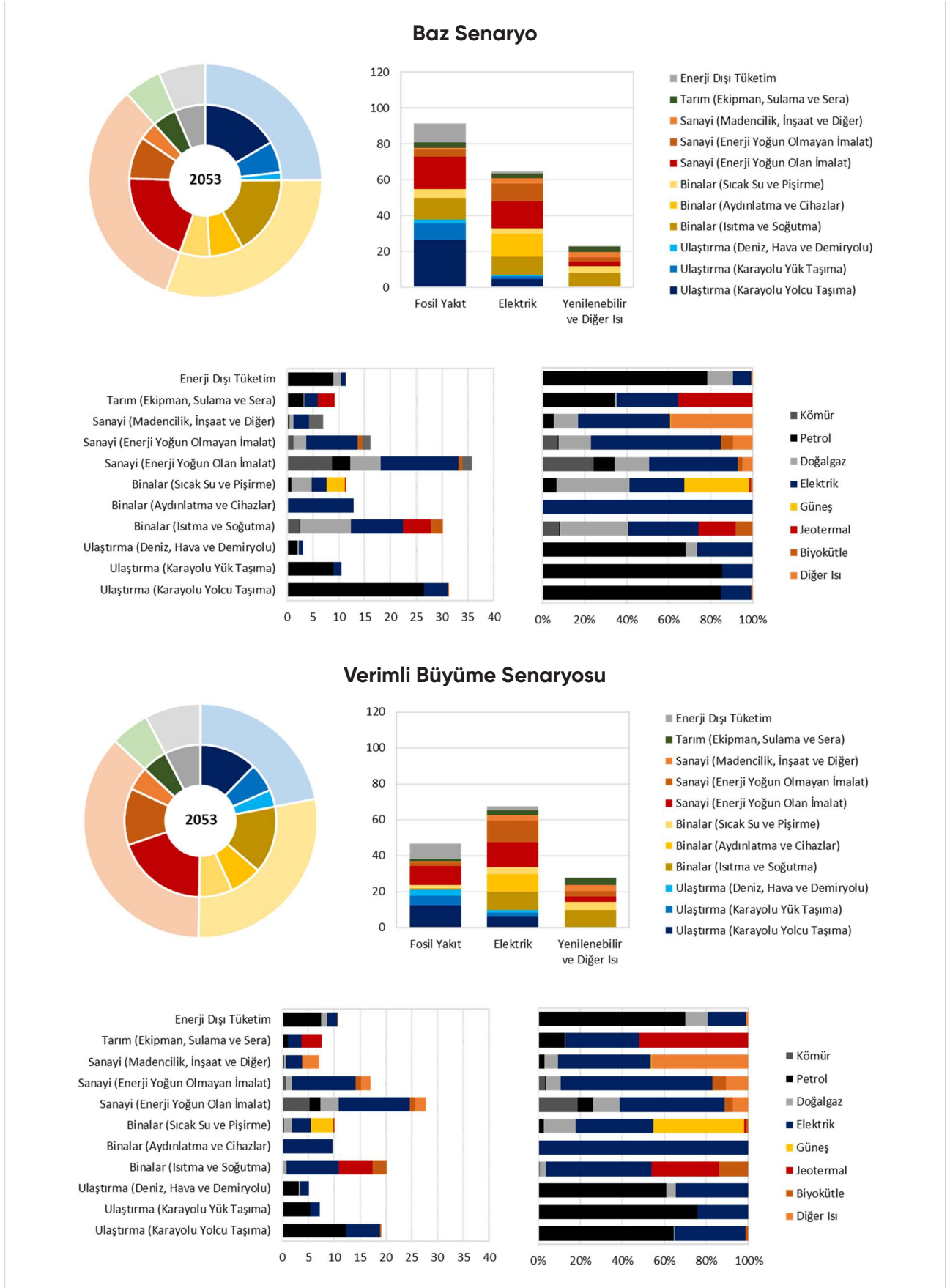
Çalışmada Türkiye'nin enerji talebini belirleyen sektörler, talep hizmetlerine, yakıt ve teknoloji kullanımına göre detaylı olarak irdelenmiştir. IICEC analizlerine göre toplam talebin %2'si binalarda ısıtma ve soğutmada, %18'i karayolu yolcu taşımada, %18'i enerji yoğun imalat sektörlerinde, %8'i karayolu 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, ulaşımında filonun gençleşmesi ile yakıt ekonomisinde gelişmeler, elektrifikasyon, entegre mobilite çözümleri ve modlar arası geçişler, sanayide orta ve uzun vadede daha az enerji-yoğun sektörlere 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,%)



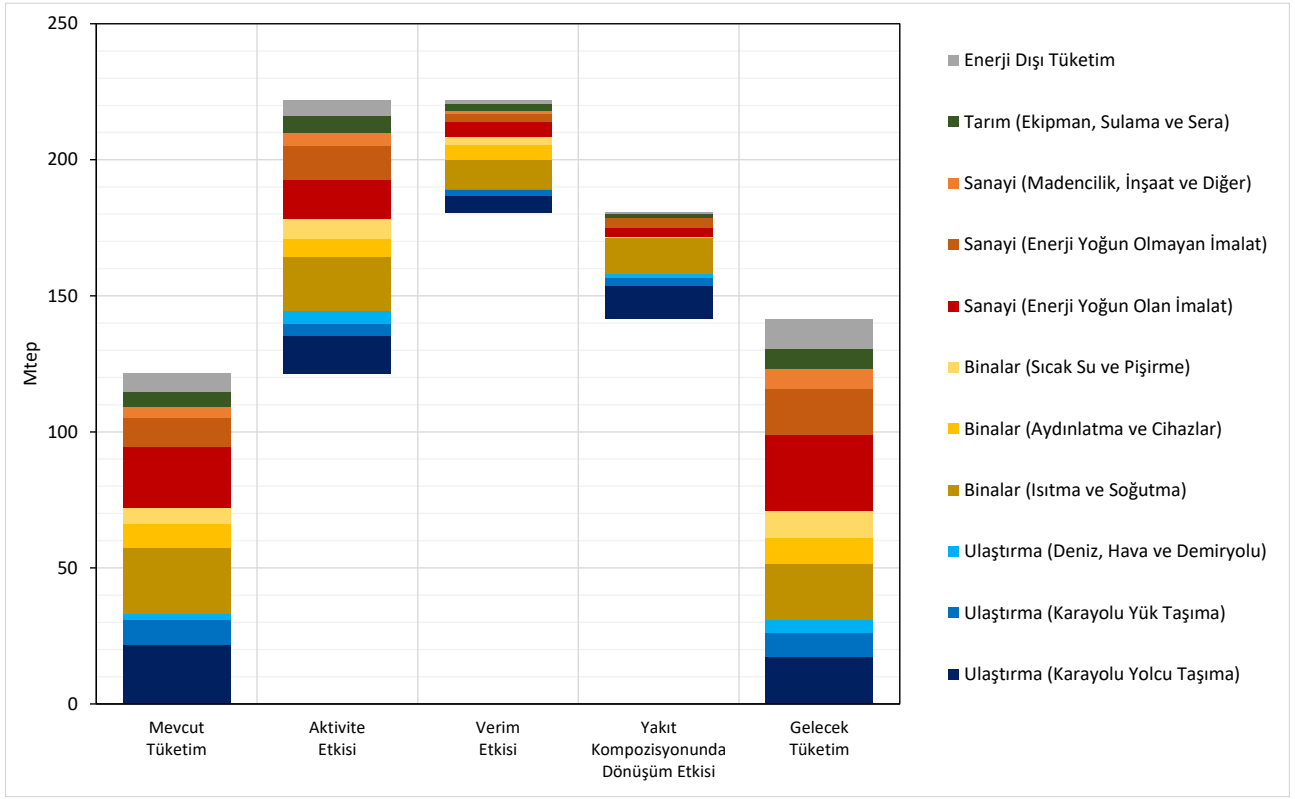
Çalışmada sunulan bütüncül enerji arz ve talep geleceği, Türkiye'nin birincil enerji arzında çeşitlendirmenin, yerli kaynakların kullanımının, enerji güvenliğinin, nihai enerji tüketiminde de elektrifikasyonun ve yenilenebilir enerji katkısının güçleneceği bir perspektife işaret etmektedir. Verimli Büyüme 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.

