TÜBA
TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

COP31 TÜRKİYE ANTALYA

COP31
EYLEM GÜNDEMİ HEDEFLERİ
SENTEZ RAPORU

Ankara, 2026



TÜRKİYE BİLİMLER AKADEMİSİ
TURKISH ACADEMY OF SCIENCES

COP31 TÜRKİYE ANTALYA

COP31 EYLEM GÜNDEMİ HEDEFLERİ: SENTEZ RAPORU

Ankara 2026

COP31 Eylem Gündemi Hedefleri: Sentez Raporu

The Synthesis Report on COP31 Action Agenda Targets

© Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları

TÜBA Rapor No: 72

ISBN: 978-625-8352-83-2

DOI: 10.53478/TUBA.978-625-8352-83-2

Bu rapor, ISBN 978-625-6110-84-7 numarasıyla İngilizce olarak yayımlanan özgün raporun Türkçeye birebir çevirisidir.

Yazarlar
Muzaffer Şeker
Halil Hasar
İsmail Koyuncu
İbrahim Dinçer
Mehmet Emin Aydın
Kazım Şahin
Fatih Gültekin
Emine Didem Evci Kiraz
Erol Kam
Osman Atilla Arıkan
Cem Korkut
Mürsel Doğrul
Abdulkadir Taşdelen
Kadriye Elif Maçin
Dogan Erdemir
Ayşegül Yağmur Gören
Zeynep Aysan Şahintaş

Yayın Danışmanı
Mürsel Doğrul

Grafik Tasarımcı
Mustafa Altıntepe

Basım Yeri ve Tarihi
Tek Ses Matbaacılık - ANKARA • 2026

Bu eserde yer alan tüm yazıların dil, bilimsel, etik ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir. Türkiye Bilimler Akademisi herhangi bir sorumluluk kabul etmemektedir.

COP31 Eylem Gündemi Hedefleri: Sentez Raporu / Muzaffer Şeker [ve öte..]. -- Ankara : Türkiye Bilimler Akademisi, 2026.
192 s. ; 16 x 24 sm. – (TÜBA Raporlar No; 72)
Bibliyografya içerir.
ISBN 978-625-8352-83-2
1.İklim değişikliği — Azaltım ve uyum önlemleri. 2. Climate change — Mitigation and adaptation measures. 3. Sürdürülebilir kalkınma — Yeşil sanayileşme ve döngüsel ekonomi. 4. Sustainable development — Green industrialization and circular economy. 5. İklim değişikliği — Eğitim, farkındalık ve eylem planları. 6. Climate change — Education, awareness and action plans.

QC981.8.G56 2026
363.7387

Bu eser, Creative Commons Atıf-GayriTicari-Türetilemez (BY-NC-ND) 4.0 Uluslararası Lisansı kapsamında lisanslanmıştır.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-No Derivative (BY-NC-ND) 4.0 International License.

YAZARLAR

Prof. Dr. Muzaffer Şeker
Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) Başkanı

Prof. Dr. Halil Hasar
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Değişikliği Başkanı

Prof. Dr. İsmail Koyuncu
TÜBA Çevre, Biyoçeşitlilik ve İklim Değişikliği Çalışma Grubu, Üyesi
İstanbul Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi

Prof. Dr. İbrahim Dinçer
TÜBA Enerji Çalışma Grubu, Yürütücü
Ontario Tech Üniversitesi & Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Mehmet Emin Aydın
TÜBA Çevre, Biyoçeşitlilik ve İklim Değişikliği Çalışma Grubu, Yürütücü
Necmettin Erbakan Üniversitesi Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Kazım Şahin
TÜBA Gıda ve Beslenme Çalışma Grubu, Yürütücü - Fırat Üniversitesi Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Fatih Gültekin
TÜBA Gıda ve Beslenme Çalışma Grubu, Üye - Lokman Hekim Üniversitesi Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Emine Didem Evci Kiraz
TÜBA Çevre, Biyoçeşitlilik ve İklim Değişikliği Çalışma Grubu, Üye
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Erol Kam
İstanbul Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Osman Atilla Arıkan
İstanbul Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Cem Korkut
TÜBA Sürdürülebilir Kalkınma ve Finans Çalışma Grubu, Üye
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Öğretim Üyesi

Doç. Dr. Mürsel Doğrul
TÜBA Uluslararası İlişkiler Çalışma Grubu, Üye / Türkiye TÜBA Genç Akademi, Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir Taşdelen
TÜBA Bilgi Teknolojileri, İletişim ve Yapay Zekâ Çalışma Grubu, Üye
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Öğretim Üyesi

Dr. Kadriye Elif Maçin
İstanbul Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi

Dr. Dogan Erdemir
Ontario Tech Üniversitesi Öğretim Üyesi

Dr. Ayşegül Yağmur Gören
Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi

Dr. Zeynep Aysan Şahintaş
Türkiye Bilimler Akademisi, TÜBA Uzman

İÇİNDEKİLER

Ön Söz **5**

Bölüm 1:
Elektrifikasyon **11**

Bölüm 2:
Sıfır Atık ve Metan Azaltımı **41**

Bölüm 3:
İklime Dirençli Şehirler **69**

Bölüm 4:
Yeşil Sanayileşme: Döngüsel Malzeme Kullanımı **101**

Bölüm 5:
İklim Değişikliği Konusunda Eğitim ve Farkındalığı Artırma **137**

Bölüm 6:
İklim Uygulama Köprüsü **157**

Bölüm 7:
Sonuç **181**

Yazarlar Hakkında **185**

Atıf: Şeker, M., Hasar, H., Koyuncu, İ., Dinçer, İ., Aydın, M. E., Şahin, K., Gültekin, F., Evci Kiraz, E. D., Kam, E., Arıkan, O. A., Korkut, C., Doğrul, M., Taşdelen, A., Maçin, K. E., Erdemir, D., Gören, A. Y., & Şahintaş, Z. A. (2026). *COP31 Eylem Gündemi Hedefleri: Sentez Raporu*. Türkiye Bilimler Akademisi. http://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-8352-83-2

ÖN SÖZ

Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA), *Encümen-i Dâniş* ve diğer ilim cemiyetleri gibi geç Osmanlı dönemi bilim kurumlarına kadar uzanan köklü bir bilimsel geleneğin günümüzdeki temsilcisidir. TÜBA, kuruluşundan bu yana doğa ve mühendislik bilimlerinden sağlık bilimlerine, sosyal bilimlerden beşerî bilimlere kadar bilimin tüm dallarının gelişimine; üstün nitelikli araştırmacıları destekleyerek, bilimsel üstünlüğü tanıyarak ve bilimsel bilginin toplum yararına uygulanmasını teşvik ederek katkı sunmaktadır. Bugün TÜBA, Türkiye'nin ulusal bilimler akademisi de bilim diplomasisi, disiplinler arası iş birliği ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında öncü bir kurum olarak hizmet vermektedir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 31. Taraflar Konferansı'na (COP31) ev sahipliği yapmak, ülkemiz de uluslararası toplum için tarihi bir sorumluluk ve önemli bir fırsattır. Bu kapsamda TÜBA, COP31 sürecine bilimsel bilgi ve kanıta dayalı öneriler sunmak amacıyla çalışma gruplarını, üyelerini ve daha geniş bilim camiasını seferber etmiştir. Çevre, Biyoçeşitlilik ve İklim Değişikliği, Enerji, Gıda ve Beslenme, Sürdürülebilir Kalkınma ve Finans, Uluslararası İlişkiler ile Bilgi Teknolojileri, İletişim ve Yapay Zekâ Çalışma Grupları aracılığıyla son on beş yıldır sürdürdüğümüz çalışmalar, iklimle ilgili konuların ele alınmasında sağlam bir bilimsel temel oluşturmuştur. Bu disiplinler arası iş birliği, TÜBA'nın bilim camiasının ortak uzmanlığını yansıtan elinizdeki raporu ortaya çıkarmıştır.

Günümüzde iklim eylemi yalnızca çevre politikasından ibaret değildir. Bilim, teknoloji ve uluslararası iş birliğini de gerektirmektedir. Ulusal bir bilimler akademisi olarak TÜBA, uluslararası bilimsel kuruluşlar ve ağlarla iş birliği yaparak iklim eylemi ve sürdürülebilir kalkınmanın bilimsel temelini etkin biçimde desteklemektedir. Bunlar arasında G20 Baş Bilim Danışmanları Yuvarlak Masası (G20 CSAR), Bilim20 (S20), Uluslararası Bilim Konseyi (ISC), Akademiler Arası Ortaklık (IAP), Tüm Avrupa Akademileri (ALLEA) ve Türk Dünyası Akademiler Birliği yer almaktadır. TÜBA ayrıca Asya Bilim Akademileri Birliği (AASSA) ve Avrupa-Akdeniz Akademik Ağı (EMAN) aracılığıyla bölgesel bilimsel iş birliğine de aktif olarak katkıda bulunmaktadır. Bu iş birliklerinin öncelikli alanları arasında iklim değişikliği, biyoçeşitlilik, çevresel sürdürülebilirlik ve bilim diplomasisi bulunmaktadır. TÜBA, bu platformlar aracılığıyla ortak politika belgelerinin hazırlanmasına katılmakta, uluslararası bilimsel etkinliklerin düzenlenmesine destek vermekte ve kanıta dayalı politika yapımını güçlendirmek ile ortak çevresel zorluklara yanıt üretmek amacıyla ortak akademilerle iş birliği yapmaktadır. Bu bağlılığın bir yansıması olarak TÜBA, 2027 yılında İstanbul'da "Küresel Kriz

Dönemlerinde Bilim: Parçalanmış Bir Dünyada Sınırların Ötesine Geçmek" temasıyla Dünya Bilim Forumu'na ev sahipliği yapacaktır. Bu forum, iklim değişikliği, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık gibi küresel konularda bilime dayalı çözümleri teşvik etmek üzere bilim insanlarını, politika yapıcıları ve uluslararası kuruluşları bir araya getirecektir. Bu girişimler, bilim diplomasisinin uluslararası iş birliğini geliştirmek ve küresel iklim krizine ortak çözümler üretmek açısından ne denli önemli olduğuna dair inancımızı ortaya koymaktadır.

İklim değişikliğiyle mücadelenin gelecek nesil bilim insanlarının güçlendirilmesine bağlı olduğunun bilinciyle TÜBA, nitelikli bilimsel ve akademik programları aracılığıyla bilimsel kapasitenin geliştirilmesine önem vermektedir. Bu programlar arasında TÜBA Üstün Başarılı Genç Bilim İnsanı Ödül Programı (GEBİP) ve TÜBA-TEKNOFEST Doktora Bilim Ödülleri yer almaktadır. TÜBA bu programlar kapsamında, ileri teknolojiler, yapay zekâ, iklim bilimi, iklim güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik ile dayanıklılığı destekleyen diğer alanlardaki araştırmalara öncelik vermektedir. TÜBA, seçkin genç araştırmacıları destekleyerek ve disiplinler arası bilimsel üstünlüğü teşvik ederek teknolojik yeniliği hızlandırmayı, ulusal bilimsel kapasiteyi güçlendirmeyi ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemeye yönelik küresel girişimlere katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Yapay zekâ, insanlığın iklim değişikliğine verdiği yanıtta belirleyici teknolojilerden biri hâline gelmek üzeredir. Yapay zekâ; erken uyarı sistemlerinden afet tahminine, enerji optimizasyonundan su kaynakları yönetimine, biyoçeşitlilik izlemesinden karbon muhasebesi ve iklim modellemesine kadar çevresel dayanıklılığı artırmak için benzeri görülmemiş fırsatlar sunmaktadır. Ancak bizim inancımız, bu teknolojilerin uluslar arasındaki eşitsizlikleri derinleştiren rekabet araçlarına dönüşmemesi, aksine insanlığı ortak geleceğimizi korumak üzere birleştiren araçlar olması gerektiğidir. Bu nedenle TÜBA, yapay zekânın çevresel sürdürülebilirliği destekleme ve küresel iklim hedeflerine ulaşmayı hızlandırmadaki dönüştürücü rolünü göz önünde bulundurarak, etik, sorumlu ve insan odaklı bir yapay zekâ gelişimini vurgulamaktadır.

Günümüzün çevresel krizlerinin birçoğu yalnızca iklim değişikliğinin bir sonucu değildir. Bu krizler insan faaliyetlerinin, kaynakların sürdürülemez kullanımının ve silahlı çatışmaların da bir ürünüdür. Gazze'deki soykırım ve Ukrayna'daki işgal başta olmak üzere, dünyanın çeşitli bölgelerinde hâlen devam eden savaş ve çatışmalar; yol açtıkları yıkıcı insani kayıpların yanı sıra ekosistemler, biyoçeşitlilik, su kaynakları, tarım arazileri ve çevre sağlığı üzerinde de uzun vadeli ve kalıcı hasarlara neden olmaktadır. Son dönemde hazırlanan Birleşmiş Milletler raporları, silahlı çatışma ile çevresel bozulma arasındaki yakın ilişkiyi giderek daha fazla vurgulamaktadır. TÜBA Uluslararası İlişkiler Çalışma Grubumuz da yaptığı çalışmalarda, barış, güvenlik, çevre koruma ve sürdürülebilir kalkınma arasındaki birbirine bağlılığı vurgulamaya devam etmektedir. Kalıcı bir çevresel sürdürülebilirliğin teminatı, kalıcı bir barıştan geçmektedir.

Bu sentez rapor, COP31 hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlayabilecek öncelikler, uygulama stratejileri ve politika önerilerine dair kapsamlı bir bilimsel değerlendirme sunmaktadır. Bilim insanlarının, politika yapıcıların, diplomatların ve COP31'in tüm diğer paydaşlarının, bilimsel kanıtlara, uluslararası iş birliğine ve ortak sorumluluğa dayalı geniş bir uluslararası mutabakat oluşturmak üzere iş birliği yapacağını umuyoruz. Bilimin, iklim krizinin üstesinden gelinmesinde, olumsuz etkilerinin azaltılmasında ve gelecek nesiller için daha dayanıklı ve sürdürülebilir bir geleceğin inşa edilmesinde insanlığın en güvenilir rehberi olmaya devam edeceğine kesinlikle inanıyoruz.

Türkiye'nin COP31'e ev sahipliği yapması sürecindeki seçkin liderliği, güçlü kararlılığı ve değerli çabaları için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanı Sayın Murat Kurum'a en derin şükranlarımı sunmak isterim. Kendisinin vizyonu ve özverisi, iklim değişikliğiyle mücadelede ve olumsuz etkilerinin azaltılmasında ulusal ve uluslararası iş birliğini önemli ölçüde güçlendirmiştir. Ayrıca, COP31 hazırlık sürecine ve Türkiye'nin iklim eylemine yönelik yoğun çabaları, uzmanlığı ve değerli katkıları için İklim Değişikliği Başkanı Prof. Dr. Halil Hasar'a da en içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, bu raporun yazarlarına, tüm TÜBA Çalışma Grubu üyelerine, katkı sunan bilim insanlarına ve bu raporun ortaya çıkmasında emeği, uzmanlığı ve özverisiyle katkıda bulunan herkese teşekkür ederim.

Prof. Dr. Muzaffer Şeker
Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) Başkanı

TERİMLER VE SİMGELER

1. Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
BAU	Mevcut Eğilimlerin Devamı Senaryosu (Business as Usual)
BM	Birleşmiş Milletler
CCUS	Karbon Yakalama, Kullanım ve Depolama (Carbon Capture, Utilisation and Storage)
CIB	İklim Uygulama Köprüsü (Climate Implementation Bridge)
COP	Taraflar Konferansı (Conference of the Parties)
DMKO	Döngüsel Malzeme Kullanım Oranı
EPA	ABD Çevre Koruma Ajansı
ESCO	Enerji Hizmet Şirketi (Energy Service Company)
ETS	Emisyon Ticaret Sistemi
EUI	Enerji Kullanım Yoğunluğu (Energy Use Intensity)
EV	Elektrikli Araç (Electric Vehicle)
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GlobalABC	Küresel Binalar ve İnşaat İttifakı (Global Alliance for Buildings and Construction)
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (International Renewable Energy Agency)
IRP	Uluslararası Kaynak Paneli
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü (International Organization for Standardization)
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
LCOE	Seviyelendirilmiş Elektrik Maliyeti (Levelized Cost of Electricity)
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquefied Petroleum Gas)
MEPS	Asgari Enerji Performansı Standartları (Minimum Energy Performance Standards)
NDC	Ulusal Katkı Beyanı (Nationally Determined Contribution)
NZE	Net Sıfır Emisyon (Net Zero Emissions) Senaryosu
nZEB	Neredeyse Sıfır Enerjili Bina (nearly Zero-Energy Building)
OSB	Organize Sanayi Bölgeleri

SECAP	Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (Sustainable Energy and Climate Action Plan)
SGE	Sera Gazı Emisyonu
SKA	Sürdürülebilir Kalkınma Amacı
STEPS	Belirtilen Politikalar Senaryosu (Stated Policies Scenario)
TÜBA	Türkiye Bilimler Akademisi
UN DESA	Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi (United Nations Department of Economic and Social Affairs)
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme)
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change)
UNIDO	Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
YDD	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
YZ	Yapay Zekâ

2. Semboller ve Birimler

°C	Santigrat derece
CO_2	Karbondioksit
GW	Gigavat
kWh	Kilovatsaat
kWh/m²	Kilovatsaat / metrekare (enerji kullanım yoğunluğu birimi)
m²	Metrekare
TWh	Teravatsaat
USD	ABD Doları