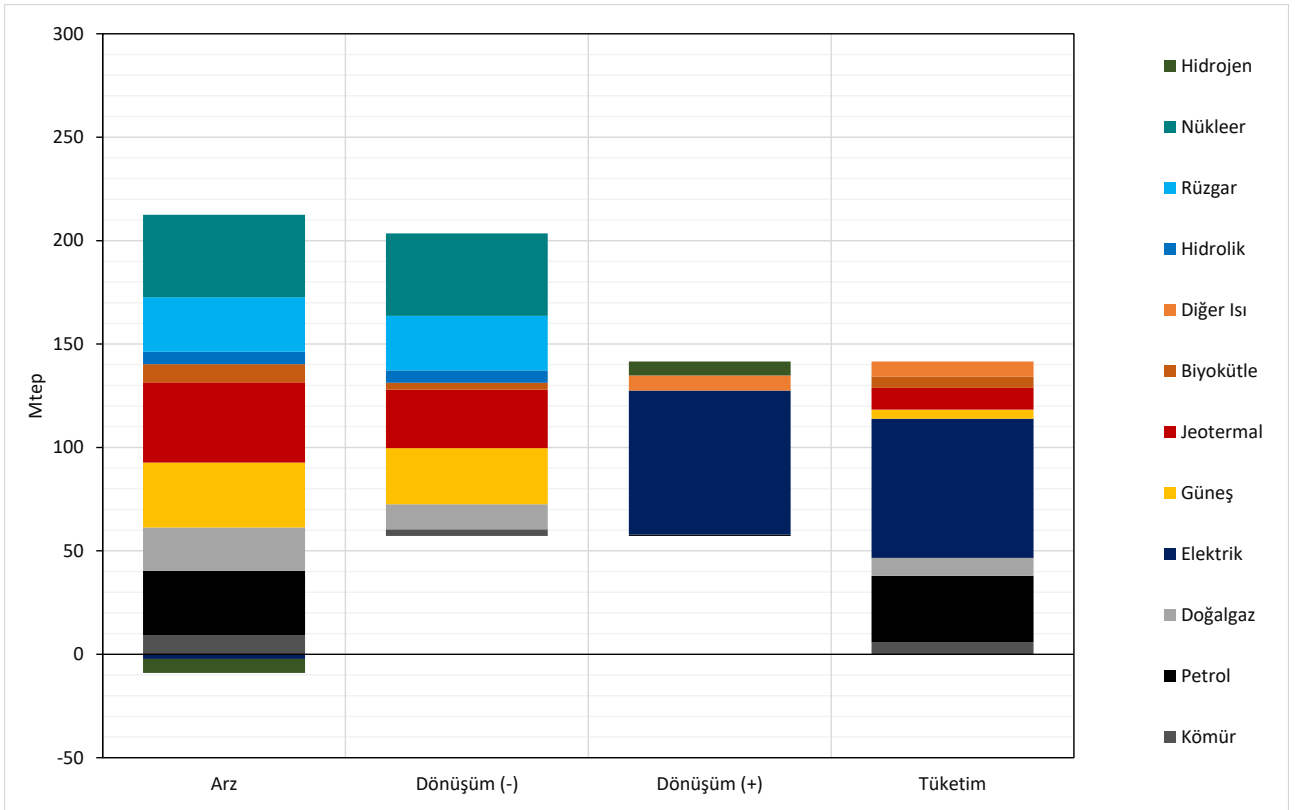
Çalışmada enerji ithalatı ve emisyon azaltımından kaynaklı ekonomik tasarruflar detaylı olarak analiz edilmiştir. Baz Senaryoda 1,1 trilyon \$ olan kümülatif ekonomik fayda, Verimli Büyüme Senaryosunda 2,1 trilyon \$'a yükselmektedir. Yatırım gereksinimleri, teknik verim yatırımları ve nihai talep sektörlerinde 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.

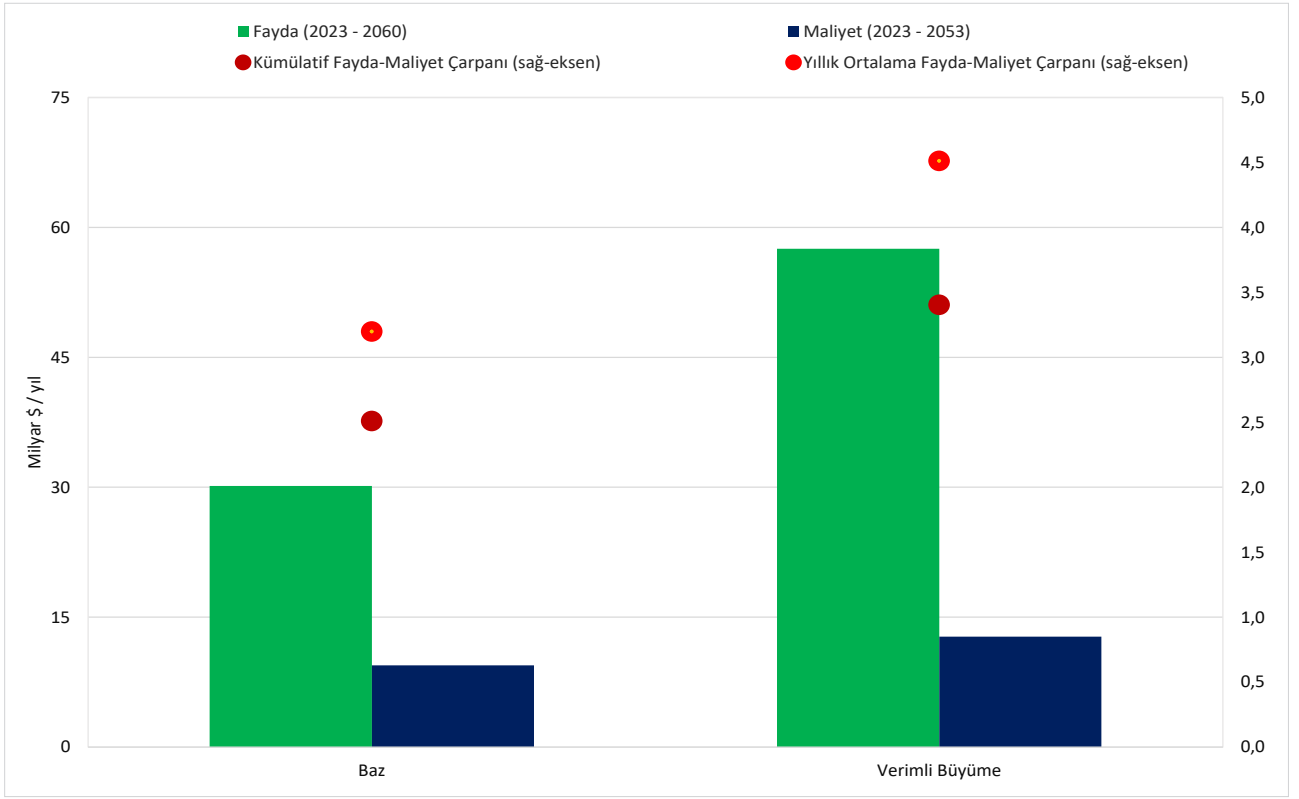
Şekil 5. Verimli Büyüme Senaryosunda Nihai Enerji Talebinin Gelişimi (2023-2053, Mtep)



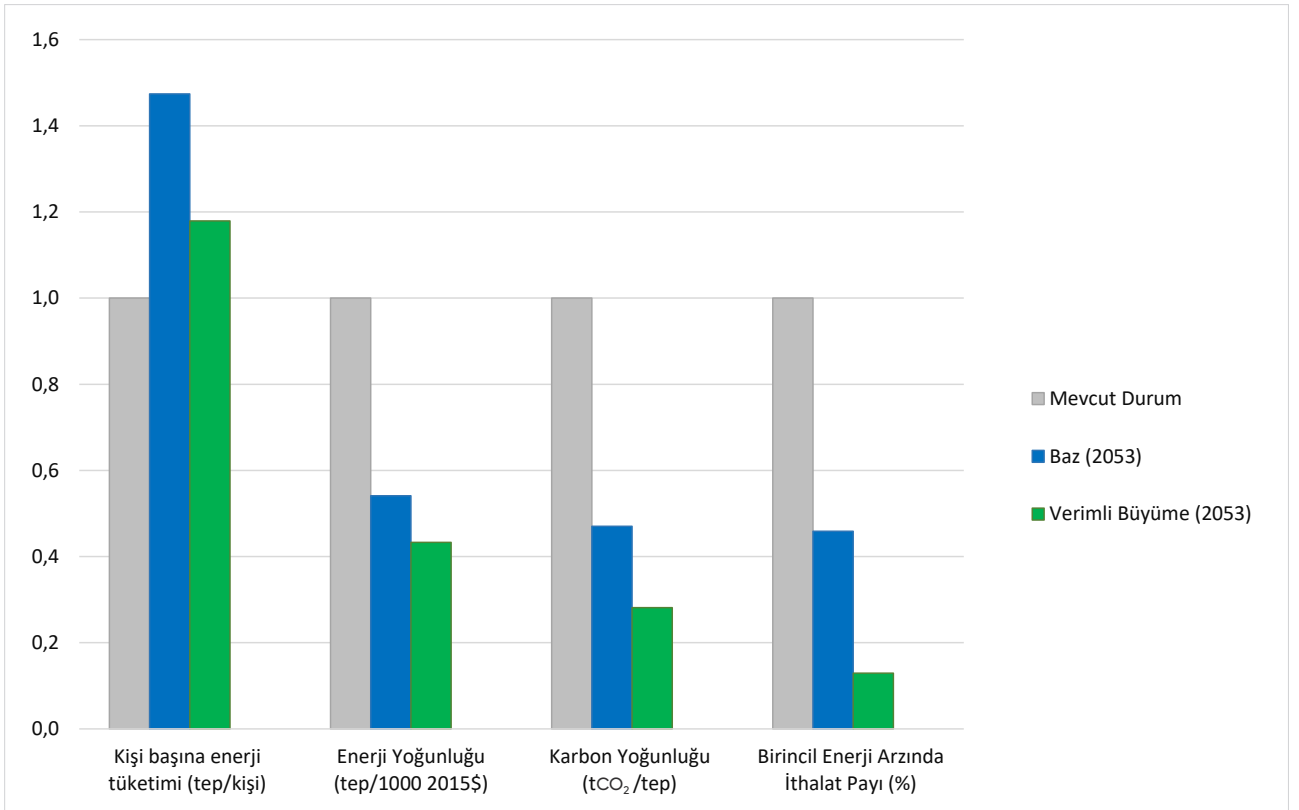
Şekil 6. Verimli Büyüme Senaryosunda 2053 Enerji Dengesi (Mtep)



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 katkıların 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 özendirerek 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 bütünlük 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.

Executive Summary

Türkiye Energy Efficiency Outlook (TEEO)

Executive Summary

- Türkiye has strong growth dynamics in energy in support of economic growth and social development objectives. Recent developments in advancing energy efficiency and boldening policy emphasis provide a critical base and new opportunities towards the realization of energy security, energy independence, and net-zero emission objectives.
- The efficient growth scenario achieves a 2.7% annual average energy efficiency improvement until 2053. It can provide a cumulative 12% primary energy reduction compared to the Base Scenario. This saving is equivalent to five years of annual primary energy consumption at current levels. The Efficient Growth Scenario enables a 57% decrease in primary energy intensity compared to 46% in the Base Scenario. As a result, Türkiye can ensure faster convergence to the average status of high per capita energy consumption and low energy demand growth countries. This development brings advantages for enhancing the sustainable competitiveness of the national economy.
- The holistic supply and demand future presented in the study points to a perspective in which diversity and indigenous energy resource utilization in the primary energy supply will increase. This development pathway will enforce energy security, including stronger contributions from electrification and renewable energy in final energy demand sectors and services. Electrification increases from one-fifth of final energy demand at present to 48% through substitution of fossil fuels. In addition to rising prospects for power generation, renewables contribution to primary energy supply can rise to 50%, especially via geothermal use in buildings and agriculture, solar consumption in buildings and industry sectors, and sustainable biofuels developments in the aviation industry.
- Self-sufficiency rate in primary energy supply increases from about one-third at present to 90% in 2053 in the Efficient Growth Scenario, as a result of significant achievements in utilizing the vast energy efficiency and fossil fuel substitution potential, together with targeted increases in domestic oil and natural gas production (two-thirds in 2053 in the Base Scenario). Consequently, the Efficient Growth Scenario supports a pathway that is in line with the country's 2053 net-zero emission target with emissions peaking before 2040 while substantially advancing the energy independence objectives.
- The cumulative energy import and carbon saving benefit reaches \$2.1 trillion in the Efficient Scenario compared to \$1.1 trillion in the Base Scenario. The Base Scenario can realize an annual average of \$30 billion in benefit with a \$9 billion investment. The Efficient Growth Scenario provides a \$58 billion/year economic benefit with a \$13 billion/year investment. The benefit-to-cost ratio increases to 4.5 in the Efficient Growth Scenario over 3.2 in the Base Scenario.
- Furthering the cost-effective contributions it will offer to a more secure and sustainable energy future, the Efficient Growth Scenario would also provide significant other value-added avenues for Türkiye. These include an economic growth model focused on clean and efficient energy technologies in line with emerging global and regional trends, more efficient industry, export, and entrepreneurship models, the further development of more competitive energy markets ecosystem, and thus Türkiye's vision to become a trade center in energy. All these significant gains can be realized by continuing improvements in various policy, market, and technology areas such as long-term policy objectives and roadmaps, regulatory frameworks, investment environment, new business models, and technological developments, all within the expanding collaborations among the public, private sector, and academia.

Energy Efficiency and TEEO Scenarios Overview

Providing crucial support to the national economic growth and social development objectives, Türkiye's energy demand continues to grow strongly. The country has become one of the largest and most dynamic energy markets in Europe, with an almost twofold increase in primary energy supply since 2000. However, per capita energy consumption is on par with the world average and stands at approximately half of the OECD average. Population growth, young population, urbanization, urban transformation, industrialization and the structure of industrial sectors, as well as increasing and diversifying mobility needs are among the key factors supporting growth in energy demand.

Currently, 80% of the primary energy supply is based on fossil fuels, while approximately two-thirds of demand is met by imported fossil fuels. Recent increases in domestic oil and natural gas production will provide gradual increases in the self-sufficiency rate across the general energy balance. Several steps are being taken towards the development of a growing energy system in line with the net-zero target. The importance of energy efficiency is boldening in energy policies, which are centered around the strategic goals of reducing the import fuel dependency, which is the most important component of the current account deficit, and achieving a more sustainable energy future. These pillars will strengthen energy security, increase energy independence, and provide a pathway for achieving net-zero emission targets.

Recently, Türkiye has achieved significant strides in energy efficiency with solid reductions in the energy intensity of the economy. The Energy Efficiency 2030 Strategy and II.Action Plan was announced in early 2024. It sets forth targets for a cumulative 16% reduction in primary energy consumption and a 15% improvement in primary energy intensity, requiring an investment of \$20.2 billion out to 2030.

While renewable energy-based growth in electricity generation and electrification across energy-consuming sectors are both accelerating, further utilization of the country's rich renewable energy potential and adoption of efficient electrical technologies such as electric vehicles and heat pumps also strengthen the perspective of developing a more secure, efficient, and competitive energy system. All these positive developments in energy supply and demand sectors, policies, and investments offer significant potential and new opportunities for realizing multifaceted benefits through a more efficient growth in energy demand.