BÖLÜM 1

ELEKTRİFİKASYON

Özet

Dünya, Thomas Edison'un New York City'de (ABD) Pearl Street güç santralini faaliyete geçirdiği 1882 yılından bu yana Elektrik Çağı'nda olduğu kabul edilmektedir. Elektrik günümüzde küresel nihai enerji tüketiminin yaklaşık %21'ini oluşturmaktadır; buna karşın küresel ekonominin %40'ından fazlasını temsil eden sektörler için temel enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Elektrik kullanımı küresel enerji talebinden yaklaşık dört kat daha hızlı büyümektedir. Bu rapor, öncelikle bu dönüşümü hızlandıran ekonomi, enerji, çevre, nüfus, sektörel büyüme, teknoloji ve sosyal ile politika boyutları gibi bazı temel itici güçleri ve elektrifikasyon sektörünü gelecekte dirençli ve sürdürülebilir kılmak için gerekli koşulları incelemektedir. İlk olarak elektriğin günümüz enerji sistemindeki konumunu ve belirtilen politikalar kapsamında 2035'e kadar yıllık yaklaşık 1.000 TWh büyümesi öngörülen hızla artan talebin arkasındaki ekonomik, teknolojik, enerji sistemi ve politika itici güçlerini tanımlamaktadır. Ardından sanayi, ulaşım ve binalar genelindeki enerji dönüşümlerinde elektrifikasyonun rolünü ve bunun yanında yenilenebilir enerji kaynaklarının payının bugünkü üçte bir seviyesinden 2035'e kadar yarının üzerine çıktığı elektrik arzını, karbondan arındırma potansiyelleriyle birlikte değerlendirmektedir. Söz konusu dönüşümün enerji güvenliği üzerindeki etkilerini; şebeke esnekliği, depolama ve kritik mineral tedarik zincirleri dâhil olmak üzere ayrıntılı biçimde analiz etmektedir. Bu değerlendirme, 2025 yılında enerjiye yatırılan 3,3 trilyon ABD dolarının yarısını elektrik harcamalarının oluşturduğu bir ortamda, yatırım dinamiklerinin yanı sıra erişilebilirlik ve uygun maliyet boyutlarını da kapsamaktadır. Ayrıca yaklaşık 730 milyon insanın hâlâ elektrikten yoksun olduğu göz önünde bulundurularak, dönüşümün kapsayıcı elektrifikasyon üzerindeki etkileri incelenmektedir. Bu rapor; nihai enerji tüketimindeki elektrik payını 2035 yılına kadar %35 seviyesine çıkarmak amacıyla elektrifikasyonu hızlandırmanın teknik olarak mümkün ve ekonomik açıdan avantajlı olduğu sonucuna varmaktadır. Bununla birlikte sürecin başarısı; şebekelere, depolama sistemlerine ve erişime yönelik öngörülü (önceden) yatırımların yapılmasına, dirençli tedarik zincirlerinin kurulmasına ve adil sonuçlar sağlayacak kararlı politikaların uygulanmasına bağlıdır.

Anahtar Kelimeler: COP31, Net sıfır hedefleri, Enerji dönüşümü, Elektrik talebi, Arz-talep dengesi, Dirençlilik, Yenilenebilir enerji, Sürdürülebilirlik

1.1. Giriş

Son on yılın küresel enerji tartışmalarının başında; petrol ve doğal gaz piyasalarının dalgalanması, jeopolitik nedenlerle aksayan tedarik zincirlerinin güvenliği ve emisyon azaltımı uygulanmamış (unabated) kömür kullanımının kademeli olarak azaltılması zorunluluğu gibi nedenlerden dolayı fosil yakıtlar gelmektedir. Ancak, bu tartışmaların ötesinde, elektrifikasyon ile önemli bir yapısal değişim ivme kazanmaktadır. 2010 yılından bu yana elektrik talebi, toplam enerji talebinin neredeyse iki katı hızla büyümüş ve 2024 yılında %4,3'e hızlanarak tek bir yılda 1.080 TWh eklemiş, önceki on yılın yıllık ortalamasını neredeyse ikiye katlamıştır (IEA, 2025c). Uluslararası Enerji Ajansı'nın temel çalışmalarından olan World Energy Outlook 2025 raporu, dünyanın artık kararlı bir şekilde Elektrik Çağı'na geçtiği ve elektrik kullanımının 2035'e kadar genel enerji talebinden dört kat daha hızlı artacağının öngörüldüğü sonucuna varmaktadır (IEA, 2025a).

Bu rapor; toplam nihai enerji tüketimindeki elektrik payını ifade eden küresel elektrifikasyon oranını 2035 yılına kadar %35'e çıkarmayı hedeflemekte ve bu hedefi küresel veriler ışığında temellendirmektedir. İkinci Bölüm, elektriğin günümüz enerji sistemindeki konumunu ve Elektrik Çağı'nı yönlendiren temel dinamikleri tanımlamaktadır. Üçüncü Bölüm; sanayi, şebeke, ulaşım ve binalar olmak üzere dört ana nihai kullanım sektöründe elektrifikasyonun rolünü ve elektrik arzının karbondan arındırma sürecini incelemektedir. Dördüncü Bölüm ise dönüşümün geniş kapsamlı etkilerini sunduğu yan faydalar, ihtiyaç duyduğu temel kolaylaştırıcılar, enerji güvenliği, erişilebilirlik, yatırım boyutları ve küçük ada sistemlerine özel bir odaklanmayla kapsayıcı elektrifikasyon üzerinden değerlendirmektedir. Rapor genelindeki grafikler ve görseller; IEA, IRENA ve hakemli literatürde yer alan verilere dayanılarak TÜBA Enerji Çalışma Grubu tarafından hazırlanmış ve kaynaklar doğrudan her şeklin altında belirtilmiştir. Öngörülen değerler ise yaklaşık ve yuvarlatılmış rakamlardır.

Bu bölümün amacı, COP31 Başkanlığı'nın 2035 Küresel Uygulama Hedefleri kapsamında yer alan 1. Hedefe; yani küresel nihai enerji tüketimindeki elektrik payını 2035 yılına kadar %35'e çıkarma hedefine bilimsel ve analitik bir temel oluşturmaktır. Bölüm, özel olarak şu dört amacı takip etmektedir:

- Güncel küresel verilere dayanarak elektrik merkezli bir enerji sistemine geçişin halihazırda başladığını ortaya koymak ve bu süreci hızlandıran dinamikleri belirlemek,
- Sanayi, ulaşım ve binalardaki gerçekçi elektrifikasyon potansiyelini ve elektrifikasyonun iklim açısından sunduğu değeri en üst seviyeye çıkaracak arz tarafı karbondan arındırma gereksinimlerini nicelleştirmek,

- Hedefe ulaşılmasını temin edecek temel kolaylaştırıcı koşulları değerlendirmek,
- Tüm bu kanıtları; %35 hedefine 2035 yılına kadar ulaşılabileceğini ve başarının doğrulanabileceğini gösteren, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Paris Anlaşması ile uyumlu adım adım bir eylem planına dönüştürmektir.

Bölümün, hem ulusal elektrifikasyon yol haritalarını hazırlayan Taraflar için bir referans belgesi hem de İklim Uygulama Köprüsü (Climate Implementation Bridge, CIB) mekanizmasının elektrifikasyon sütununa analitik bir zemin sunması amaçlanmaktadır.

1.2. Elektrik Çağı

Bu raporda incelenen dönüşüm, temel bir gerçeğe dayanmaktadır: Elektrik, sıradan enerji taşıyıcılarından biri olmaktan çıkarak küresel enerji sisteminin stratejik merkezine yerleşmiştir. Mevcut bölüm, söz konusu tespiti iki aşamada ortaya koymaktadır. İlk olarak, elektriğin günümüz enerji sistemindeki konumu; nihai tüketimdeki payı, orantısız ekonomik ağırlığı, ivme kazanan talep büyümesi ve büyük ekonomiler arasındaki elektrifikasyon seviyesi farklılıkları çerçevesinde tanımlanmaktadır (Bölüm 2.1). Bölüm 2.2 ise bu kritik dönüşüm çağının neden tam da günümüzde yaşandığını, birbirini besleyen beş temel dinamik üzerinden incelemektedir:

- Ekonomik Güçler: Artan gelir düzeyi, yükselen soğutma talebi ve değişen tüketim merkezleri,
- Verimlilik Avantajı: Elektrikli nihai kullanımların sistem yapısından doğan verimlilik üstünlüğü,
- Teknolojik ve Maliyet Devrimi: Yenilenebilir enerji, batarya ve dijital teknolojilerde yaşanan maliyet düşüşleri,
- Politika Mimarisi: Paris Anlaşması ve ulusal sanayi stratejileri doğrultusunda şekillenen yeni politika çerçevesi,
- Çevresel Kazançlar: Elektrifikasyonun sağladığı doğrudan çevresel getiriler (daha temiz hava, azaltılan su stresi ve düşen kaynak üstü emisyonlar).

1.2.1. Günümüz Enerji Sistemlerinde Elektriğin Rolü

Elektrik günümüzde küresel toplam nihai enerji tüketiminin yaklaşık %21'ini oluşturmaktadır. Bu oran yüzyılın başında %15 civarındaydı (IEA, 2025a). Bu toplam pay elektrik kullanımı hakkında bir bilgi verse de ekonomik önemini tam olarak yansıtmamaktadır. Çünkü elektrik küresel ekonominin %40'ından fazlasını temsil eden sektörler için temel enerji kaynağı ve çoğu hane halkı için ana enerji kaynağıdır; bu nedenle elektrik fiyatları giderek tüketiciler ve politika yapıcılar için temel referans noktası haline gelmektedir (IEA, 2025a). Elektrifikasyon seviyeleri

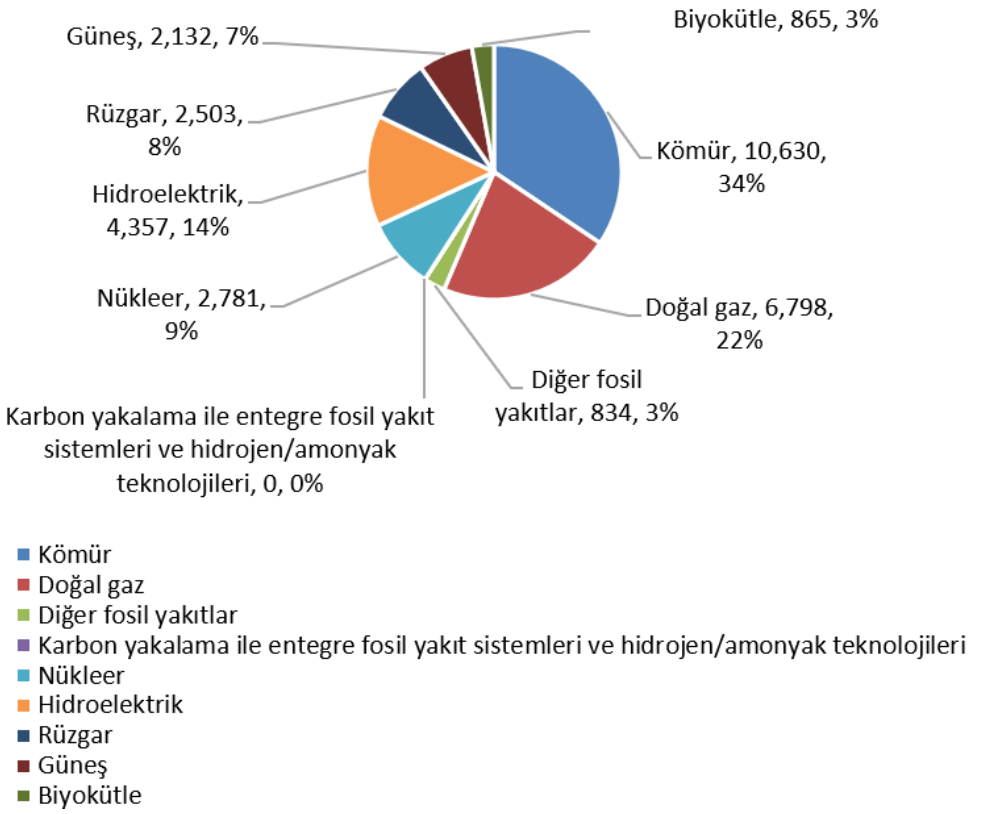
büyük ekonomiler genelinde önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Örneğin; nihai tüketimdeki elektrik payı, son on beş yılda diğer büyük ekonomilerden daha hızlı elektrifikasyon yapan Çin'de yaklaşık %28'e ulaşırken, bu oran Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık %22 ve Avrupa Birliği'nde %21 seviyelerindedir (IEA, 2025b).

Şekil 1.1'deki karşılaştırma, önümüzdeki on yılda küresel elektrik üretiminde gerekli olan dönüşümün ölçeğini ve niteliğini göstermektedir. 2024 yılında fosil yakıtlar hâlâ dünya elektriğinin yaklaşık %59'unu (toplam yaklaşık 30.900 TWh'in 18.300 TWh'ini) sağlarken; kömür tek başına %34 (10.600 TWh) ve doğal gaz %22 (6.800 TWh) paya sahiptir (Ember, 2025). Net sıfır ile uyumlu bir yol haritasında, ulaşım, binalar ve sanayinin elektrifikasyonuna hizmet etmek amacıyla toplam üretim %40'tan fazla artarak yaklaşık 44.000 TWh'e çıksa bile bu payın 2035 yılına kadar %13 civarına düşmesi gerekmektedir (IEA, 2025a). Bu nedenle dönüşüm, mevcut hacmin birebir yer değiştirmesinden ibaret değildir: Sistemin eş zamanlı olarak hem karbondan arınmış olması hem de ölçek büyütmesi gerekmektedir.

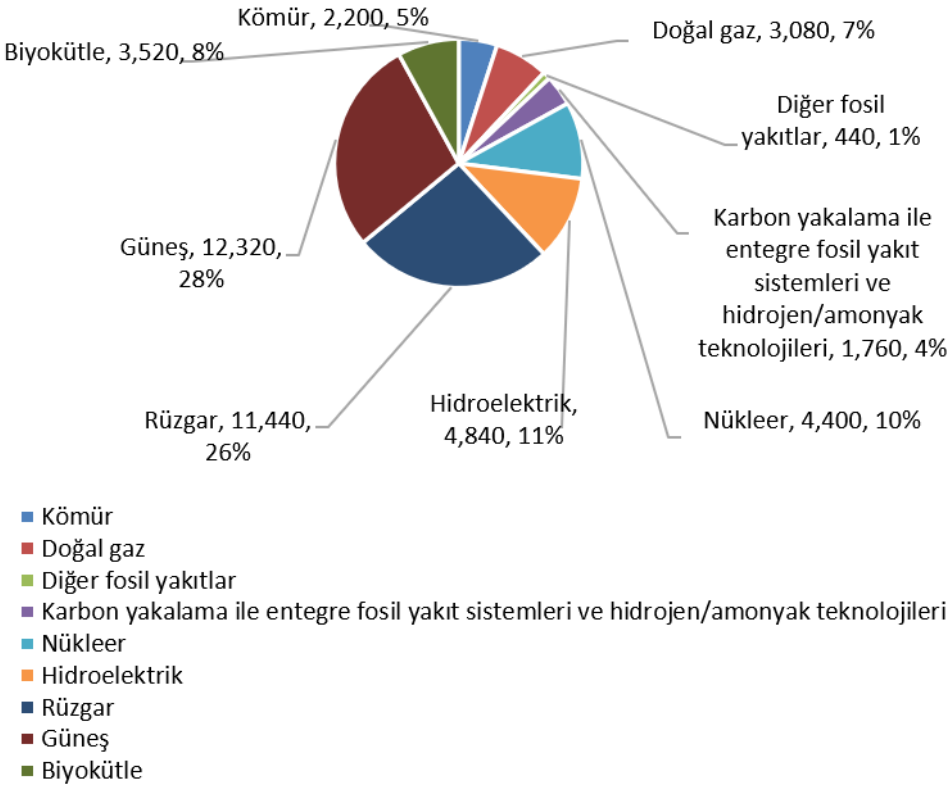
Bu geçiş sürecini üç niceliksel dönüşüm şekillendirmektedir. İlk olarak, kömür tabanlı elektrik üretimi yaklaşık 10.600 TWh seviyesinden 2.200 TWh'e gerilemelidir. Mutlak bazda %80'e varan bu daralma, yıllık ortalama %13'lük kesintisiz bir düşüşe karşılık gelmektedir. Bu durum; karbon yakalama teknolojisine sahip olmayan yeni kömür santrali yatırımlarının durdurulmasını, mevcut santral filosunun emekliye ayrılmasının veya dönüştürülmesinin hızlandırılmasını ve santral yaşının genç olduğu dolayısıyla aksi takdirde onlarca yıl daha çalışacak olan sistemlerde kademeli azaltıma öncelik verilmesini gerektirmektedir. Karbon yakalamasız doğal gaz üretimi ise yarı yarıya azalmalı; baz yük kaynağı olmaktan çıkarak giderek daha düşük kapasite faktörleriyle çalışan bir esneklik sağlayıcısına dönüşmelidir.

İkinci olarak, güneş ve rüzgâr enerjisi sistemin ana omurgasını oluşturmalıdır. Bu iki kaynağın toplam üretimdeki payı 2024'teki %15 seviyesinden 2035'e kadar yaklaşık %54'e yükselmelidir. Bu durum; güneş enerjisi üretiminin yaklaşık altı kat (2.100 TWh'ten 12.300 TWh'e), rüzgâr enerjisinin ise dört kattan fazla (2.500 TWh'ten 11.400 TWh'e) büyümesini gerektirmekte olup, yılda 600 GW veya üzerinde kesintisiz ilave kapasite devreye alınmasıyla mümkündür (IEA, 2025a).