Türkiye Energy Efficiency Outlook (TEEO) is based on the detailed inventory of Turkey Energy Outlook, published by IIEEC as a first-of-its-kind in the sector, the IIEEC Energy Model, and Türkiye's growing energy supply and demand system. The holistic energy modeling framework benefits from a rich database covering the entire energy supply and demand chain and takes into account energy flows from primary energy supply to final energy demand sectors and services. In the modeling perspective, the global energy security, climate, and related technology dynamics, Türkiye's current energy, industry, technology, climate policy priorities, energy efficiency targets, and developments in energy markets and investments are reflected.

In the study, Türkiye's final energy demand is modeled in detail by decomposition into a total of eleven demand services¹ across industry, buildings, transportation, agriculture, and non-energy use. The demand development dynamics were analyzed by decomposing the development of demand in terms of activities such as heating, cooling, and travel that constitute demand services; technical efficiency parameters such as insulation in buildings, electric motors, fuel economy in transportation; fuel and technology preferences and substitutions for each demand service². Dynamics of the primary energy supply, conversion sectors such as electricity generation, and final energy consumption within the general energy balance are analyzed taking into account all fuels and technologies.

This study is a first-of-its-kind in the sector and provides a scenario-based approach within a long-term perspective. Within two different IICEC scenarios, efficiency development perspectives and opportunities across energy demand sectors and services as well as the broader energy balances are assessed in detail with solid energy and climate indicators. These include Türkiye's energy security, localization in energy supply with reductions in energy import bill, clean energy transition aspirations, emission reduction, and net-zero emission objectives. Investment and economic cost-benefit analyses were also carried out within a holistic perspective.

Summary of TEO Scenarios

In the Base Scenario, policy targets in energy efficiency are partially achieved, the targeted momentum in investments is not fully realized, and limited increases occur in electrification and direct renewable energy use within the general dynamics of the energy balances. Türkiye's primary energy supply increases from 158 Mtoe in 2023 to 256 Mtoe by 2053. As a result, an annual average of 2% improvement is achieved in primary energy intensity in the 2023-2053 period³. On the other hand, the Efficient Growth Scenario enables a faster achievement of energy efficiency targets across all sectors while greatly benefiting from multiple avenues in electrification, renewable energy use, and adoption of the most efficient technologies. The increase in primary energy supply slows down towards 2050 and reaches 205 Mtoe in 2053. The Efficient Growth Scenario can achieve a primary energy reduction of 20% in 2053 compared to the Base Scenario and a cumulative 12% primary energy reduction in the 2023-2053 period (which is equivalent to Türkiye's five year primary energy supply at current terms). In the Efficient Growth Scenario, primary energy intensity improves by 2.7% on average annually over the same period.

Primary energy intensity decreases by 46% in the Base Scenario, while a 57% reduction can be achieved in the Efficient Growth Scenario from 2023 to 2053. Thus, Türkiye can converge faster to the levels of OECD European countries, which possess high per capita energy consumption and lower economic and energy demand growth. This development brings important advantages in support of the sustainable competitiveness of the national economy. Hence, the energy intensity reduction pathway shown by the Efficient Growth Scenario also strengthens Türkiye's global position in energy efficiency performance.

¹ Road passenger transport, road freight transport, other transport; heating and cooling in buildings, lighting and appliances in buildings, hot water and cooking in buildings; energy-intensive manufacturing, non-energy-intensive manufacturing, other industry; agriculture; non-energy consumption.

² Factor decomposition method is applied to assess activity, technical efficiency and fuel switching impacts in detail and determine net changes in energy demand per demand services.

³ 2000- 2023 average is %1,8. Slowing growth in final demand and primary energy supply in 2022 and 2023 with annual improvements of 6.3% and 4.5%

Figure 1. Primary Energy Intensity Improvement Rates in Scenarios (2023-2053, %)

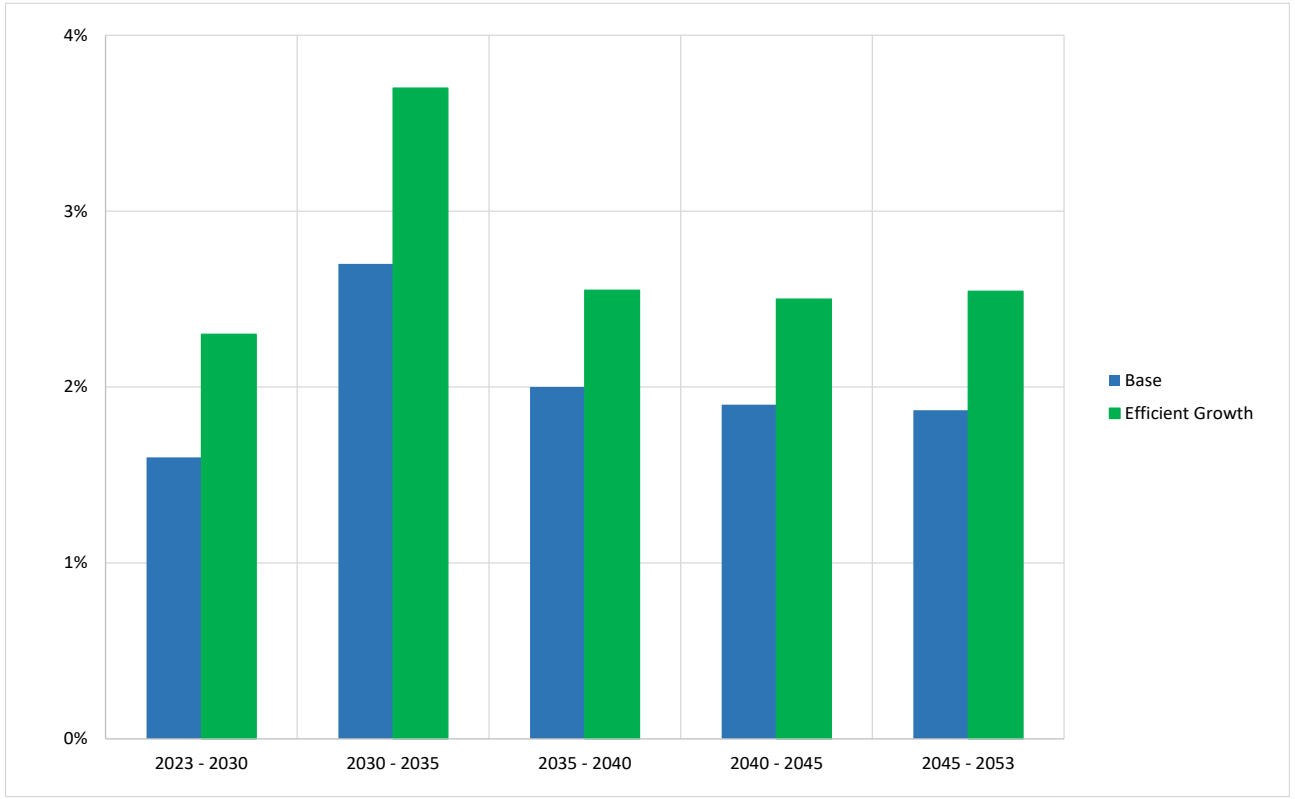
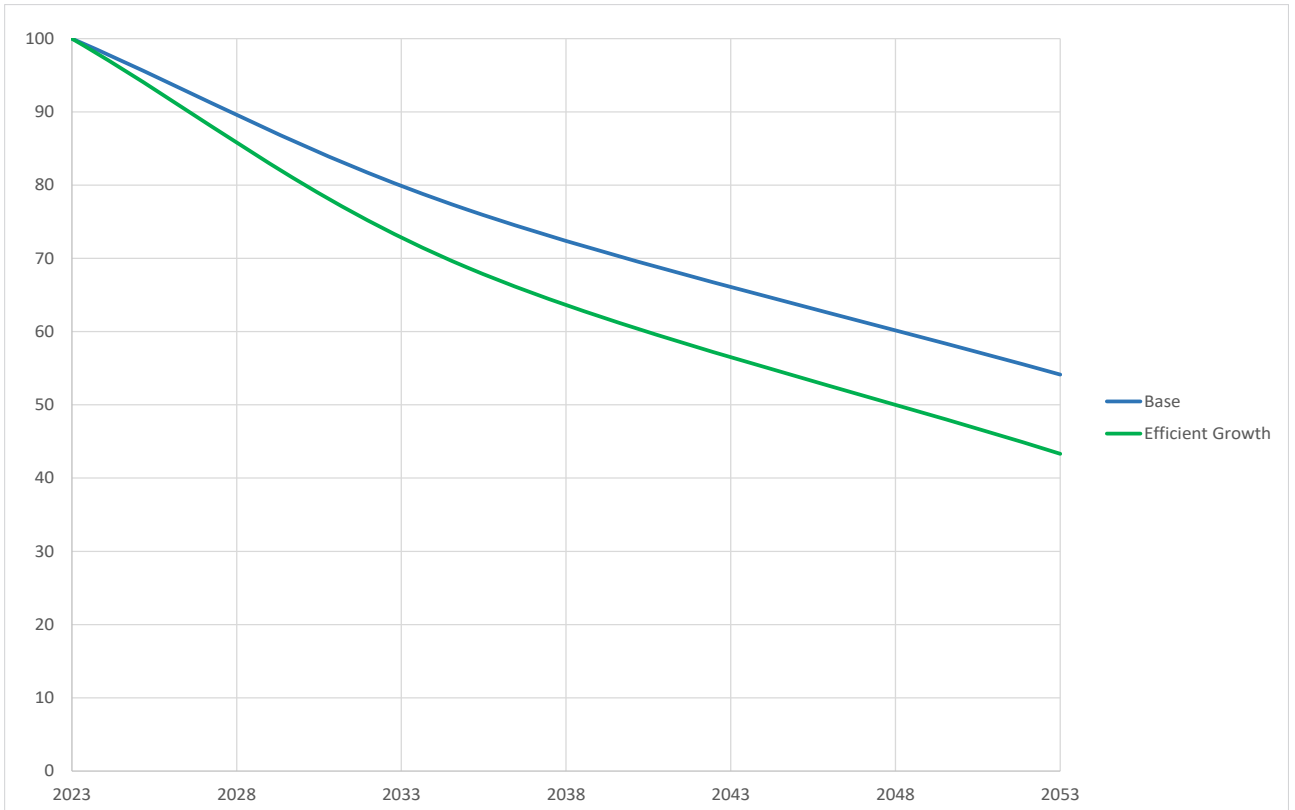


Figure 2. Primary Energy Intensity Improvement in Scenarios (2023-2053, 2023 = 100)



The study sheds light on the demand and efficiency dynamics of each sector that determines Türkiye's energy demand by providing detailed assessments in terms of demand services as well as fuel and technology choices. According to the IICEC analyses, 20% of the total energy demand comes from heating and cooling in buildings, followed by 18% in road passenger transportation, 18% in energy-intensive manufacturing sectors, 8% in road freight transportation, and 7% in lighting and appliances use in buildings. The remaining demand services account for about 30% of the total final consumption. The continuing population growth, the old and inefficient building and vehicle stock, the high share of road modal in total transportation activity, and the energy-intensive structure of the industry sector are the main determinants of the final energy demand.

In the scenarios, significant energy efficiency improvements can be achieved as a result of multifold developments across demand services such as improvements in insulation performance in buildings; fleet renewals in transportation together with developments in fuel economy, electrification, integrated mobility solutions, and intermodal shifts; gradual transformation to less energy-intensive sectors over the medium-to-long-term across the industry; and utilization of waste heat and heat pump opportunities. In the Efficient Growth Scenario, stronger technical efficiency gains are realized in all these areas and beyond. In addition, faster replacement of fossil fuels with electricity and renewable heat increases the total efficiency of the complete energy system. In 2053, final energy demand in the Efficient Scenario is 21% lower than the Base Scenario. It is important to note that the Efficient Growth Scenario can achieve an 8% reduction in final energy demand compared to the Base Scenario only through consumption behavior changes, which enable more rational use of energy.

Figure 3. Total Final Energy Demand by Services and Fuels (2023, Mtoe, %)

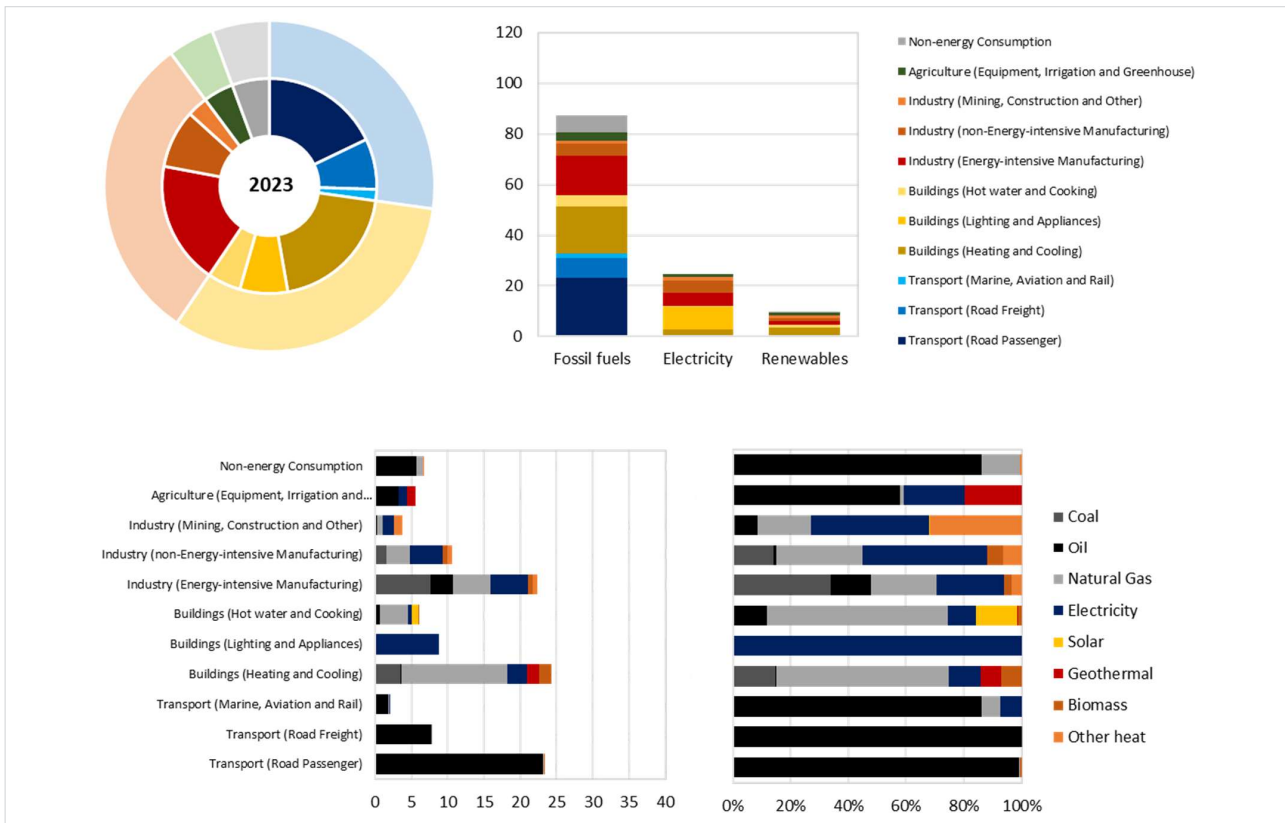
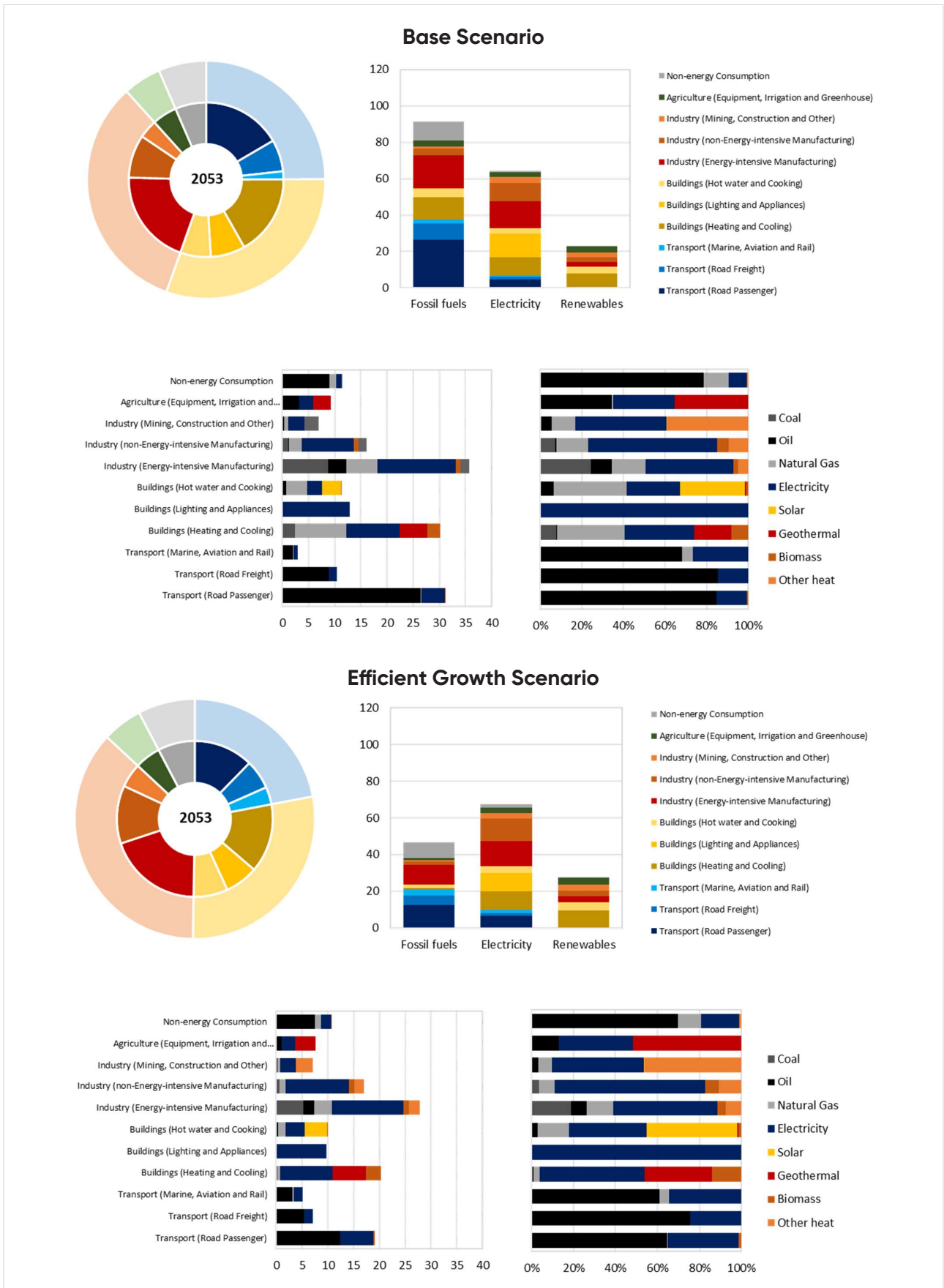