Üçüncü olarak, esnek ve kesintisiz düşük emisyonlu kaynaklar, oransal payları sabit görünse dahi mutlak üretim miktarında büyüme göstermektedir: Nükleer enerji üretimi yaklaşık %10'luk payını korurken toplamda %40 civarında büyümekte; hidroelektrik üretimi payı bir miktar gerilese de üretim miktarını yaklaşık %10 artırmaktadır. Karbon yakalama, kullanım ve depolama (CCUS) teknolojili fosil santralleri ile hidrojen ve amonyak yakıtlı tesisler ise ihmal edilebilir bir seviyeden toplam üretimin yaklaşık %4'üne ulaşarak, derinlemesine dekarbonize edilmiş sistemlerde ihtiyaç duyulan sevk edilebilir (dispatchable) dengeleme kapasitesini sağlamaktadır.



(a)

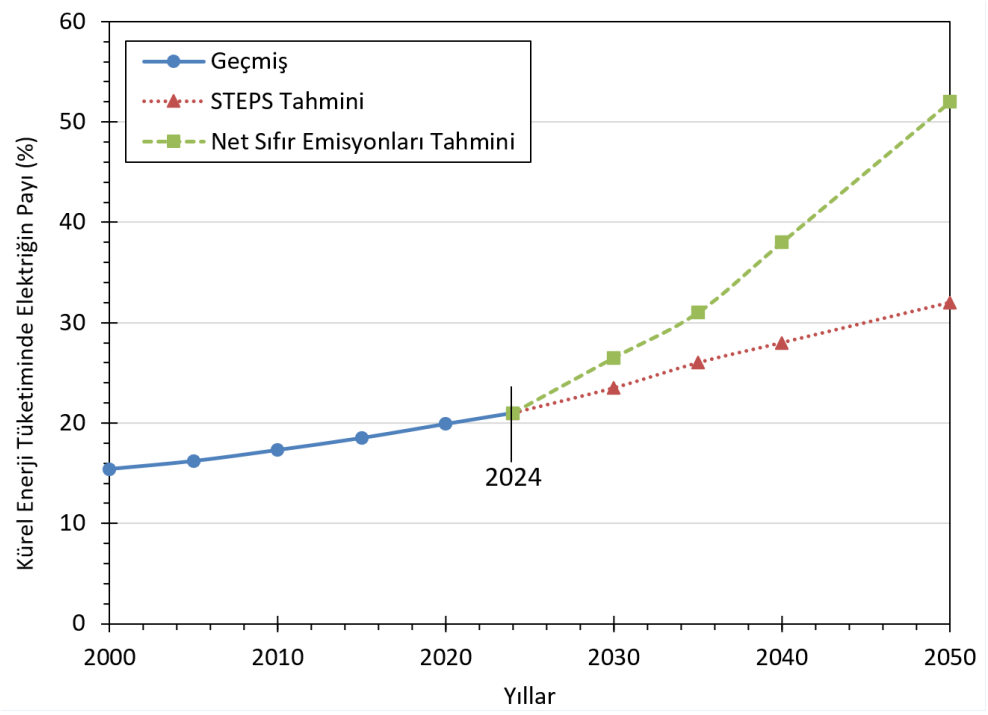


(b)

Şekil 1.1 *Küresel elektrik üretiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı (a) 2024 vs (b) 2035 (NZE uyumlu) (veriler IEA 2025a, 2025b ve Ember, 2025'ten alınmıştır)*

Bu dönüşümlerin yapısal etkisi, büyüklükleri kadar kritik bir önem taşımaktadır. Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam üretimin yarısından fazlasını karşıladığı bir sistem, fosil yakıt çağının yöntem ve araçlarıyla işletilemez. Bu doğrultuda; şebeke yatırımları üretim yatırımlarıyla paralel şekilde artırılmalı, depolama kapasitesi COP29'da belirlenen "2030 yılına kadar 1.500 GW" taahhüdüyle uyumlu olarak ölçeklendirilmeli; talep tarafı esnekliği, akıllı şarj, termal depolama ve sanayi yük kaydırma uygulamaları kitlesel olarak devreye sokulmalıdır (IEA, 2025a). Bu doğrultuda Şekil 1.2, politika yapıcılar için iki temel mesaj sunmaktadır:

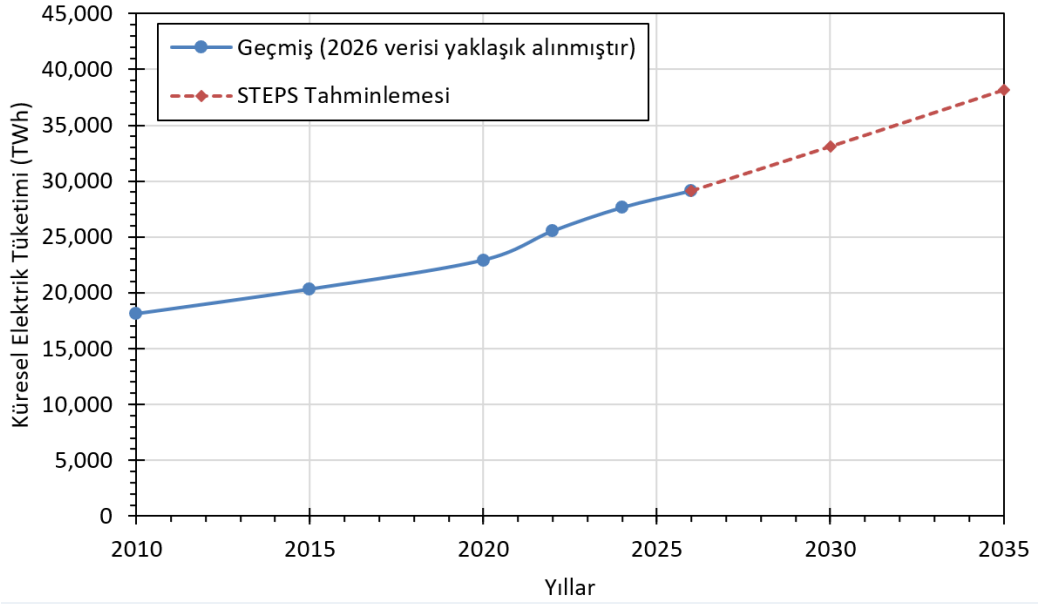
- Ulaşılması hedeflenen nokta; günümüzdekine kıyasla neredeyse yarı yarıya daha büyük, güneş ve rüzgâr odaklı bir güç sistemidir.
- 2035'e kadar uzanan önümüzdeki on yıllık dönem, bu yeni sistemin ihtiyaç duyduğu kolaylaştırıcı altyapının eksiksiz biçimde inşa edilmesi gereken kritik bir zaman aralığıdır.



Şekil 1.2 *2000-2050 yılları arasında küresel toplam nihai enerji tüketimindeki elektriğin payı (veriler IEA, 2025a'dan alınmıştır)*

Talep dinamiklerinin, bu dönüşümün yapısal niteliğini doğruladığını belirtmek önem arz etmektedir. Şekil 1.3'te görüldüğü üzere, küresel elektrik tüketiminin 2026 yılında 29.000 TWh seviyesini aşması ve IEA'nın Belirtilen Politikalar Senaryosu (STEPS) çerçevesinde 2035 yılına kadar her yıl ortalama 1.000 TWh büyümesi beklenmektedir. Bu yıllık artış, her yıl Japonya'nın toplam yıllık tüketiminden daha fazla bir miktarın sisteme eklenmesi anlamına gelmektedir (IEA, 2025a, 2025d). Söz konusu büyüme oldukça geniş bir tabana yayılmaktadır:

- Çin, 2030 yılına kadar Avrupa Birliği'nin mevcut toplam tüketimine eşdeğer miktarda ilave talep yaratarak küresel büyümenin en büyük tek kaynağı olmayı sürdürmektedir.
- Hindistan (yıllık %6,3–6,4 büyüme) ve Güneydoğu Asya (tüketiminin 2024'teki 1.300 TWh seviyesinden 2035'e kadar 2.100 TWh'e yükselmesi öngörülmektedir) küresel talebin yeni ana merkezleri olarak öne çıkmaktadır.
- Gelişmiş Ekonomilerde ise on beş yıldır süregelen durgunluk döneminin ardından veri merkezleri, elektrikli araçlar ve ısı pompalarının yaygınlaşmasıyla birlikte yeniden bir talep artışı sürecine girmiştir (IEA, 2025b, 2026).



Şekil 1.3 *Küresel elektrik talebinin yıllar içerisindeki değişimi (veriler IEA 2025a, 2025b ve 2025c'den alınmıştır)*

1.2.2. Elektrik Çağının Boyutları

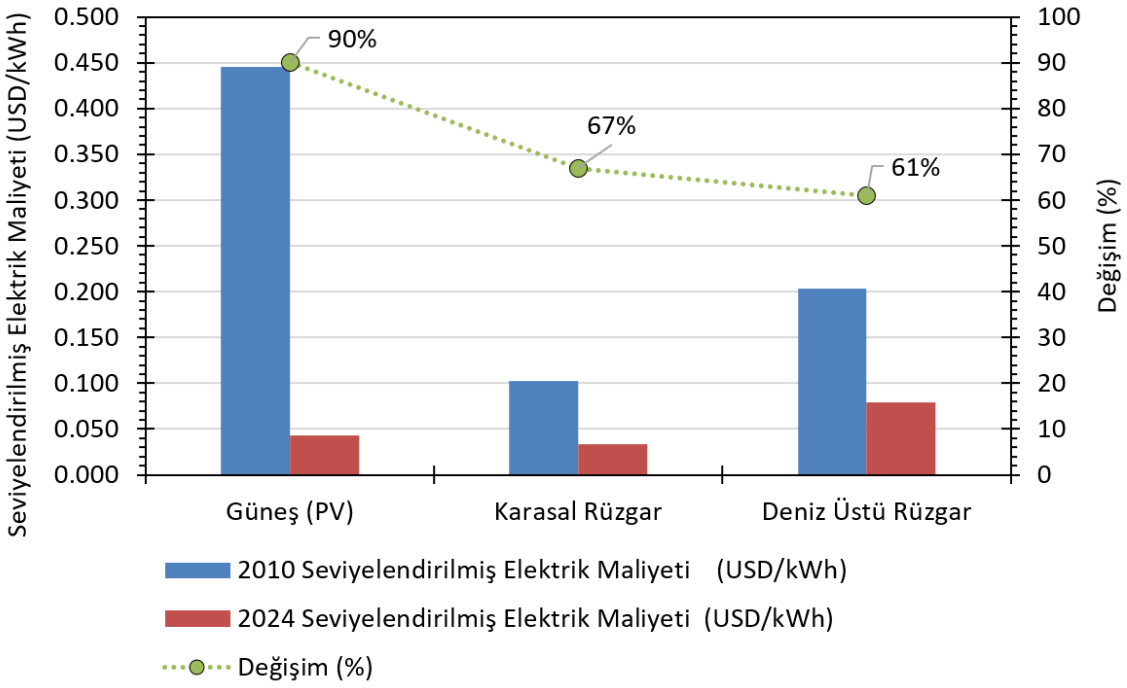
Elektrik çağında beş temel boyut bulunmaktadır. Bunlar; ekonomik, enerji sistemi, teknoloji, politika ve çevre boyutlarıdır. Birbiriyle ilişkili beş faktör kümesi ivmelenmeyi kolaylaştırmaktadır. Şekil 1.4, Elektrik Çağı'nın temel itici güçleri olarak kabul edilen beş sütunu göstermektedir ve bunların ilişkileri elektrifikasyonun kalitesini belirlemektedir. Her bir boyut aşağıda kısaca tartışılmıştır.



Şekil 1.4 *Elektrik Çağının temel beş boyutu*

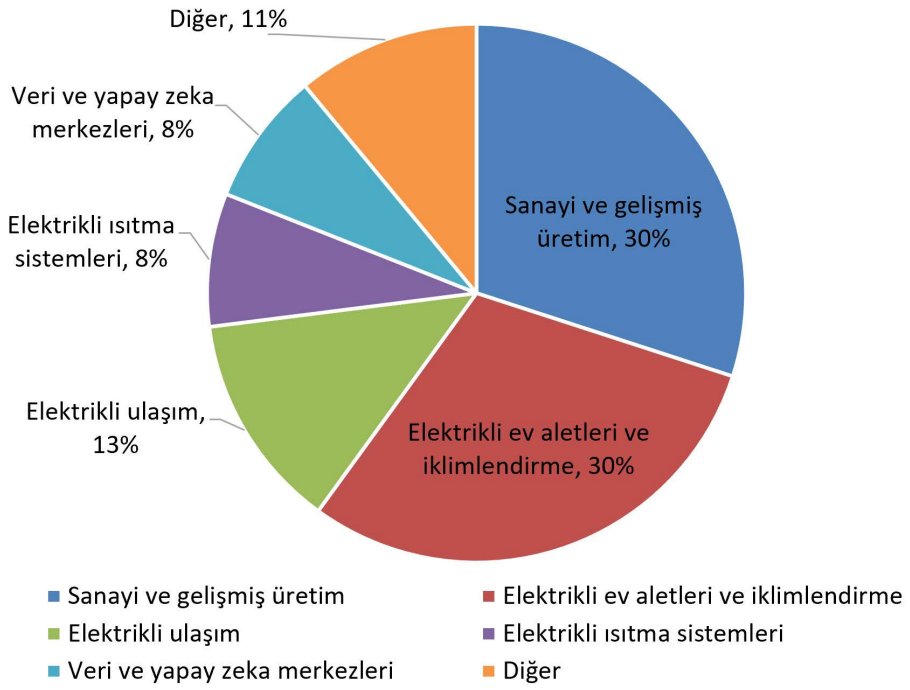
Ekonomik boyutlar: Yükselen piyasa ve gelişmekte olan ekonomilerde artan gelirler, cihaz sahipliği ve hepsinden önemlisi mekân soğutması yoluyla doğrudan elektrik talebine dönüşmektedir: Puant elektrik talebi STEPS senaryosunda 2035'e kadar büyük ölçüde soğutma nedeniyle yaklaşık %40 artmaktadır ve güçlendirilmiş verimlilik standartlarının yokluğunda sadece mekân soğutması için elektrik talebi 2035'e kadar neredeyse 1.500 TWh artmaktadır (IEA, 2025a). Talebin ağırlık merkezi bugün ile 2035 arasında kaymaktadır; küresel araç filosundaki büyümenin yarısı Çin dışındaki yükselen ve gelişmekte olan ekonomilerden gelmekte ve enerji tüketimi büyümesinin %80'i yüksek kaliteli yenilenebilir kaynaklara sahip bölgelerde gerçekleşmektedir (IEA, 2025a).

Enerji sistemi boyutları: Elektrikli nihai kullanım teknolojileri, yakıt yakan muadillerine göre doğası gereği daha verimlidir: Isı pompaları elektrik birimi başına üç ila dört birim ısı sunmakta ve elektrik motorları girdi enerjisini içten yanmalı motorlara göre çok daha fazla faydalı işe dönüştürmektedir. Bu nedenle daha fazla elektrifiye edilmiş patikalar, yakıt yanmasından kaynaklanan atık ısıdan kaçınarak genel olarak daha az nihai enerji kullanmaktadır (IEA, 2025a). Bu verimlilik getirisi, elektrifikasyonun aynı anda karbondan arındırmayı, elektriğin lokal olarak üretildiği yerlerde enerji verimliliğini/üretkenliğini ve enerji güvenliğini ilerlettiği anlamına gelmektedir.



Şekil 1.5 *Güneş ve rüzgâr enerjileri için seviyelendirilmiş elektrik maliyeti: 2010 ve 2024 karşılaştırması (veriler IRENA, 2025'ten alınmıştır)*

Teknoloji boyutları: Teknoloji, elektrik üretimini ve pazarını şekillendirmede kritik bir rol oynamıştır ve çeşitli sektörler ile kullanıcılar için daha uygun maliyetli elektrik sağlanarak dramatik maliyet düşüşleri elde edilmiştir. Bu bakımdan elektrifikasyonun bazı tarihsel maliyet değişimleri Şekil 1.5'te gösterilmektedir. 2010 ile 2024 arasında, küresel ağırlıklı ortalama seviyelendirilmiş elektrik maliyeti (LCOE) şebeke ölçekli GES için yaklaşık %90, karasal rüzgâr için %67 ve deniz üstü (offshore) rüzgâr için %61 düşerek yeni yenilenebilir enerjileri dünyanın çoğunda en ucuz toptan elektrik kaynağı haline getirmiştir (IRENA, 2025). Batarya maliyetleri de dramatik şekilde düşerek hem elektrikli mobilitenin hem de şebeke ölçekli depolamanın temelini oluşturmuştur (IEA, 2025a). Dijitalleşme ve dolayısıyla YZ bu bakımdan ikili bir güç olarak hareket etmektedir: Veri merkezleri yeni talep eklemekte (2035'e kadarki küresel talep büyümesinin %10'undan azını oluştursa ve ABD, Çin ve Avrupa'da yoğunlaşsa da), YZ destekli tahmin, şebeke yönetimi ve talep yanıtı giderek karmaşıklaşan güç sistemlerinin verimliliğini ve güvenilirliğini artırmaktadır (IEA, 2025a; Dincer vd., 2022).



Şekil 1.6 *2035 yılına kadar küresel elektrik talebi büyümesinin itici güçleri (STEPS) (veriler IEA, 2025a; World Energy Outlook, 2025'ten alınmıştır)*

Politika boyutları: Paris Anlaşması'nın politika mimarisi Şekil 1.6'da gösterildiği gibi bu eğilimleri pekiştirmektedir. COP28'deki ilk Küresel Durum Değerlendirmesi (Global Stocktake), 2030 yılına kadar küresel yenilenebilir kapasitenin üç katına çıkarılması ve enerji verimliliği artış hızının iki katına çıkarılması çağrısında bulunmuştur (UNFCCC, 2023); ulusal katkı beyanlarının üçüncü turunun (NDC 3.0) 2035 ufku, elektrifikasyonu çoğu ulusal azaltım stratejisinin merkezine yerleştirmektedir. Temiz teknoloji üretim teşviklerinden kritik mineral stratejilerine kadar sanayi politikası ve 2022 enerji krizini takip eden artan enerji güvenliği kaygıları elektrik eksenli dönüşümü daha da hızlandırmıştır. Yatırımcılar yanıt vermiştir: Elektrik arzı ve nihai kullanım elektrifikasyonuna yapılan harcamalar günümüz küresel enerji yatırımının halihazırda yarısını oluşturmaktadır (IEA, 2025a).

Çevre boyutları: Ekonomi ve teknolojinin ötesinde elektrifikasyon, doğrudan çevresel getirileriyle ivme kazanmaktadır. Elektrikli nihai kullanımlar kullanım noktasında yanmayı ortadan kaldırdığı için, şebekenin karbondan arındırma hızından bağımsız olarak hemen ve yerel olarak ulaşan faydalar sağlamaktadır. Hava kalitesi en önemli olanıdır: Dış ortam ve ev içi hava kirliliği birlikte, her yıl ulaşım, ısıtma ve pişirmenin elektrifikasyonunun en büyük erişime sahip olduğu aynı yoğun kentsel alanlarda ve düşük gelirli hane mensuplarında yoğunlaşan yaklaşık yedi milyon erken ölüme neden olmaktadır (WHO, 2024). Elektrikli araçlar şehir caddelerinden azot oksit ve partikül madde egzoz emisyonlarını ortadan kaldırmakta; ısı pompaları ve elektrikli pişirme, temiz pişirme erişiminden yoksun yaklaşık iki milyar insan arasında orantısız şekilde kadınlar ve çocuklar tarafından taşınan bir yük olan iç mekân hava kirliliğine hakim olan yakıt yanmasının yerini almaktadır (IEA, 2025a). Elektrifikasyon ayrıca metan sızıntısı, flaring (gaz yakma), döküntüler ve madencilik etkileri

gibi yakıt tedarikinin kaynak üstü ayak izini azaltmakta ve rüzgâr ile GES termik üretimin yerini aldığında, su stresi yaşanan bölgelerde giderek artan bir maddi yan fayda olarak güç santralı soğutması için tatlı su çekimlerini kesmektedir. Bu yerel, görünür ve yakın vadeli kazançlar elektrifikasyona, küresel iklim hedeflerinin tek başına nadiren komuta ettiği siyasi bir destek tabanı sağlamaktadır.

Temiz pişirme çözümleri, bu gündem içinde özel bir vurguyu hak etmektedir. Nitekim yaklaşık iki milyar insan yemek pişirmek için hâlâ geleneksel biyokütle, kömür veya gaz yağına bağımlıdır. Bunun sonucunda ortaya çıkan ev içi hava kirliliği, her yıl milyonlarca erken ölümle ilişkilendirilmektedir. Hem kirliliğe maruz kalma hem de yakıt toplama yükü orantısız biçimde kadınların ve çocukların üzerine düşmektedir (IEA, 2025a; WHO, 2024). İndüksiyon ocakları, elektrikli düdüklü tencereler ve diğer yüksek verimli cihazlardan oluşan elektrikli pişirme (e-pişirme) çözümleri, giderek en temel temiz pişirme alternatifi olarak kabul görmektedir. Bu teknolojiler; kullanım noktasındaki emisyonları tamamen ortadan kaldırmakta, şebekeler karbondan arındırıldıkça oldukça daha da temiz hale gelmekte ve artan cihaz verimliliği ile genişleyen elektrik erişimi sayesinde her geçen gün daha fazla pazarda odun kömürü ve LPG karşısında maliyet avantajı elde etmektedir. Söz konusu potansiyelin hayata geçirilmesi, temiz pişirmenin müstakil bir program yerine doğrudan elektrifikasyon stratejileriyle entegre biçimde planlanmasını gerektirmektedir. Bu süreç; pişirme yüklerini karşılayabilecek şebeke bağlantılarının, mikro şebekelerin ve müstakil güneş sistemlerinin boyutlandırılmasını; verimli e-pişirme ekipmanlarını düşük gelirli haneler için erişilebilir kılan cihaz finansmanı ve toplu tedarik mekanizmalarının yaygınlaştırılmasını; pişirme ihtiyacının ulusal enerjiye erişim stratejilerine bütüncül şekilde dâhil edilmesini kapsamaktadır. Bu önceliği yansıtan COP31 Eylem Gündemi, temiz pişirmeye evrensel erişimi, bu bölümde ele alınan elektrifikasyon ve enerjiye erişim hedeflerinin ayrılmaz bir bileşeni olarak açıkça konumlandırmaktadır.

1.3. Enerji Dönüşümlerinde Elektriğin Rolü

Elektrifikasyon, enerji dönüşümünün ana talep tarafı mekanizmasıdır. Bu nedenle; elektrik arzının karbondan arındırılması tüm ekonomi genelindeki emisyon azaltımlarına katkı sağlamaktadır. Bu raporda açıklanan iklim, güvenlik ve erişilebilirlik unsurlarının gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini büyük ölçüde belirleme potansiyeli vardır. Bu bölüm; bu mekanizmayı üç adımda incelemektedir. Bölüm 3.1, yükselen elektrik payını başarılı enerji dönüşümlerinin imzası kılan verimlilik, emisyon ve sistem düzeyindeki mantığı açıklayarak elektrifikasyonun neden önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bölüm 3.2 üç ana nihai kullanım sektöründeki teknolojileri, stratejileri ve gerçekleştirilebilir potansiyelleri değerlendirmektedir. Bu sektörler temel olarak enerji talebinin yaklaşık yarısının olgun teknolojilerle halihazırda elektrifiye edilebilir olduğu sanayi; en hızlı elektrifiye olan nihai kullanım olan ulaşım; ve gelecekteki talep büyümesinin en büyük blokunu sabitleyen binaları kapsamaktadır. Son olarak Bölüm 3.3 arz tarafına dönerek, elektrifikasyonun tam iklim değerini sunabilmesi için elektrik üretiminin karbondan arındırılma hızını değerlendirmektedir.

1.3.1. Enerji Dönüşümlerinde Elektrifikasyon

Elektrifikasyon, karbondan arındırma süreçlerinin en temel talep tarafı kaldıracıdır. Kullanım noktasında doğrudan emisyon yayan fosil yakıtları, üretim karması temizleştikçe emisyon yoğunluğu kesintisiz olarak düşen elektrikle ikame etmektedir. Bu sayede günümüzde devreye alınan her ısı pompası, elektrikli araç ve elektrikli fırın, kullanım ömrü boyunca kendiliğinden daha temiz hale gelmektedir. Elektrifikasyon aynı zamanda Bölüm 2.2'de detaylandırılan verimlilik kazancını katlamakta; bu nedenle elektrifikasyon hızı daha yüksek olan senaryolar, daha fazla enerji hizmeti sunmalarına rağmen daha düşük toplam nihai enerji tüketimi sergilemektedir (IEA, 2025a). Mevcut politikalar çerçevesinde, nihai tüketimdeki elektrik payının bugün %21 seviyesinden 2035 yılına kadar yaklaşık %26'ya yükselmesi öngörülmektedir. COP31'in %35'lik hedefi ise senaryo aralığının daha iddialı ucuyla uyumlu olup, elektriğin yüzyılın ortasına kadar nihai tüketimin yarısını aştığı 2050 Net Sıfır Emisyon patikası ile tam bir tutarlılık göstermektedir (IEA, 2025a). Bu hedefe ulaşılması, sayacın her iki tarafında eş zamanlı eylem gerektirmektedir. Bu eylemler; elektrikli nihai kullanım teknolojilerinin benimsenme sürecinin hızlandırılması ve bu sistemleri besleyecek temiz, güvenli ve uygun maliyetli bir arzın sağlanmasıdır.

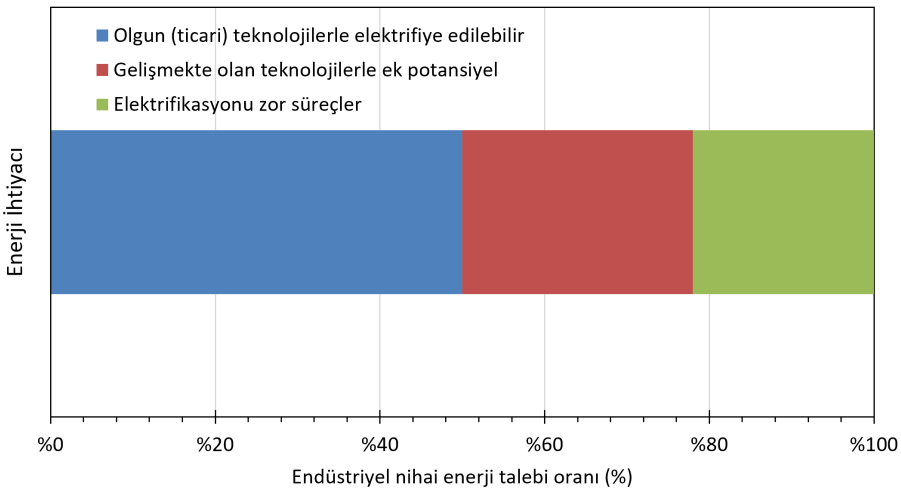
1.3.2. Nihai Elektrik Kullanımlarında Teknolojiler, Stratejiler ve Potansiyeller

Elektrifikasyon hedefine ancak tüm nihai kullanım sektörlerine eş zamanlı olarak müdahale edilerek ulaşılabilmektedir ve aşağıda sunulan üç alt bölüm bu sektörleri sırasıyla ele almaktadır. Bölüm 3.2.1, enerji talebinin yaklaşık yarısının olgun teknolojilerle hâlihazırda elektrifiye edilebildiği sanayi sektörüyle başlamaktadır; Bölüm 3.2.2, en hızlı elektrifiye olan nihai kullanım alanı olan ulaşımı ele almaktadır; Bölüm 3.2.3 ise gelecekteki talep büyümesinin en büyük blokunu oluşturan binaları incelemektedir. Her bir sektörde mevcut teknolojiler, uygulama stratejileri ve gerçekleştirilebilir elektrifikasyon potansiyelleri birlikte değerlendirilmektedir.

1.3.2.1. Sanayi

Sanayi hem en çok elektrik tüketen sektör hem de elektrifikasyonun en hızlı ilerleyen dallarından biridir. Elektrik-yoğun gelişmiş imalatın etkisiyle 2024 yılında küresel elektrik talebindeki toplam büyümenin yaklaşık %40'ını oluşturmuştur; sadece Çin'de güneş modülleri, bataryalar ve elektrikli araç üretimi 2024 yılında 300 TWh'ten fazla tüketmiştir ki bu İtalya'nın yıllık toplam tüketimi kadardır (IEA, 2025b, 2025c). Daha fazla elektrifikasyon için teknik potansiyel oldukça büyüktür. Avrupa sanayisinin ayrıntılı aşağıdan yukarıya (bottom-up) analizi, endüstriyel nihai enerji talebinin yaklaşık yarısının hâlihazırda olgunlaşmış teknolojilerle (düşük ve orta sıcaklıktaki proses ısısı için endüstriyel ısı pompaları ve elektrikli kazanlar ve çelik üretiminde elektrikli ark ocakları) elektrifiye edilebileceğini ve Şekil 1.7'de gösterildiği gibi elektrikli krakerler ile yüksek sıcaklık direnç ve indüksiyon ısıtması gibi

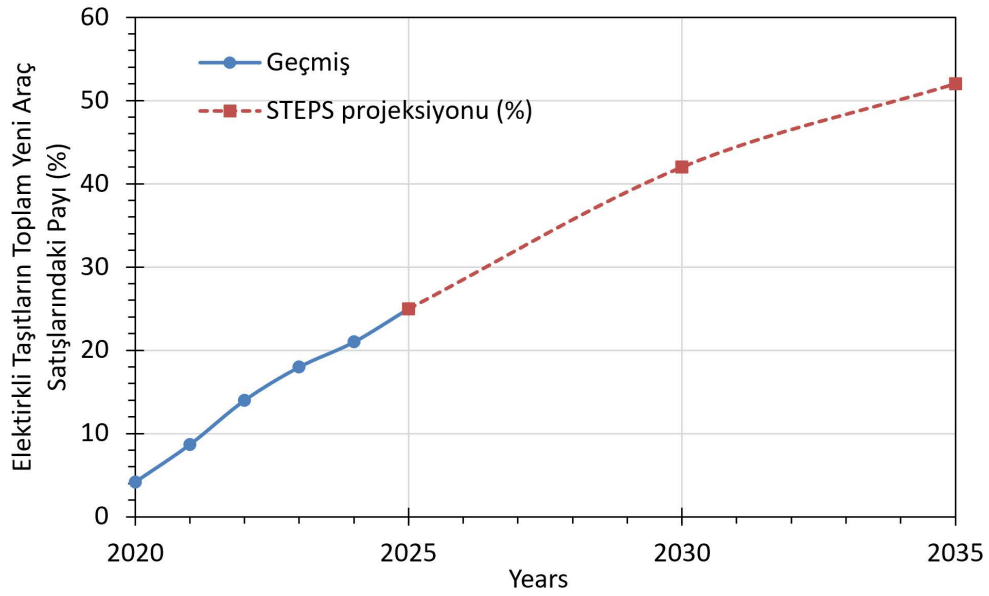
gelişmekte olan teknolojiler dahil edildiğinde bu payın yaklaşık %78'e çıktığını göstermektedir. Çok yüksek sıcaklıklı proseslerde ve hammadde kullanımlarında yoğunlaşan elektrifiye edilmesi zor artık segment, yeşil hidrojen ve türevleri yoluyla dolaylı elektrifikasyonun doğal alanıdır (Dincer & Sorgulu, 2025).



Şekil 1.7 *Sanayi enerjisi talebinin doğrudan elektrifikasyon potansiyeli (veriler Madeddu vd., 2020'den alınmıştır)*

1.3.2.2. Ulaşım

Elektrifikasyon ulaşım sektöründe diğer tüm son kullanımlardan daha hızlı ilerlemektedir. Şekil 1.8'de gösterildiği gibi, elektrikli otomobiller 2024 yılında 17 milyondan fazla satılan ünite ile küresel yeni otomobil satışlarının %20'sini aşmış (yıldan yıla %25'in üzerinde bir artış) ve 2025'te satışların %25'ini geçme yoluna girmiştir; Çin küresel satışların neredeyse üçte ikisini oluştururken, Çin dışındaki yükselen pazarlar düşük bir tabandan %80 büyümüş, Brezilya ve Endonezya sırasıyla %140 ve %190 genişlemiştir (IEA, 2025c). STEPS kapsamında, yeni otomobil satışlarındaki EV payı 2030'a kadar ikiye katlanmakta ve 2035'e kadar %50'nin üzerine çıkmaktadır; bu da yollara 840 milyondan fazla elektrikli araç koymakta ve günde yaklaşık 10 milyon varil petrolün yerini almaktadır ki bu durum 2030 civarında küresel petrol talebinde öngörülen platonun arkasındaki en büyük tek faktördür (IEA, 2025a). Ulaşımdaki elektrik kullanımı sadece 2024 yılında %8'in üzerinde artmıştır (IEA, 2025c). Binek otomobillerin ötesinde, iki ve üç tekerlekli araçların elektrifikasyonu yükselen ekonomilerde en hızlı getiriyi sunarken, elektrikli otobüsler, şehir içi teslimat filoları ve demiryolları olgun, ölçeklenebilir segmentleri temsil etmektedir; ağır kamyon taşımacılığı, deniz taşımacılığı ve havacılık doğrudan elektrifikasyonu hidrojen tabanlı ve sentetik e-yakıtlarla birleştirecektir. Kritik kolaylaştırıcılar, şarj altyapısının yaygınlaştırılması, şebeke bağlantı prosedürleri ve EV filolarını bir yükten esnek bir kaynağa dönüştüren akıllı şarj çerçeveleridir.