Figure 4. Total Final Energy Demand by Services and Fuels in IICEC Scenarios (2053, Mtoe, %)



The holistic energy supply and demand future presented in the study points to a perspective where diversification in the primary energy supply, utilization rate of domestic resources, energy security, electrification in final energy consumption, and renewable energy contribution will be strengthened. In the Efficient Growth Scenario, much higher contributions can be achieved simultaneously in all three crucial pillars of the energy policy: energy independence, energy security, and net-zero emission targets. In this scenario, the share of electricity in final energy demand increases to 48% in 2053 from about one-fifth at present, through the substitution of fossil fuels by efficient electricity technologies. In addition to increasing utilization supporting secure and clean electricity production growth, the direct contribution of renewable energy to primary energy supply also ramps up significantly, from 18% at present to 50% in 2053, benefitting from geothermal energy, especially in buildings and agriculture; solar energy in industry and buildings; and sustainable biofuels use in the aviation industry.

As a result of cost-effective gains from energy efficiency in both energy supply and demand; the faster uptakes of renewable energy and clean electrification; and the targeted increases in domestic oil and natural gas production, the localization rate in primary energy supply reaches 90% in the Efficient Growth Scenario until 2053 from about one-third at present (two-thirds in the Base Scenario by 2053). The share of fossil fuels in primary energy supply decreases to 48% in the Base Scenario and to 30% in the Efficient Growth Scenario. In the Base Scenario, emissions peak before the year 2053 but remain very close to their current level. In contrast, in the Efficient Growth Scenario, which strongly supports Turkey's energy independence goal, emissions peak before 2040 and fall more than 50% below their current level to 191 million tons of CO₂-eq in 2053. Thus, the perspective of efficient energy growth presented in this study supports an emission reduction pathway consistent with the country's 2053 net-zero emissions target as well as a strong decline in the carbon intensity.

The study analyzes the economic savings resulting from energy imports and emission reductions in detail. The cumulative economic benefit, which is \$1.1 trillion in the Base Scenario, increases to \$2.1 trillion in the Efficient Growth Scenario out to 2053. Investment requirements are assessed in a disaggregated manner based on technical efficiency investments and investments that provide fuel and technology switching and fossil fuel substitution in final demand sectors. In the Base Scenario, an average annual investment of \$9 billion provides an economic benefit of \$30 billion annually. In the Efficient Growth Scenario, an average annual investment of \$13 billion leads to \$58 billion annual benefit. The annual benefit-cost multiplier of 3.2 in the Base Scenario advances to 4.5 in the Efficient Growth Scenario. The Efficient Growth Scenario enables multifold contributions in energy security and clean energy transitions far exceeding the additional need for investment. The Efficient Growth Scenario can provide an additional benefit of \$28 billion with an average annual investment increase of \$4 billion compared to the Base Scenario.

In the Efficient Growth Scenario, the annual average growth rate in electricity demand is estimated to be approximately five times higher than the growth rate in overall energy demand. The expansion of electrification, which is mainly supported by intermittent wind and solar generation, will necessitate efforts for strengthening the flexibility of the electrical system. While digitalization and artificial intelligence support growth in electricity demand, they can also provide an important basis for innovative business models and collaborations towards more efficient energy consumption with optimization opportunities. A sensitivity analysis was also performed in the study regarding the pace of growth in power demand. If electrification occurs more rapidly than envisaged in the Efficient Growth Scenario, significant additional gains could be achieved as a result of the efficiency advantages of electricity. The localization rate in primary energy supply increases to 97% in 2053 while emissions are decreasing to approximately one-third of the current level. Fast electrification increases the benefit-cost multiplier to 4.7 with additional economic benefits.