Şekil 1.8 *2020 ile 2035 yılları arasında küresel yeni otomobil satışlarında elektrikli araç payı (veriler IEA, 2025a; 2025b ve 2025c'den alınmıştır)*

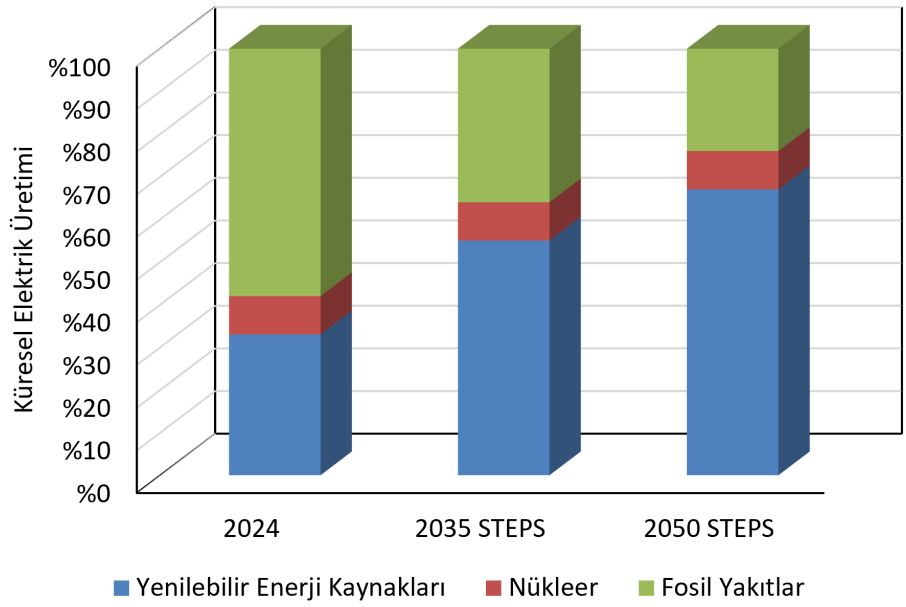
1.3.2.3. Binalar

Binalar gelecekteki talep büyümesinin en büyük tek blokunu sabitlemektedir: Cihazlar ve iklimlendirme birlikte 2035'e kadar küresel elektrik talebindeki artışın yaklaşık %30'una katkıda bulunmakta ve soğutma, puant talepte öngörülen %40'lık artışın baskın itici gücü konumundadır (IEA, 2025a). Bu nedenle binalardaki politika zorluğu ikilidir: Soğutma kaynaklı zirvelerin sistem maliyetlerini sınırlandırırken ısıyı elektrifiye etmek. Isı pompaları ilk görev için temel teknolojidir ve fosil kazanlara kıyasla üç ila dört kat verimlilik sağlamaktadır; küresel ısı pompası satışları Avrupa'daki zayıflık nedeniyle 2024'te %1 düşmüş olsa da, karbon fiyatlandırması, bina yönetmelikleri ve fosil kazanlar için kademeli kaldırma takvimleri yürürlüğe girdikçe yapısal eğilim yukarı yönlü kalmaya devam etmektedir (IEA, 2025c). İkinci görev için ise klimalar için asgari enerji performans standartları, neredeyse sıfır enerjili bina yönetmelikleri, bölgesel soğutma, termal enerji depolama ve talep yanıtı ana araçlardır; sadece güçlendirilmiş soğutma standartları 2035'e kadar öngörülen 1.500 TWh'lik ek soğutma talebinin büyük bir kısmını önleyebilmektedir (IEA, 2025a; Dincer & Ezan, 2020). Akıllı sayaçlar, bina otomasyonu ve YZ destekli enerji yönetim sistemleri bu önlemleri birbirine bağlamakta ve binaların şebekeye esneklik sağlamasına imkân tanımaktadır (Dincer vd., 2022).

1.3.3. Elektrik Arzının Karbondan Arındırılması

Elektrifikasyonun iklim açısından önemi, arz tarafının eş zamanlı karbondan arındırılmasına bağlıdır ve bu alandaki ivme Şekil 1.9'da gösterildiği üzere emsalsiz bir seviyededir. Bununla birlikte, elektrifikasyonun iklim gerekçesinin tamamen karbondan arındırılmış bir şebekeyi beklemek zorunda olmadığı önemle vurgulanmalıdır. Çünkü elektrikli nihai kullanım

teknolojileri, ikame ettikleri fosil yakıtlı ekipmanlara kıyasla doğası gereği çok daha verimlidir. Örneğin ısı pompaları, tüketilen her birim elektrik karşılığında üç ila dört birim ısı sunarken; elektrik motorlarının dönüşüm verimliliği içten yanmalı motorları açık farkla geride bırakmaktadır. Bu doğrultuda elektriğe geçiş, mevcut güç karması hiç değişmese bile doğrudan verimlilik kanalı üzerinden emisyon azaltımı sağlamaktadır. Dünya genelinde 59 bölgeyi kapsayan hakemli analizler; elektrikli otomobillerin ve ısı pompalarının mevcut elektrik karmaları altında bile küresel ulaşım ve ısıtma talebinin yaklaşık %95'inde fosil yakıtlı muadillerine kıyasla daha düşük yaşam döngüsü emisyonu ürettiğini ortaya koymaktadır (Knobloch vd., 2020). Dolayısıyla nihai tüketimin elektrifikasyonu, bir ülkenin mevcut üretim portföyü ne olursa olsun kendi başına stratejik bir değere sahiptir ki COP31 Başkanlığı'nın 2035 Küresel Uygulama Hedefleri de bu kapsayıcı yaklaşımı kasten somutlaştırmaktadır. Arz tarafının karbondan arındırılması ise bu çevresel faydayı kademeli olarak katlayarak elektrifikasyona dahil edilen her bir kullanımın zaman içinde kendiliğinden daha temiz hale gelmesini sağlamaktadır.



Şekil 1.9 *2024 ve STEPS projeksiyonları için yenilenebilir, nükleer ve fosil yakıtların birlikte değerlendirilmesiyle küresel elektrik üretim karması (veriler IEA, 2025a; 2025b'den alınmıştır)*

Yenilenebilir enerji kaynakları günümüzde küresel elektrik üretiminin yaklaşık üçte birini karşılamaktadır. Mevcut politikalar çerçevesinde bu payın; rüzgâr ve batarya teknolojilerinin desteği, güneş enerjisinin (GES) liderliğinde 2035 yılına kadar %55 civarına, 2050 yılına kadar ise üçte iki seviyesine yükselmesi beklenmektedir. Bu süreçte yıllık yenilenebilir kapasite artışlarının 2035'e kadar ortalama 620 GW düzeyinde gerçekleşeceği öngörülmektedir (IEA, 2025a). Güneş enerjisinden elde edilen üretim 2024 yılında Avrupa Birliği'nde kömürü geride bırakmış olup; Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Hindistan da bu on yıl içinde güneşin toplam üretimde %10'luk paya ulaştığına tanıklık etme yolundadır (IEA, 2025b). Nükleer enerji üretimi

ise %40 büyüyerek %9'luk payını korumakta; santral ömürlerinin uzatılması, Japonya'daki yeniden başlatmalar ve Asya genelindeki yeni yatırımlarla desteklenen kararlı bir düşük emisyon omurgası sunmaktadır (IEA, 2025a; 2025b). Elektrik üretimindeki fosil yakıt payı STEPS senaryosunda 2024'teki yaklaşık %60 seviyesinden 2035'e kadar %40'ın altına, yüzyılın ortasına kadar ise %20 civarına gerilemekte ve küresel kömür talebi 2030'dan önce zirve noktasına ulaşmaktadır (IEA, 2025a). Bununla birlikte STEPS patikası, 2100 yılına kadar yaklaşık 2,5 °C'lik bir küresel ısınma düzeyi ile tutarlıdır. Sıcaklık artışını 2 °C'nin oldukça altında tutabilmek; NZE Senaryosunda öngörülen daha hızlı yenilenebilir enerji kurulumunu, şebeke genişlemesini ve nihai kullanım elektrifikasyonunu gerektirmektedir. Bu da tam olarak COP31 2035 Küresel Uygulama Hedeflerinin kendi özel hedefleri doğrultusunda tetiklemeyi amaçladığı ivmelenmeyi temsil etmektedir (IEA, 2025a).

1.4. Etkiler: Yan Faydalar ve Temel Kolaylaştırıcılar

Önceki bölümlerde incelenen elektrikteki artış kendi içinde bir amaç değildir: Değeri getirebileceği faydalarda ve bunları sağladığı koşullarda yatmaktadır. Bu bölüm bu etkileri üç alanda değerlendirmektedir. Bölüm 4.1, elektrifikasyonun bağımlılık coğrafyasını nasıl yeniden şekillendirdiğini gösterirken, esneklik, şebekeler ve depolamanın bağlayıcı kısıtlar haline geldiği elektrik sistemi güvenliğinde ve elektrifikasyon donanımının bağlı olduğu kritik mineraller ile temiz teknoloji tedarik zincirlerinde yeni öncelikler ortaya çıkardığını anlatarak enerji güvenliğini ele almaktadır. Bölüm 4.2 erişilebilirlik ve yatırıma dönerek, sermaye yoğun, düşük yakıt maliyetli bir güç sisteminin fiyatları nasıl istikrara kavuşturduğunu ve ithalat faturasını nasıl azalttığını ve sermayeyi yükselen ve gelişmekte olan ekonomilere yönlendirmenin neden on yılın belirleyici finansal zorluğu olduğunu incelemektedir. Bölüm 4.3, hâlâ elektrik erişimi olmayan yaklaşık 730 milyon insanı, kırılgan elektrik piyasaları için reform gündemini ve küçük ada sistemlerinin kendine özgü fırsatlarını kapsayarak kapsayıcı elektrifikasyon ile resmi tamamlamaktadır. Birlikte bu üç alan, dönüşümü hızlandırmaya değer kılan yan faydaları ve onlar olmadan dönüşümün duracağı kolaylaştırıcıları tanımlamaktadır.

1.4.1. Enerji Güvenliği

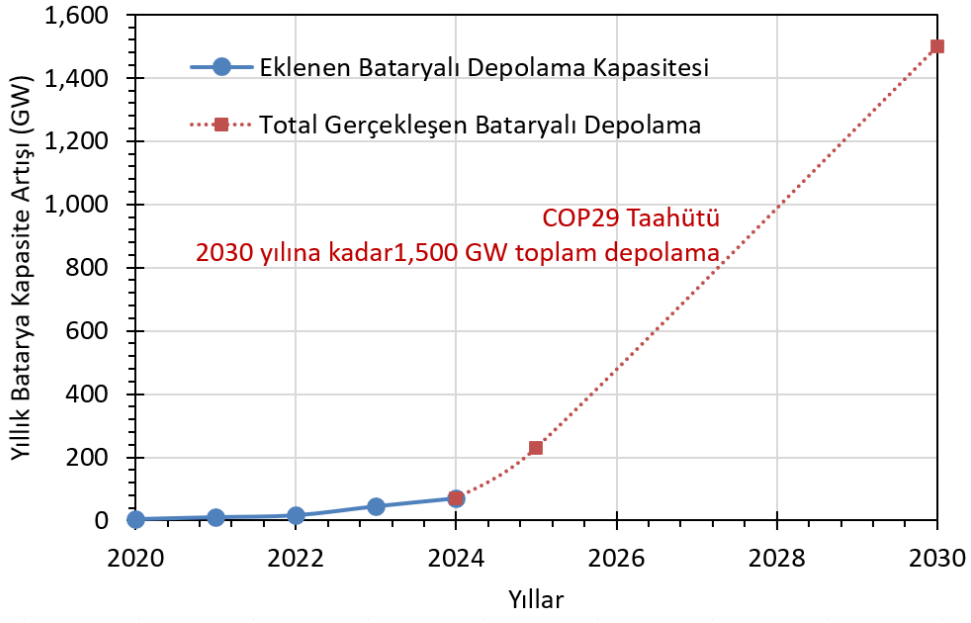
Enerji güvenliği değerlendirmesi, risk ve maruziyet düzeyinin gerçekçi bir analiziyle başlamaktadır. Elektrifikasyon, enerji güvenliği risklerini tek tip biçimde dönüştürmemektedir: Söz konusu riskler; etki mekanizmaları, coğrafi dağılımları ve gerektirdikleri politika yanıtları açısından farklılık göstermekte olup takip eden alt bölümlerde sırasıyla ele alınmaktadır. Bölüm 4.1.1, elektrifikasyonun bağımlılık coğrafyasını nasıl yeniden şekillendirdiğini ve ithalata olan bağımlılığı nasıl azalttığını incelemektedir. Bölüm 4.1.2; esneklik, şebekeler ve depolamanın bağlayıcı kısıt hâline geldiği elektrik sistemi güvenliğini ele almaktadır. Bölüm 4.1.3 ise elektrifikasyon donanımının bağlı olduğu kritik mineraller ile temiz teknoloji tedarik zincirlerini değerlendirmektedir.

1.4.1.1. Çeşitlendirme ve İthalata olan Bağımlılık

Elektrifikasyon, enerji güvenliği algısını tamamen yeniden şekillendirmektedir. Fosil yakıt ithal eden ekonomiler için, elektrikli araç tarafından yerinden edilen her varil petrol ve ısı pompası tarafından yerinden edilen her metreküp gaz, dalgalı uluslararası emtia piyasalarına olan maruziyeti, büyük ölçüde yerli olarak üretilebilen elektrik talebine dönüştürmektedir. STEPS senaryosunda 2035 yılına kadar yollardaki 840 milyon EV, yaklaşık günde 10 milyon varil petrolün yerini almakta olup bu ithalat tasarrufları Asya ve Avrupa'da yoğunlaşmaktadır (IEA, 2025a). Gelecekteki talebin kaynaklarla eşleşmesi elverişlidir: 2035 yılına kadar enerji tüketimi büyümesinin %80'i yüksek kaliteli güneş ve rüzgar kaynaklarına sahip bölgelerde gerçekleşmektedir (IEA, 2025a). Ancak, enerji güvenliği kaygıları bu etkilerle beraber tamamen ortadan kalkmamaktadır; aşağıda incelendiği gibi yakıtlardan elektrik sistemlerine, teknolojilere ve minerallere kaymaktadır. IEA (2025a) ayrıca enerji güvenliğinin niteliğinin dijitalleşen bir çağda önemli bir şekilde değişmesinin beklendiğini vurgulamaktadır: Geleneksel riskler devam ederken, diğer taraftan elektrik güvenliği ve kritik mineral güvenliği temel öncelikler olarak artan etkiye sahiptir.

1.4.1.2. Elektrik Güvenliği: Esneklik, Şebekeler ve Depolama

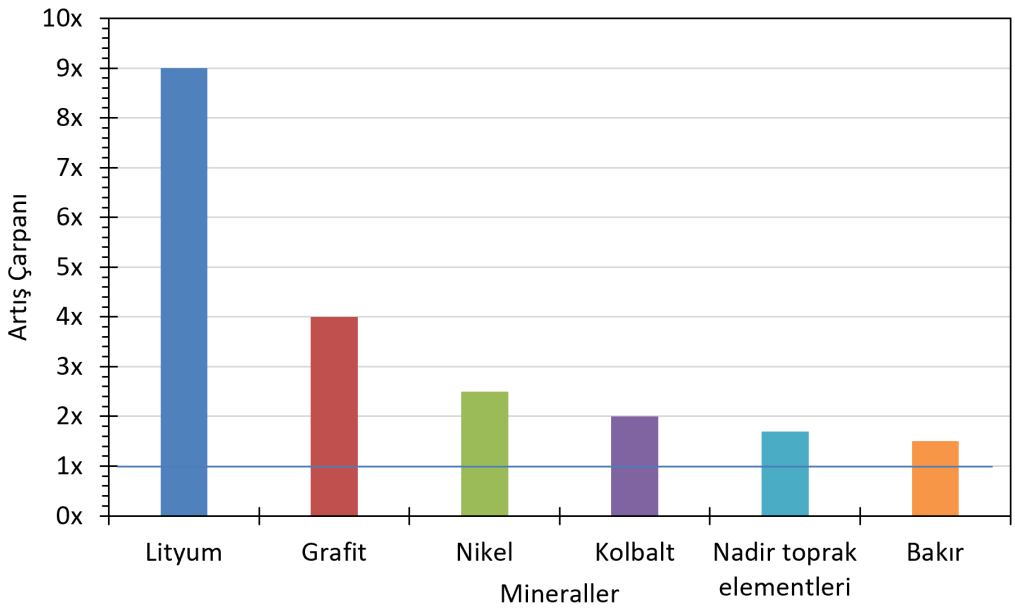
Elektrik ekonomilerin ana omurgası haline geldikçe, olası bir sistem başarısızlığının maliyeti de katlanarak artmaktadır; bu gerçek, 2025 yılında Şili ve İber Yarımadası'nda yaşanan büyük elektrik kesintileriyle açıkça vurgulanmıştır (IEA, 2025a). Bu süreçte üç temel zorluk öne çıkmaktadır. İlk olarak, tüketimin hızla yükseldiği dönemlerde sistem yeterliliğini sağlamak kritik bir hal almaktadır; nitekim puant talep, özellikle iklimlendirme ve soğutma yüklerinin etkisiyle ortalama talepten daha hızlı büyüyerek 2035 yılına kadar yaklaşık %40 oranında artmaktadır (IEA, 2025a). İkinci olarak, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarını sisteme entegre edebilmek esneklik gerektirmektedir; net talebin günlük grafiklerde oluşturduğu 'ördek eğrisi' kalıbı; depolama sistemlerini, sevk edilebilir kapasiteyi, talep yanıtını ve güçlü şebeke bağlantılarını zorunlu kılmaktadır (Dincer & Ezan, 2020). Üçüncü olarak, IEA, üretim kapasitesindeki artış ile şebekelerin hazır olma durumu arasında genişleyen bir boşluk tespit etmekte; üretim yatırımlarını karşılaması gereken iletim ve dağıtım altyapısı yatırımlarını birçok pazarda bağlayıcı kısıt haline getirmektedir (IEA, 2025a). Şekil 1.10'da gösterildiği üzere depolama teknolojileri buna yanıt olarak hızla ölçeklenmektedir: Yıllık şebeke ölçekli batarya kurulumları 2020'deki yaklaşık 5 GW seviyesinden 2024'te yaklaşık 70 GW'a yükselmiştir ve COP29'da kabul edilen Küresel Enerji Depolama ve Şebekeler Taahhüdü, 25 milyon kilometrelik şebeke hattının genişletilmesi veya yenilenmesinin yanı sıra 2030 yılına kadar 1.500 GW kurulu depolama kapasitesini hedeflemektedir (IEA, 2025b; UNFCCC, 2024). Bu düzeyde yüksek karmaşıklığa sahip enerji sistemlerini işletmek için YZ destekli tahminleme ve otonom şebeke yönetimi vazgeçilmez olacaktır (Dincer vd., 2022).