Figure 5. Final Energy Demand Development in the Efficient Growth Scenario (2023-2053, Mtoe)

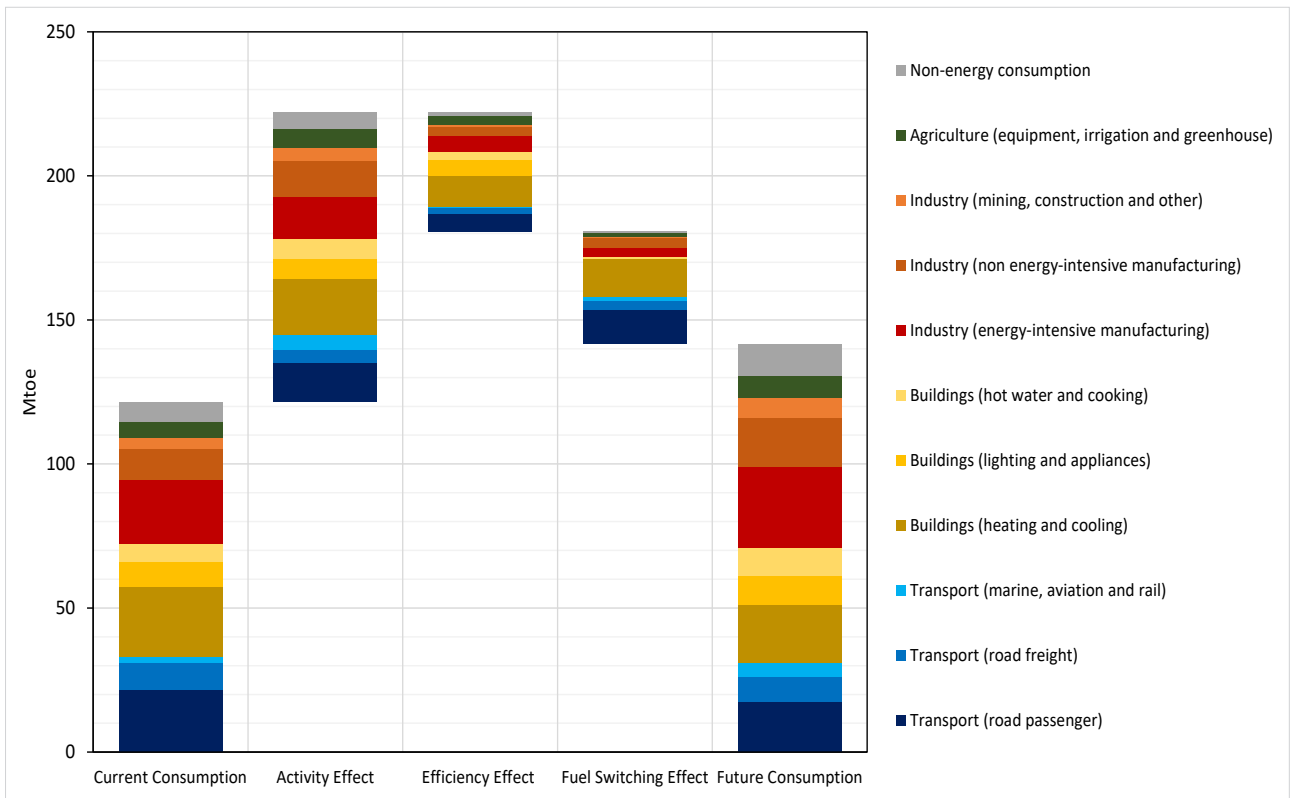


Figure 6. 2053 Energy Balance in the Efficient Growth Scenario (Mtoe)

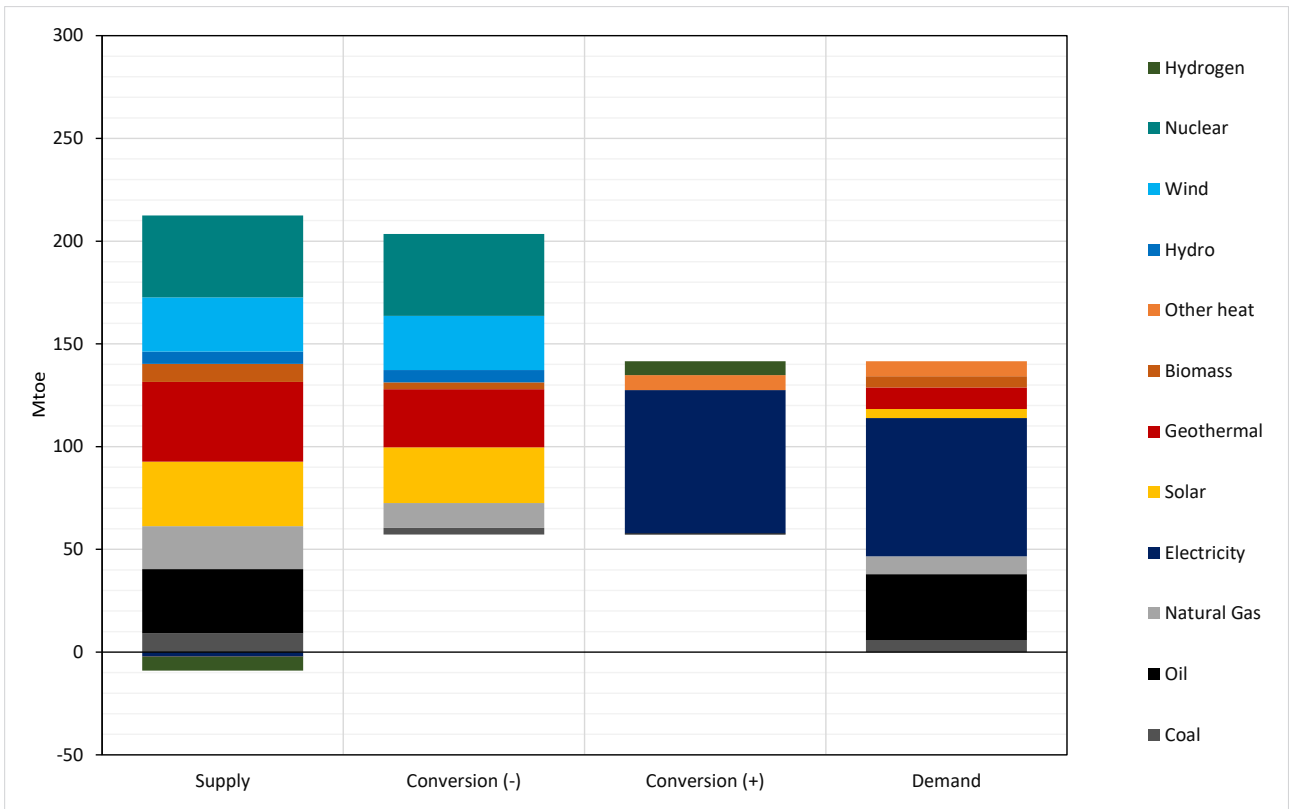


Figure 7. Annual Average Benefit, Cost and Cumulative Benefit–Cost Multiplier in IICEC Scenarios