Şekil 1.10 *Şebeke ölçekli batarya depolama: Yıllık eklemeler ve 2030 küresel taahhüdü (veriler IEA, 2025a; 2025b ve UNFCCC, 2024'ten alınmıştır)*

1.4.1.3. Tedarik Zincirleri

Kritik minerallerin tedarik zinciri; bataryalar, elektrik motorları, rüzgâr türbinleri, güneş hücreleri ve kablolar gibi elektrifikasyon donanımlarının yüksek miktarda mineral gerektirmesi nedeniyle stratejik konulardan biri haline gelmektedir. Şekil 1.11; lityum, grafit, nikel, kobalt, nadir toprak elementleri ve bakır madenleri için 2023 ve 2040 yılları arasındaki talep seviyelerini karşılaştırmaktadır. Temiz enerji uygulamalarından kaynaklanan lityum talebi NZE Senaryosu kapsamında 2040 yılına kadar dokuz katına kadar büyümekte, grafit, nikel ve kobalt talebi iki ila dört katına çıkmakta ve şebekelerin ana yükünü taşıyan bakır talebi ise yaklaşık %50 oranında artmaktadır (IEA, 2024). Güvenlik kaygısı, fiziki jeolojik kıtlıktan ziyade madenciliğin ve özellikle belirli ülkelerin tek başına hakim olduğu rafinasyon ile işleme süreçlerinin coğrafi yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır. Kaynakların çeşitlendirilmesi, ölçekli geri dönüşüm, malzeme verimliliği ve kimyasal teknolojilerdeki yenilikler (örneğin sodyum-iyon bataryalar) temel risk azaltma stratejileri olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 1.11 *2040 yılına kadar özel olarak seçilmiş bazı kritik minerallere yönelik talepteki büyüme (veriler IEA, 2024'ten alınmıştır)*

Birçok temiz enerji teknolojisinde imalat kapasitesinin artık oldukça yüksek bir bolluğa ulaştığını vurgulamak önem taşımaktadır; rekor seviyedeki güneş modülü üretim kapasitesi mevcut kurulum hızını belirgin şekilde aşmış durumdadır, ancak bu üretim coğrafi olarak tek bir bölgede yoğunlaşmaktadır (IEA, 2025a). Bu durum, ithalatçı bölgeler açısından yeni bir bağımlılık biçimi yaratırken, sistemin geneli için maliyetleri dramatik biçimde düşürmüştür. Dengeli bir politika yaklaşımı; ticaret ilişkilerini, yerli imalat teşviklerini ve teknoloji ortaklıklarını bir araya getirerek ölçeğin sağladığı maliyet avantajlarından feragat etmeksizin dirençli ve makul düzeyde çeşitlendirilmiş tedarik zincirleri oluşturmayı hedeflemektedir.

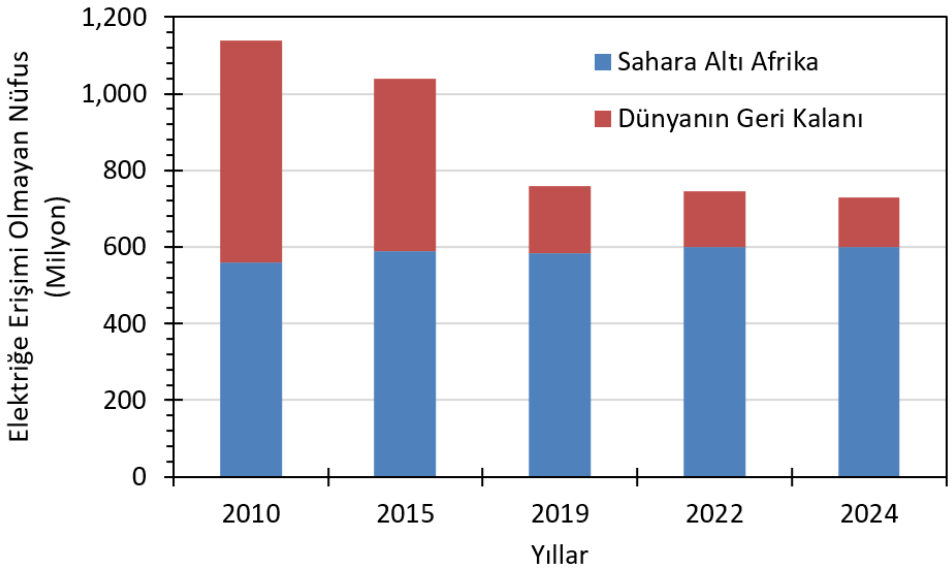
1.4.2. Erişilebilirlik ve Yatırım

Küresel enerji yatırımı 2025 yılında 3,3 trilyon ABD dolarına ulaşarak 2015 seviyelerinin %20'den fazla üzerine çıkmakta ve bu tutarın yaklaşık üçte ikisi düşük emisyonlu teknolojilere yönlendirilmektedir; elektrik arzı ile nihai kullanım elektrifikasyonuna yapılan harcamalar ise halihazırda toplam enerji yatırımının yarısını oluşturmaktadır (IEA, 2025a). Elektrifikasyonun uygun maliyet gerekçesi üç temel sütuna dayanmaktadır. İlk olarak, işletme maliyeti avantajı öne çıkmaktadır; nitekim yenilenebilir enerji kaynakları çoğu pazarda en ucuz yeni üretim seçeneğini sunmakta (Şekil 1.5) ve verimli elektrikli nihai kullanımlar hizmet birimi başına düşen enerji faturasını düşürmektedir. İkinci olarak, fiyat istikrarı sağlanmaktadır; sermaye yoğun ve yakıt maliyeti sıfır olan varlıkların hakim olduğu elektrik sistemleri, Avrupa'daki sanayi elektrik fiyatlarının ABD ve Çin'deki seviyelerin katlarına ulaşmasına yol açan 2022 krizindeki yakıt fiyat şoklarına yapısal olarak daha az maruz kalmaktadır (IEA, 2025b). Üçüncü olarak, düşen ithalat faturaları kanalıyla makroekonomik dirençlilik artmaktadır. Buna karşın

yatırım zorluğunun temeli dağıtım dengesizliğine dayanmaktadır; sermaye Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da yoğunlaşmayı sürdürürken, Afrika ve Latin Amerika artan talebe rağmen geride kalmaktadır. Bu durumun temel nedeni, yükselen ve gelişmekte olan ekonomilerdeki yüksek sermaye maliyetlerinin sermaye yoğun temiz teknolojilerin finansmanını zorlaştırmasıdır (IEA, 2025a). Bu doğrultuda risk azaltma araçları, imtiyazlı finansman mekanizmaları ve projelerin yatırılabilir portföyler halinde birleştirilmesi (ki bu yaklaşım COP31 Başkanlığı'nın 6. Hedefi kapsamındaki CIB mekanizmasının temel mantığını oluşturmaktadır), uygun maliyetli bir Elektrik Çağı'nın ana kolaylaştırıcıları olarak değerlendirilmektedir.

1.4.3. Kapsayıcı Elektrifikasyon

Toplumlar elektrifiye oldukça, dönüşümün faydalarının herkese ulaşması, güvenlik ve uygun maliyet kadar temel bir koşul hâline gelmektedir. Bu bölüm, kapsayıcı elektrifikasyonu üç boyutuyla ele almaktadır. İlk olarak, hâlâ elektriğe erişimi bulunmayan yaklaşık 730 milyon insanın durumu ve 2035 yılına kadar evrensel erişimi mümkün kılacak yatırım ihtiyaçları ile iş modelleri incelenmektedir. Ardından; finansal açıdan zorlanan şebeke şirketleri, yüksek teknik ve ticari kayıplar ile güvenilmez arz yapısıyla karakterize edilen kırılgan elektrik piyasalarına yönelik reform gündemi değerlendirilmektedir. Son olarak, güneş-batarya hibrit sistemlerinin en düşük maliyetli seçenek hâline geldiği küçük ada sistemlerinin kendine özgü fırsatlarına değinilmektedir.



Şekil 1.12 *2010 ile 2024 yılları arasında elektriğe erişimi olmayan nüfusun değişimi (veriler IEA, 2025a; 2025b'den alınmıştır)*

1.4.3.1. Elektriğe Erişim

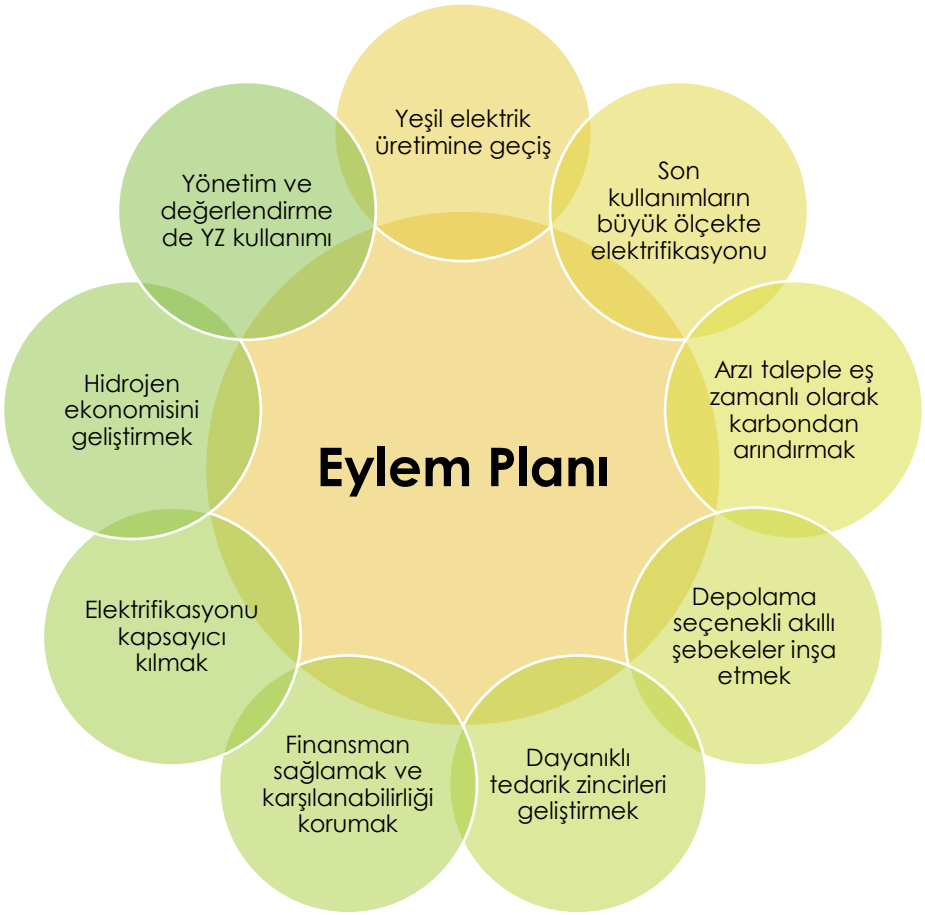
Elektrik çağının henüz dünyadaki herkes için geçerli olmaması oldukça üzücüdür. Yaklaşık 730 milyon insan hâlâ elektriğe erişimden yoksun yaşamaktadır; bu rakam iyileşmek yerine yakın zamanda kötüleşmiş durumdadır ve bu nüfusun yaklaşık 600 milyonu Sahra Altı Afrika'da bulunmaktadır; dünya Şekil 1.12'de gösterildiği üzere bu açığı kapatma patikasından uzakta seyretmektedir (IEA, 2025a, 2025b). Yine de başka coğrafyalarda elektrifikasyonu yönlendiren aynı teknoloji devrimi, erişimin ekonomik boyutunu da dönüştürmektedir. Bütünleşik ve en düşük maliyetli bir planlama çerçevesinde uygulanan güneş ev sistemleri, mikro şebekeler ve şebeke yoğunlaştırma yatırımları, IEA'nın hızlı ilerleme kaydeden ülkelerin deneyimlerinden yararlanarak ortaya koyduğu yeni evrensel erişim patikası doğrultusunda 2035 yılına kadar evrensel elektrik erişimini mümkün kılmaktadır (IEA, 2025a). Bu hedefe ulaşılması; yıllık erişim yatırımlarının yaklaşık üç katına çıkarılmasını, son kilometre bağlantıları için imtiyazlı finansman mekanizmalarının yoğunlaştırılmasını ve sağlanan bağlantıların üretken kullanımlarla (sulama, tarımsal işleme, soğuk zincirler) eşleştirildiği iş modellerinin yaygınlaştırılmasını gerektirmektedir; böylece erişim imkânı, kurulan sistemleri sürdürülebilir kılan gelir artışına ve talep büyümesine dönüşmektedir.

Tam erişim ile hiç erişim olmaması arasında, kırılgan elektrik piyasalarının yer aldığı geniş bir kategori bulunmaktadır. Bu kategori; finansal sıkıntı içindeki şebeke şirketleri, yüksek teknik ve ticari kayıplar, güvenilmez arz yapısı, sübvansiyon yükleri ve kısıtlı kamu maliyesi ile karakterize edilen sistemlerden oluşmaktadır. Bu tür bağlamlarda nihai kullanımların elektrifikasyon süreci talep yetersizliğinden değil, güvenilir arz eksikliğinden dolayı duraksamakta ve bu durum tüketiciler ile firmaları oldukça yüksek ekonomik ve çevresel maliyetlerle dizel jeneratörlerle öz-üretime yönlendirmektedir. Öncelikli kolaylaştırıcı önlemler arasında; hassas tüketicilerin korunması gözetilerek şebeke yönetişimi ve maliyet geri kazanım reformlarının yürütülebilmesi, dijital sayaçlarla desteklenen kayıp azaltma ve gelir toplama programlarının hayata geçirilmesi, şebeke yatırımları tamamlanana kadar sistem güvenilirliğini artıracak dağıtık güneş ve depolama çözümlerinin yaygınlaştırılması ve rezerv paylaşımını sağlayarak hidrolojik ile talep şoklarını yumuşatacak bölgesel güç havuzları ve şebeke bağlantılarının kurulması yer almaktadır. Uluslararası iklim finansmanı ise nihai olarak sistemi sürdürmekle yükümlü olan yerli kurumları baypas etmek yerine güçlendirecek şekilde yapılandırıldığında temel bir katalizör işlevi görmektedir.

1.5. Eylem Planı

Önceki bölümler, küresel nihai tüketimdeki elektrik payını bugünkü %21 seviyesinden 2035 yılına kadar %35'e çıkarmanın teknik olarak mümkün ve ekonomik açıdan avantajlı olduğunu, ancak yalnızca %26 civarında bir oran sağlayan mevcut politikalar çerçevesinde kendiliğinden gerçekleşmeyeceğini ortaya koymaktadır (IEA, 2025a). Bu açığı kapatmak, üç aşamada

sıralanmış yedi temel alanda koordineli bir eylem planını gerektirmektedir. Bu süreç; yönetişim yapısının, ulusal yol haritalarının ve pilot programların oluşturulduğu bir başlangıç aşaması (2026-2028), 2030 yılına kadar %28-30'luk ara bir elektrifikasyon oranı hedefiyle uygulamaların gerekli yıllık ivmeye ulaştığı bir ölçek büyütme aşaması (2028-2032) ve hedefe tam olarak ulaşıldığı ve başarının Küresel Durum Değerlendirmesi aracılığıyla doğrulandığı bir konsolidasyon aşamasından (2032-2035) oluşmaktadır. Şekil 1.13, küresel ölçekte elektrifikasyon sürecine yönelik hazırlanan eylem planını göstermektedir.



Şekil 1.13 *Eylem planının bir gösterimi*

Eylem 1

Yeşil Elektrik Üretimine Geçiş

Elektrik arzının bileşiminde gerekli olan değişim niceliksel olarak tanımlanmaktadır. IEA'nın World Energy Outlook 2025 raporunda belirtildiği üzere; nükleer enerji %9-10'luk sabit payını korurken, yenilenebilir enerjilerin payı güneş (GES) ve rüzgâr liderliğinde üçte bir seviyesinden %55 civarına yükselmektedir. Buna karşılık üretimin fosil yakıt payı 2024'teki yaklaşık %58 seviyesinden 2035'e kadar %40'ın altına gerilemekte, kömürün payı ise %34'ten sembolik bir seviyeye düşmektedir. Hükümetlerin bu üretim karması hedeflerini ulusal güç sektörü planlarına ve NDC 3.0 hedeflerine dâhil etmeleri ve söz konusu göstergeleri elektrifikasyon oranının kendisiyle birlikte yıllık bazda izlemeleri gerekmektedir; nitekim bu iki gösterge

emisyon sonuçlarını doğrudan ve ortaklaşa belirlemektedir. Bu dönüşümü bilinçli bir şekilde yönetmenin çevresel gerekçesi CO_2 azaltımının çok ötesine uzanmaktadır. Kömür ve petrol yakıtlı üretimin ikame edilmesi; her yıl hava kirliliğinin yol açtığı yaklaşık yedi milyon erken ölüme katkıda bulunan kükürt dioksit, azot oksitler ve ince partikül emisyonlarını ortadan kaldırmaktadır. Bu çevresel faydalar, kömür santrali filoları ile talep artışının kesiştiği yükselen ekonomilerin yoğun kentsel bölgelerinde belirgin biçimde öne çıkmaktadır. Rüzgâr ve güneş sistemlerinin termik santrallerin yerini alması, su stresi yaşanan bölgelerde giderek kritik bir kısıt haline gelen santral soğutma suyu çekimlerini büyük ölçüde azaltmaktadır. Doğal gazın yerini alan uygulamalar ise güçlü bir yakın vadeli ısınma etkeni olan kaynak üstü metan sızıntılarını ve gaz yakma (flaring) işlemlerini sınırlandırmaktadır. Söz konusu getiriler otomatik yan ürünler olarak değerlendirilmemelidir; bu kazançlar ancak aktif politikalarla elde edilebilir. Bu doğrultuda; nüfus merkezlerinin yakınındaki en kirletici ünitelerin emekliye ayrılmasına öncelik verilmesi, kapasite planlamasında maliyet parametrelerinin yanı sıra hava kalitesi ve su kullanımı kriterlerinin uygulanması ve yenilenebilir enerji saha seçim süreçlerinin arazi kullanımı ile biyoçeşitlilik koruma önlemleriyle eşleştirilmesi önem taşımaktadır. Böylece genişleyen güneş, rüzgâr ve iletim altyapısının yeni çevresel çatışmalar yaratmasının önüne geçilmektedir. Doğru yönetildiği takdirde üretim karmasının dönüşümü, enerji dönüşüm sürecinin en büyük tek halk sağlığı yatırımına dönüşmekte ve daha temiz hava, daha sağlıklı şehirler ile güvenli su kaynakları sağlayarak iklim hedeflerini 2035 ve sonrasına taşıyacak yerel toplumsal destek tabanını oluşturmaktadır.

Eylem 2

Nihai Enerji Kullanımlarını Elektrikli Kullanıma Dönüştürmek

Ulaşım sektöründe hükümetlerin; şarj altyapısını yaygınlaştırma yükümlülükleri, akıllı şarj standartları ve ilk benimseyen tüketicilerden kitle pazarına ile filo segmentlerine doğru kademeli olarak kaydırılan satın alma destekleriyle süreci güçlendirmeleri gerekmektedir. Bu doğrultuda, 2035 yılına kadar küresel binek araç satışlarının %50'sini aşan elektrikli araç oranıyla uyumlu, bağlayıcı sıfır emisyonlu araç satış patikaları benimsenmelidir. Yükselen ekonomilerde ise en hızlı emisyon kazancı sağlayan alanlar olarak iki ve üç tekerlekli taşıtlar ile şehir içi otobüs filolarının öncelikli olarak elektrifiye edilmesi büyük önem taşımaktadır. Binalar sektöründe, yeni inşaatlarda fosil yakıtlı kazan kurulumlarının bu on yıl içinde kademeli olarak sonlandırılması hedeflenmektedir. Isı pompası kullanımının yaygınlaştırılması, elektrik ve doğal gaz fiyat oranlarını dengeleyen tarife yapıları aracılığıyla desteklenmeli; puant talep artışını sınırlandırmak amacıyla cihaz ve soğutma verimliliği standartları belirgin şekilde güçlendirilmelidir. Sanayi sektöründe ise düşük ve orta sıcaklıktaki proses ısısı ihtiyacı, endüstriyel ısı pompaları ve elektrikli kazanlar vasıtasıyla sistematik biçimde dönüştürülmelidir; nitekim sanayi enerji talebinin yaklaşık yarısı yalnızca mevcut olgun teknolojilerle halihazırda elektrifiye edilebilir durumdadır. Bununla birlikte Ar-Ge ve gösterim (demonstrasyon) programları, yüksek sıcaklıklı sanayi proseslerine yönelik elektrikli alternatiflerin olgunlaştırılmasına odaklanmalıdır.

Eylem 3

Arzı Taleple Eşzamanlı olarak Karbondan Arındırmak

COP28 kapsamında kabul edilen "yenilenebilir enerji kapasitesini üç katına çıkarma" taahhüdünün, 2035 yılına kadar yıllık en az 620 GW yenilenebilir enerji kurulumu sağlayacak mekanizmalarla işlevsel hale getirilmesi gerekmektedir. Bu süreç; basitleştirilmiş izin ve ruhsatlandırma prosedürleri, artırılan ihale hacimleri ve riski azaltılmış gelir çerçeveleri aracılığıyla desteklenmelidir. Aynı dönemde, IEA'nın World Energy Outlook 2025 raporunda vurgulandığı üzere, mevcut santrallerin ömür uzatımları ve yeni yatırımlarla nükleer enerji üretiminin yaklaşık %40 oranında artırılması bu dönüşümü tamamlayıcı bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Karbon yakalama teknolojisine sahip olmayan kömür tabanlı üretimin yönetilebilir bir kademeli azaltım patikasına sokulması, doğal gazın ise temel baz yük kaynağı olmaktan çıkarılarak esneklik ve dengeleme hizmeti sunan bir konuma çekilmesi hedeflenmektedir. Arz tarafında eş zamanlı bir karbondan arındırma süreci yürütülmediği takdirde elektrifikasyon emisyonları ortadan kaldırmak yerine yalnızca farklı sektörlere kaydırmaktadır. Buna karşın temiz arz altyapısıyla desteklenen bir elektrifikasyon politikası, elektrifiye edilen her bir nihai kullanımın işletim ömrü boyunca kendiliğinden daha temiz hale gelmesini sağlamaktadır.

Eylem 4

Depolama Seçenekleriyle Akıllı Şebekeler İnşa Etmek

Bölüm 4.1.2'de tespit edilen bağlayıcı kısıtların önleyici politikalarla ele alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda iletim ve dağıtım altyapısı yatırımlarının üretim yatırımlarını karşılayacak seviyeye yükseltilmesi, şebeke kapasitesinin talep artışını pasif şekilde izlemek yerine proaktif biçimde yönlendirmesi amacıyla öngörülü (önceden) yatırım çerçevelerinin benimsenmesi ve şebeke bağlantı kuyruğu süreçlerinde kapsayıcı reformların hayata geçirilmesi önem taşımaktadır. Depolama sistemlerinin kurulum süreçleri COP29 kapsamında belirlenen 2030 yılına kadar 1.500 GW kapasiteye ulaşma taahhüdü ile tam uyumlu hale getirilmelidir. Aynı zamanda puant talepte öngörülen yaklaşık %40'lık artışın sınırlandırılması amacıyla akıllı elektrikli araç şarjı, termal depolama, endüstriyel yük kaydırma ve YZ destekli talep tarafı katılımı gibi esneklik mekanizmalarının stratejik birer sistem kaynağı olarak harekete geçirilmesi hedeflenmektedir.

Eylem 5

Güçlü Tedarik Zincirleri Geliştirmek

Kritik mineral stratejilerinin madencilik ve rafinasyonun çeşitlendirilmesini, ölçekli geri dönüşümü, malzeme verimliliği standartlarını ve sodyum-iyon gibi alternatif kimyalara verilen desteği birleştirmesi ve IEA'nın Global Critical Minerals Outlook 2024 raporunda belirtildiği üzere 2040 yılına kadar lityum için dokuz kata varan talep büyümesini yansıtması

gerekmektedir. Söz konusu kaldıraçlar arasında geri dönüşüm ve döngüsellik özel bir ağırlık taşımaktadır, çünkü bu uygulamalar ithalat bağımlılığını, fiyat maruziyetini ve maden çıkarımının çevresel ayak izini eş zamanlı olarak azaltan tek arz kaynağını oluşturmaktadır. Önümüzdeki on yıllık dönem bu altyapı kapasitesini inşa etmek açısından kritik bir fırsat penceresi sunmaktadır. Elektrikli araç bataryalarının ilk kitlesel dalgası 2030'ların başında ömrünün sonuna ulaşmaktadır. Toplama sistemleri, geri dönüşüm kapasitesi ve ürün standartları bugünden yürürlüğe konduğu takdirde, geri dönüştürülmüş malzemeler 2040 yılına kadar lityum, nikel, kobalt ve bakır talebinin anlamlı ve istikrarlı şekilde artan bir payını karşılamaktadır.

Öncelikli önlemler arasında bataryalar ve temiz enerji ekipmanları için genişletilmiş üretici sorumluluğu ile zorunlu toplama şemaları, ikincil malzemeler için istikrarlı talep yaratan asgari geri dönüştürülmüş içerik gereksinimleri, geri kazanımı ekonomik kılan batarya pasaportları ve söküm için tasarım standartları ve emekli araç bataryalarının malzeme geri kazanımından önce sabit depolamada değerlendirildiği ikinci hayat uygulamalarına destek yer almaktadır. Bu şekilde kurgulandığında döngüsellik, bugünün kurulum dalgasını yarının yerli mineral kaynağına dönüştürmekte ve sistemin kendisiyle birlikte büyüyen bir kentsel maden oluşturmaktadır. Temiz teknoloji imalatının ise ölçeğin uygun maliyet kazançlarından feragat etmeksizin dirençlilik inşa eden ticaret çerçeveleri, teknoloji ortaklıkları ve hedefli sanayi politikaları aracılığıyla coğrafi olarak genişletilmesi hedeflenmektedir.

Eylem 6

Finansman Kaynakları Yaratmak ve Erişilebilirliği Korumak

2025 yılında toplam 3,3 trilyon ABD dolarına ulaşan enerji yatırımlarının halihazırda yarısını oluşturan elektrik arzı ve elektrifikasyon harcamalarının büyümeye devam etmesi gerekmektedir. IEA'nın World Energy Outlook 2025 raporunda belirtildiği üzere, söz konusu sermayenin yüksek finansman maliyetlerinin temel bir engel teşkil ettiği yükselen ve gelişmekte olan ekonomilere yeniden dağıtılması hedeflenmektedir. Bu yatırımlar içerisinde şebeke altyapısı yatırımlarının müstakil ve açık hedeflerle desteklenmesi önem taşımaktadır, çünkü şebekeler üretim kapasitesindeki artış ile sistemin hazır olma durumu arasında genişleyen boşluğun en belirgin biçimde hissedildiği alanı oluşturmaktadır. Günümüzde yıllık yaklaşık 400 milyar ABD doları seviyesinde gerçekleşen küresel şebeke yatırımlarının 2030'ların başına kadar ikiye katlanarak yıllık 800 milyar ABD doları düzeyine ulaşması ve sürdürülebilir bir yapıda üretim yatırımlarını dengeli biçimde karşılaması beklenmektedir. COP29 Küresel Enerji Depolama ve Şebekeler Taahhüdü ise bu ihtiyacı, 1.500 GW depolama kapasitesinin yanı sıra 2030 yılına kadar 25 milyon kilometrelik şebeke hattının eklenmesi veya yenilenmesine yönelik ortak bir taahhüde dönüştürmektedir (IEA, 2025a; UNFCCC, 2024).

Şebeke altyapısının elektrifikasyon zincirinde en uzun yatırım ve kurulum süresine sahip varlıklar olması sebebiyle söz konusu hedeflerin karşılanması; iletim koridorları için basitleştirilmiş izin süreçleri, yeniden düzenlenmiş bağlantı sırası mekanizmaları ve önceden

yatırıma imkân tanıyan düzenleyici çerçeveler gerektirmektedir. İmtiyazlı finansman garantileri ve döviz kuru riski yönetim araçlarının kalkınma bankaları ile iklim fonları aracılığıyla ölçeklendirilmesi ve ulusal elektrifikasyon projelerinin İklim Uygulama Köprüsü çatısı altında standartlaştırılmış yatırılabilir portföyler halinde birleştirilmesi öngörülmektedir. Tarife ve vergilendirme reformlarının yürütülmesi ise verimli elektrikli nihai kullanım teknolojilerinin tüketiciler açısından da en ekonomik tercih olmasını temin etmelidir.

Eylem 7

Elektrifikasyonun Daha Kapsayıcı Olmasını Sağlamak

Evrensel erişim hedefleri kapsamında, özellikle Sahra Altı Afrika bölgesine odaklanılarak şebeke uzatımı, mikro şebekeler ve müstakil güneş ev sistemleri genelinde bütünleşik ve en düşük maliyetli planlama anlayışının benimsenmesi hedeflenmektedir. Bu süreçte, sağlanan bağlantıların üretken kullanımlarla eşleştirildiği iş modelleri ve yıllık erişim yatırımlarının yaklaşık üç katına çıkarılması vasıtasıyla 2035 yılına kadar herkes için elektrik erişimi sağlanmaktadır. Kırılgan elektrik piyasalarında ise şebeke yönetişimi ile maliyet geri kazanım reformları, kayıp azaltma programları ve depolamalı dağıtık güneş sistemleri, nihai kullanım elektrifikasyonundan önce gelmekte veya bu sürece eşzamanlı olarak eşlik etmektedir. Küçük ada sistemleri açısından bakıldığında, özel imtiyazlı finansman pencereleri ve birleştirilmiş proje platformları, güneş-batarya hibrit teknolojilerinin sağladığı en düşük maliyetli ekonomik avantajları fiilen kurulmuş işleyen sistemlere dönüştürmektedir.

Eylem 8

Hidrojen Ekonomisini Geliştirmek

Doğrudan elektrifikasyon süreçlerinin son derece yüksek sıcaklıklı endüstriyel proses ısısı, çelik üretimi, kimyasal hammadde tedariki, deniz taşımacılığı ve havacılık gibi zorlu uygulamalarda teknik ve ekonomik sınırları bulunmaktadır. Bu doğrultuda söz konusu sektörlerde düşük emisyonlu elektrikten elde edilen hidrojen, depolanabilir ve taşınabilir bir enerji taşıyıcısı işlevi görerek elektrifikasyon gündeminin dolaylı bir uzantısını oluşturmaktadır. Hükümetlerin, fosil kaynaklı hidrojen ile arasındaki maliyet farkını kapatan ihaleler, fark sözleşmeleri (contracts-for-difference) ve alım garantisi mekanizmaları vasıtasıyla elektroliz kapasitesini ölçeklendirmeleri gerekmektedir. Bu süreçte çelik üretimi, e-yakıtlar ve mevsimsel enerji depolama uygulamalarına geçilmeden önce; ilk aşamada rafinasyon ve amonyak üretimindeki fosil tabanlı hidrojen talebinin dönüştürülmesine odaklanılarak, ikamenin en zor olduğu alanlara öncelik verilmektedir. Ayrıca ticareti gerçekleştirilen hidrojenin emisyon yoğunluğuna yönelik uyumlaştırılmış uluslararası standartların ve sertifikasyon sistemlerinin oluşturulması ile boru hatları, depolama tesisleri ve liman altyapılarının inşa edilmesi önem taşımaktadır. Hidrojenin fiziksel özelliklerinin değer zinciri boyunca titiz sızıntı tespiti, havalandırma ve malzeme uyumluluğu standartlarını zorunlu

kılması sebebiyle, güvenlik mevzuatlarının ve kamuoyu bilgilendirme programlarının sürecin başından itibaren sisteme entegre edilmesi hedeflenmektedir. Nitelikli bir tasarıma sahip hidrojen ekonomisi, elektrik şebekesinin kendisini de güçlendirmektedir. Esnek işletim yapısına sahip elektrolizörler, üretim kısıtlamasına maruz kalabilecek fazla yenilenebilir enerji üretimini sisteme kazandırmakta, talep tarafı katılımı sağlamakta ve değişken nitelikteki elektriği mevsimsel depolamaya dönüştürerek nihai kullanımların elektrifikasyonu ile rekabet etmek yerine bu süreci derinleştirmektedir. Söz konusu eylem hattı; sanayide yenilikçiliği hedefleyen SKA 9'a, temiz enerji teknolojilerinde uluslararası iş birliğini öngören SKA 7'ye ve doğrudan elektrifikasyonun tek başına ulaşamadığı sektörlerde emisyon azaltımı sağlama potansiyeliyle SKA 13 İklim Eylemi hedefine doğrudan katkı sunmaktadır.

Eylem 9

Yapay Zekânın Elektrifikasyona Entegre Edilmesi

Elektrik sistemlerinin ölçeği büyüdükçe, daha yaygın erişim ve kullanım yapısı kazandıkça ve değişken yenilenebilir enerji kaynaklarına bağımlılığı arttıkça, ortaya çıkan karmaşıklık geleneksel operasyonel araçların kabiliyetlerini aşmaktadır. Bu doğrultuda yapay zekânın isteğe bağlı bir eklenti yerine temel bir sistem altyapısı olarak konumlandırılması hedeflenmektedir. Hükümetlerin ve sistem işleticilerinin, yapay zekâ destekli uygulamaları güç sisteminin dört temel katmanında ölçeklendirmeleri gerekmektedir.

İlk olarak tahminleme katmanında, makine öğrenimi modelleri vasıtasıyla yenilenebilir enerji üretimi, talep ve fiyat öngörüleri hassaslaştırılmaktadır. İkinci olarak şebeke işletimi alanında; gerçek zamanlı sıkışıklık yönetimi, otonom arıza tespiti, şebeke varlıklarının kestirimci bakımı ve kendi kendini iyileştiren şebeke işlevleri etkin kılınmaktadır. Üçüncü olarak talep tarafı yönetimi kapsamında; elektrikli araç şarjı, ısı pompaları, bina otomasyon sistemleri ve endüstriyel yüklerin akıllı kontrolü sayesinde milyonlarca dağıtık cihaz, puant talebi ve sistem yatırım maliyetlerini azaltan koordineli bir esneklik kaynağına dönüştürülmektedir. Dördüncü olarak piyasa ve varlık yönetimi boyutunda ise yapay zekâ tabanlı birleştirme yöntemleri, sanal güç santrallerinin dağıtık kaynakları elektrik piyasalarına sunmasına imkân tanımaktadır. Süreci kolaylaştırıcı politikalar arasında; güçlü veri gizliliği korumalarıyla desteklenmiş sistem ve akıllı sayaç verilerine açık erişim standartları, şebeke işletiminde yapay zekâ uygulamalarına yönelik düzenleyici deneme alanları, yapay zekâ kontrollü altyapıların kritikliği ile orantılı siber güvenlik standartları ve şebeke şirketleri ile düzenleyici kurumlarda yapay zekâ yetkinliği oluşturan iş gücü programları yer almaktadır. Bu yaklaşımla entegre edilen yapay zekâ, şebeke genişlemesinden kapsayıcı erişime kadar tüm elektrifikasyon gündeminin maliyetini düşürmekte ve akıllı yönetim mekanizmalarıyla daha verimli çıktılar sağlamaktadır. Söz konusu eylem hattı, yenilikçilik ve dirençli altyapıyı hedefleyen SKA 9'a katkı sunmakta; optimizasyon odaklı verimlilik kazanımlarının mevcut en ucuz enerji tasarrufu yöntemleri arasında bulunması sebebiyle de SKA 7.3 hedefini doğrudan desteklemektedir.