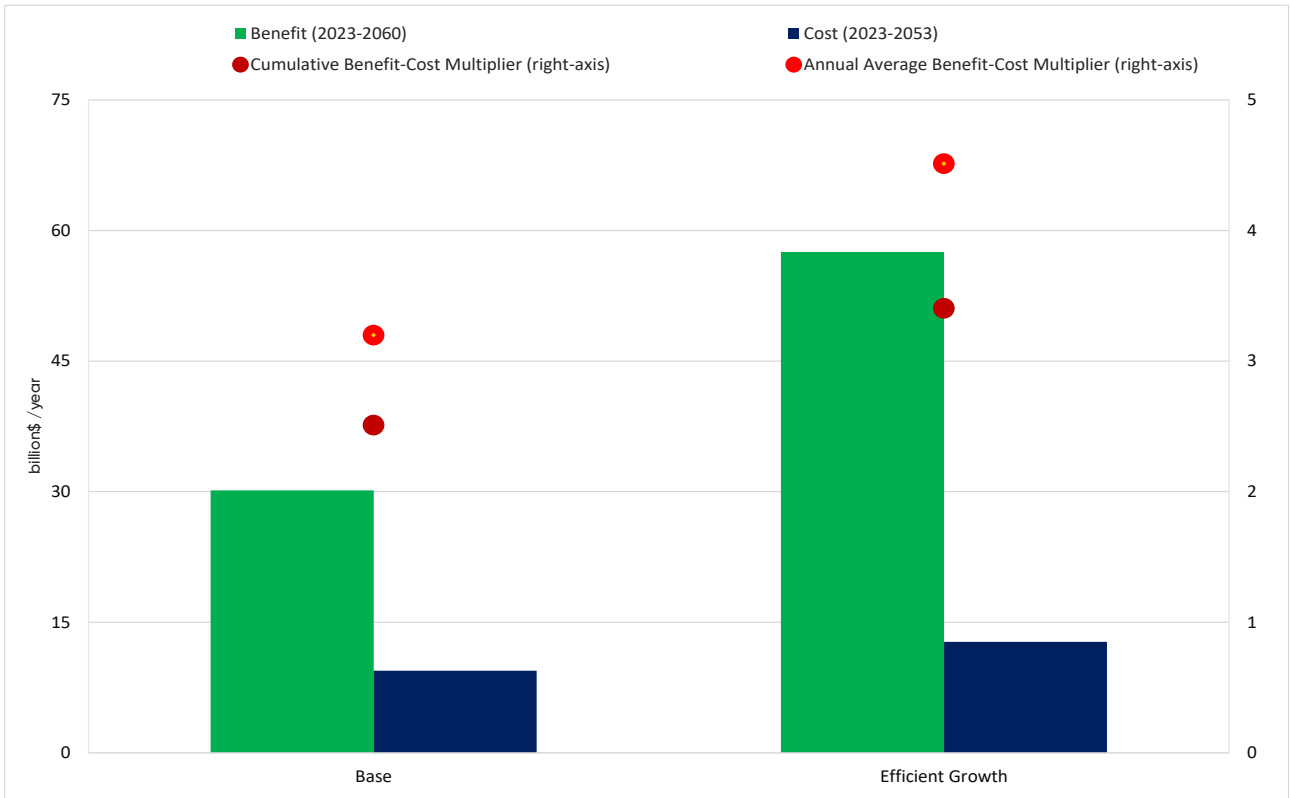
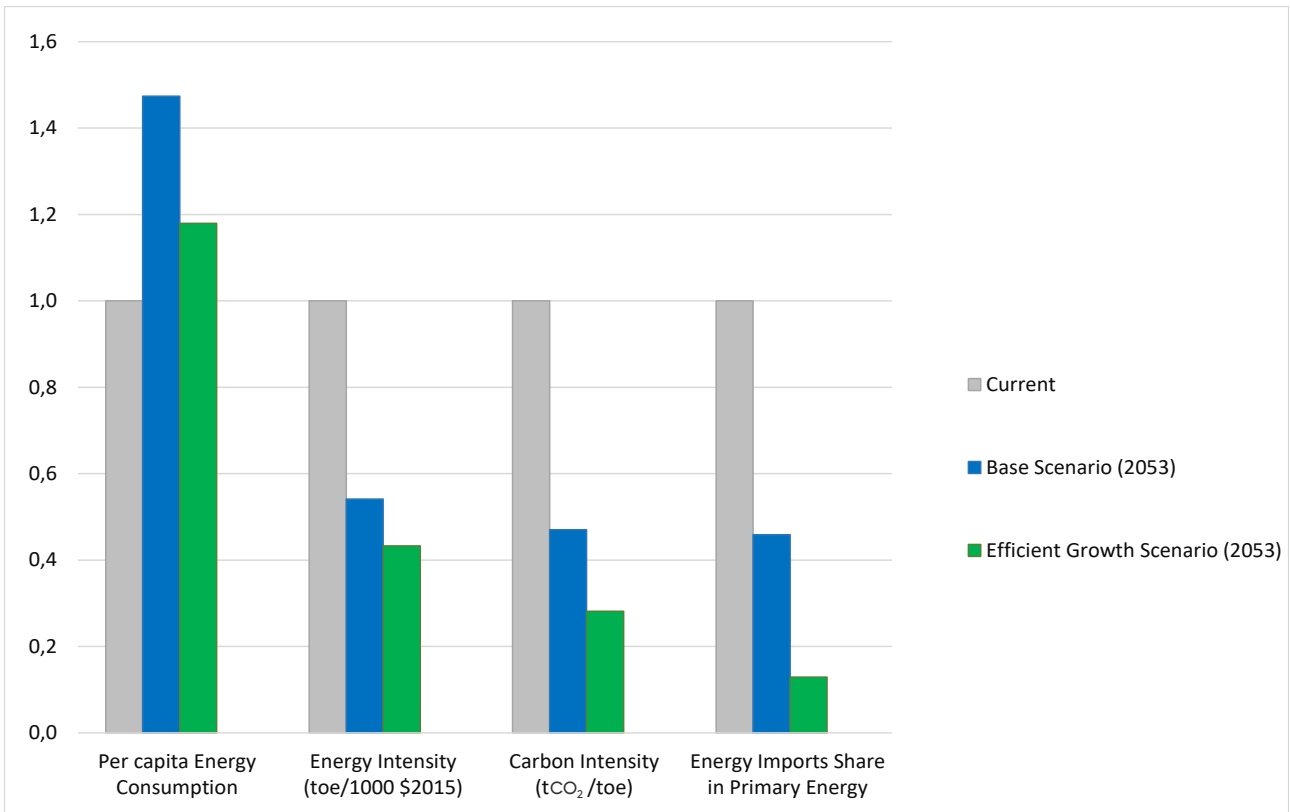


Figure 8. Future of Critical Energy and Climate Indicators in Scenarios (2024=1)



IICEC Recommendations

In addition to the tangible and cost-effective contributions it will provide for a more secure and sustainable energy future, the Efficient Growth Scenario also offers multifold value-added avenues for economic growth focused on clean and efficient energy technologies in line with emerging global and regional trends; efficient industry, export, and entrepreneurship models; the further development of more competitive energy markets in the ecosystem; and thus Türkiye's vision to become a trade center in energy. All these gains can be realized by continuing improvements in various areas such as long-term policy objectives and roadmaps, regulatory frameworks, investment environment, new business models, and technological development, all within public-industry-academia partnerships. IICEC recommends the following for benefitting from Türkiye's high potential in energy efficiency and efficient growth opportunities towards the realization of multifaceted energy, economic, and climate benefits:

- 1.** Implementing energy efficiency policies, strategies, and roadmaps in line with strong demand dynamics to support energy security, energy independence, and energy transition objectives,
- 2.** Raising awareness and promoting behavioral change to encourage more efficient energy use while fostering competitive and efficient energy markets, addressing social dimensions, and ensuring access to modern energy,
- 3.** Strengthening stakeholder collaboration to develop and implement innovative financing mechanisms and business models that diversify and expand the investment portfolio,
- 4.** Enhancing monitoring and measurement systems by leveraging data analytics, digitalization, and artificial intelligence to advance energy efficiency improvements,
- 5.** Developing a comprehensive building stock inventory and implementing a transformation program with a roadmap to improve energy efficiency performance, especially in old residential buildings,
- 6.** Maximizing fuel and energy efficiency in passenger and freight transportation through electric mobility, fleet renewal, intermodal shifts, micro-mobility, and integrated transport solutions,
- 7.** Expanding support for energy efficiency improvements to enhance competitiveness and value-added industries while promoting benchmarking studies, best practices, and advanced technologies,
- 8.** Accelerating the adoption of clean electrification and geothermal and solar heating to maximize technical energy efficiency and carbon reduction benefits,
- 9.** Establishing an effective heat market by promoting district heating and cooling systems, particularly those utilizing domestic and renewable resources, waste heat, and heat pump technologies for better management of heating and cooling energy demand,
- 10.** Integrating energy and resource efficiency into long-term urban and transportation infrastructure plans, industrial transformations, and sustainable agriculture and food supply strategies,
- 11.** Achieving an exemplary global leadership in energy efficiency by continuously advancing energy efficiency-focused policies and strategies.

Notlar

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

Notlar

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

Notlar

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

TÜRKİYE
ENERJİ VERİMLİLİĞİ
GÖRÜNÜMÜ | 2025



Sabancı
Üniversitesi

IICEC

SABANCI UNIVERSITY
ISTANBUL INTERNATIONAL
CENTER FOR ENERGY AND CLIMATE