1.6. Sonuçlar

Bu bölümde erişilen bulgular üç temel sonucu desteklemektedir. İlk olarak, Elektrik Çağı bir öngörü olmaktan çıkarak somut bir gerçekliğe dönüşmüş durumdadır; nitekim elektrik talebi toplam enerji talebinden yaklaşık dört kat daha hızlı büyümekte, elektrik halihazırda küresel ekonomik değerin büyük bölümünü üreten sektörlere güç sağlamakta ve küresel enerji yatırımlarının yarısı doğrudan elektrik arzı ile elektrifikasyon alanına yönlendirilmektedir. İkinci olarak, mevcut politikalar çerçevesindeki gidişat (%26 elektrifikasyon oranı ve 2035 yılına kadar %55 yenilenebilir payı) cesaret verici bulunmakla birlikte iklim hedefleri açısından yetersiz kalmaktadır. COP31'in 2035 yılına kadar %35'lik elektrifikasyon oranı hedefi, COP28'de kararlaştırılan yenilenebilir enerji kapasitesini üç katına çıkarma taahhüdü ile birlikte yürütüldüğünde, küresel sıcaklık artışını 2 °C'nin oldukça altında tutma hedefiyle tutarlı bir kararlılık düzeyini tanımlamaktadır. Üçüncü olarak, dönüşümün sunduğu kazanımlar kendiliğinden gerçekleşmemektedir. Söz konusu faydalar; şebekelere ve depolama altyapısına yapılan öngörülü yatırımlar, dirençli ve çeşitlendirilmiş tedarik zincirleri, yükselen ve gelişmekte olan ekonomilerde sermaye maliyetini düşüren finansman mekanizmaları ve elektrik erişiminden yoksun kitlelerin sürece bilinçli biçimde dâhil edilmesi vasıtasıyla güvence altına alınmaktadır. Dirençli bir elektrifikasyon sektörünün kurulması birçok ülke için geniş kapsamlı bir görev niteliği taşıdığından, bu doğrultuda hayata geçirilmesi gereken kritik eylemler bulunmaktadır. Daha yüksek oranda elektrifiye edilmiş bir düzene sorunsuz geçiş sağlamak, toplumların uygun maliyetli elektriğe erişmesini ve daha sürdürülebilir bir dünyada yaşamasını temin etmek adına yapay zekâ araçlarının altyapıya entegre edilmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu bölümden elde edilen temel çıkarımlar aşağıda sunulmaktadır:

- Elektrik Çağı bir tahmin olmaktan çıkıp kritik bir gerçekliğe dönüşmüş durumdadır. Elektrik talebi toplam enerji talebinden yaklaşık dört kat daha hızlı büyümekte, elektrik halihazırda küresel ekonomik değerin %40'ından fazlasını üreten sektörlere güç sağlamakta ve 2025 yılında enerjiye yatırılan 3,3 trilyon ABD dolarının yarısı elektrik arzı ile elektrifikasyon süreçlerine ayrılmaktadır.
- Elektrifikasyondaki eğilim cesaret verici bulunmakla birlikte yetersiz kalmaktadır. Belirtilen politikalar çerçevesinde elektrifikasyon oranı 2035 yılına kadar yalnızca %26'ya ve yenilenebilir enerji payı %55 civarına ulaşmaktadır. COP28'in yenilenebilir enerjileri üç katına çıkarma taahhüdü ile birlikte takip edilen COP31'in %35'lik elektrifikasyon oranı hedefi, 2 °C'nin oldukça altındaki sıcaklık artışı hedeflerini ulaşılabilir tutacak kararlılık düzeyini ortaya koymaktadır.
- Elektrifikasyon ve arzın karbondan arındırılması süreçleri eş zamanlı olarak ilerlemelidir. Üretimdeki fosil yakıt payının bugünkü %58 seviyesinden 2035'e kadar

%40'ın altına düşürülmesi, her elektrikli aracı, ısı pompasını ve elektrikli fırını kalıcı bir emisyon azaltım aracına dönüştürmektedir.

- Altyapı yatırımlarının ihtiyacın gerisinde kalmak yerine sürecin önünde inşa edilmesi gerekmektedir. Şebekeler; COP29'un 2030 yılına kadar 1.500 GW kapasite taahhüdü ile uyumlu depolama ve talep tarafı esnekliği mekanizmaları ile birlikte, puant talebi 2035 yılına kadar yaklaşık %40 artan bir sistemin ana bağlayıcı kısıtını oluşturmaktadır. Bu noktada öngörülü yatırımlar, güvenli bir dönüşüm ile duraksayan bir dönüşüm arasındaki temel farkı belirlemektedir.
- Dirençli tedarik zincirleri ve uygun maliyetli sermaye erişimi stratejik birer önkoşul niteliği taşımaktadır. Lityum gibi kritik minerallere yönelik talep 2040 yılına kadar dokuz katına kadar büyümekte; rafinasyon ile temiz teknoloji imalatındaki coğrafi yoğunlaşma ise bilinçli bir çeşitlendirmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu süreçte sermayenin, fiziki kaynak yetersizliğinden ziyade yüksek finansman maliyetlerinin engel teşkil ettiği yükselen ve gelişmekte olan ekonomilere yönlendirilmesi on yılın temel finansal görevini oluşturmaktadır.
- Dönüşümün başarıya ulaşması için toplumun tüm kesimlerine ulaşması gerekmektedir. Yaklaşık 730 milyon insan elektriğe erişimden yoksun kalmayı sürdürmektedir. 2035 yılına giden evrensel erişim patikası, kırılgan piyasa reformları ve küçük ada sistemlerine yönelik özel çözümler, %35 elektrifikasyon oranı hedefinin yan unsurları değil, ayrılmaz temel parçaları olarak değerlendirilmektedir.
- Önümüzdeki on yılın görevi net bir şekilde tanımlanmakta ve ölçülebilmektedir. Bölüm 5'te sunulan, 2030 yılı ara hedefi (%28-30) doğrultusunda yıllık bazda izlenen ve Küresel Durum Değerlendirmesi aracılığıyla doğrulanan sekiz eylem hattı temel uygulama çerçevesini sağlamaktadır. Başarının ölçütü ise son derece açıktır; temiz arz, güvenli sistemler ve evrensel erişim ile desteklenen, 2035 yılına kadar %35'lik bir elektrifikasyon oranına ulaşılması amaçlanmaktadır.

Referanslar

Dincer, I., & Ezan, M.A. (2020). TÜBA-Enerji Depolama Teknolojileri Raporu. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. https://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/T%C3%9CBA-Enerji%20Depolama%20Teknolojileri%20Raporu.pdf

Dincer, I., Arcaklıoğlu, E., Ezan, M.A. (2022). Enerjide yapay zekânın rolü raporu. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. https://www.tuba.gov.tr/tr/yayinlar/suresiz-yayinlar/raporlar/tuba-enerjide-yapay-zeknin-rolu-raporu

Dincer, I., & Sorgulu, F. (2025). TÜBA-Yeni enerji teknolojileri raporu. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. (2024). https://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/TUBA-978-625-6110-38-0.pdf

Ember. (2025). Global electricity review 2025. Ember. https://ember-energy.org/latest-insights/global-electricity-review-2025/

IEA. (2024). Global critical minerals outlook 2024. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024

IEA. (2025a). World energy outlook 2025. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025

IEA. (2025b). Electricity 2025: Analysis and forecast to 2027. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/electricity-2025

IEA. (2025c). Global energy review 2025. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025

IEA. (2025d). Electricity mid-year update 2025. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/electricity-mid-year-update-2025

IEA. (2026). Electricity 2026: Analysis and forecast to 2030. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/electricity-2026

IEA, IRENA, UNSD, World Bank, & WHO. (2025). Tracking SDG 7: The energy progress report 2025. World Bank. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Jun/IRENA_POL_Tracking_SDG7_energy_progress_2025.pdf

IRENA. (2025). Renewable power generation costs in 2024. International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/Publications

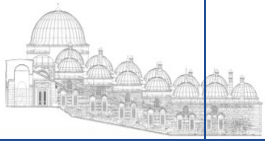
Knobloch, F., Hanssen, S. V., Lam, A., Pollitt, H., Salas, P., Chewpreecha, U., Huijbregts, M. A. J., & Mercure, J.-F. (2020). Net emission reductions from electric cars and heat pumps in 59 world regions over time. Nature Sustainability, 3(6), 437-447. https://doi.org/10.1038/s41893-020-0488-7

Madeddu, S., Ueckerdt, F., Pehl, M., Peterseim, J., Lord, M., Kumar, K. A., Krüger, C., & Luderer, G. (2020). The CO2 reduction potential for the European industry via direct electrification of heat supply (power-to-heat). Environmental Research Letters, 15(12), 124004. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbd02

UNFCCC. (2023). Outcome of the first global stocktake (Decision 1/CMA.5). United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/1_CMA.5.pdf

UNFCCC. (2024). COP29 global energy storage and grids pledge. United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/cop29

WHO. (2024). Ambient (outdoor) air pollution [Fact sheet]. World Health Organization. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-pollution



BÖLÜM 2

SIFIR ATIK VE METAN AZALTIMI

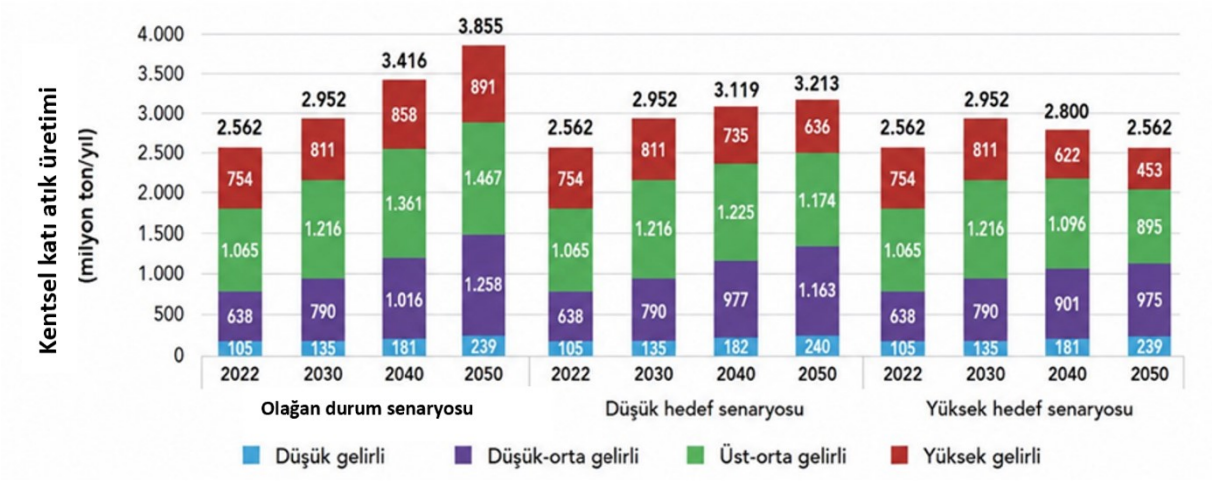
Özet

Küresel kentsel katı atık (KKA) üretimi 2022 yılında 2,56 milyar ton iken 2050 yılında 3,86 milyar tona artması öngörülmektedir. Atık sektörü, küresel ölçekte insan faaliyetlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının yaklaşık %20'sinden sorumludur. Bu emisyonların büyük kısmı, düzenli depolama sahalarında biyobozunur atıkların anaerobik ayrışmasından kaynaklanmaktadır. COP31 Eylem Gündemi kapsamında önerilen küresel uygulama hedeflerinden biri, atık üretimindeki artış hızını 2035 yılına kadar yarıya indirmektir. Bu çalışma; Türkiye'de KKA yönetimini, küresel atık yönetimi uygulamaları ile karşılaştırmalı olarak ortaya koymakta ve 2014'ü başlangıç yılı alarak, 2021 yılındaki mevcut durum ve Türkiye'nin ulusal %60 geri kazanım hedefiyle uyumlu 2035 hedef senaryosunu kapsayan bir yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) sunmaktadır. Sonuçlar, Türkiye'de atık sektörünün karbon yoğunluğunun 2014 yılında ton atık başına 351 kg CO_2-eş değerinden 2021 yılında ton atık başına 61 kg CO_2-eş değerine azaldığını ve 2035 yılında ton atık başına -175 kg CO_2-eş değeri net negatif emisyon değerine düşeceğini göstermektedir. Analiz, önemli ölçüdeki karbonsuzlaşmaya rağmen COP31'in atık üretim hızındaki artışı yarıya indirme hedefine ulaşılabilmesi için atık geri kazanımına yönelik yatırımların sürdürülmesinin yanında, döngüsel ekonomi ilkeleri, atık oluşumunun önlenmesi, kaynağında ayrı toplama ve etkin atık ayırma uygulamalarıyla desteklenen, atık yönetiminden kaynak yönetimine dönüşümü gerektirdiğini ortaya koymaktadır. Çalışmada ayrıca, Türkiye'nin COP31 atık hedefine ulaşabilmesi için bir dizi eylem planı önerilmiştir.

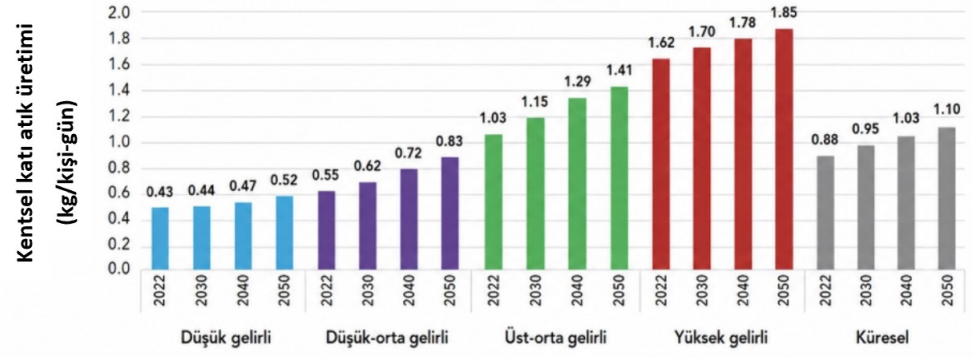
Anahtar Kelimeler: Döngüsel Ekonomi, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, Kentsel Katı Atık, Metan Emisyonu Azaltımı, Atık Yönetiminden Kaynak Yönetimine Dönüşüm

2.1. Giriş

Son on yılda enerji, sanayi ve yapılı çevre alanlarında geliştirilen sektörel karbonsuzlaşma yol haritaları ortak bir anlayışta birleşmiştir: malzeme kullanımının azaltılması, yeniden kullanım ve geri dönüşüm, iklim stratejisinin çevresinde değil, merkezinde yer almalıdır. Kentsel katı atık (KKA) yönetimi önemli bir sorun olmaya devam etmektedir. Günümüzde dünya nüfusunun yarısından daha azı yeterli atık yönetimi hizmetlerine erişebilmektedir. Mevcut uygulamaların devam ettiği "işlerin olağan seyrinde devamı-olağan durum" (Business-as-Usual-BAU) senaryosuna göre, küresel KKA üretiminin 2022 yılındaki 2,56 milyar ton değerinden 2050 yılına kadar 3,86 milyar tona çıkacağı (Şekil 2.1), kişi başına günlük KKA üretiminin ise aynı dönemde 0,88 kg'dan 1,10 kg'a artacağı öngörülmektedir (Şekil 2.2) (World Bank, 2026). Bu eğilimler hem çevre hem de sosyoekonomik kalkınma açısından giderek büyüyen bir tehdit oluşturmaktadır (UNEP, 2024a). Gıda kaybı ve israfı, çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan geniş kapsamlı sonuçları olan önemli bir küresel sorun teşkil etmektedir. Her yıl yaklaşık 1,3 milyar ton gıda kaybı veya israfı olmaktadır (Erol ve Sırıken, 2024).



Şekil 2.1 *Küresel Kentsel Katı Atık Üretimi Projeksiyonu Senaryoları (World Bank, 2026)*



Şekil 2.2 *Gelir Grubuna Göre Kişi Başına Kentsel Katı Atık Üretimi (Olağan durum senaryosu) (World Bank, 2026)*

İklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik politikalar, tarihsel olarak enerji üretimi, endüstriyel süreçler ve ulaştırma sektörlerine odaklanmıştır. Bunun temel nedeni, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık dörtte üçünün doğrudan fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanmasıdır. Buna karşılık atık yönetimi, uzun yıllar ikincil bir konu olarak ele alınmıştır. KKA yönetiminden kaynaklanan emisyonların 2022 yılında yaklaşık 1,28 $GtCO_2$-eş değeri olduğu tahmin edilmekte olup bu emisyonların %85'i atıkların bertarafından, %11'i ise diğer atık yönetimi faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (World Bank, 2026). Uluslararası Katı Atık Birliği (International Solid Waste Association-ISWA), daha önce KKA yönetiminin tek başına AB-15 ülkeleri için Kyoto Protokolü kapsamında başlangıçta belirlenen emisyon azaltım taahhüdünün %18'ine kadarını karşılayabilecek bir potansiyele sahip olduğunu hesaplamıştır (ISWA, 2009). Bu bulgu, sektörün iklim açısından öneminin yeni fark edilen bir konu olmadığını, ancak politika uygulamalarının bu önemin gerektirdiği hızda hayata geçirilmediğini göstermektedir. Yakın dönemde gerçekleştirilen hükümetler arası bilimsel değerlendirmeler ise daha ileri bir yaklaşım ortaya koyarak, küresel sıcaklık artışının 1,5°C ile sınırlandırılabilmesi için tarım, arazi kullanımı ve özellikle atık sektöründe emisyon azaltımlarının hızla gerçekleştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur (IPCC, 2021).

Atık sektörünün küresel iklim diplomasisinde olduğundan daha büyük bir rol oynamasının arkasındaki teknik mekanizma, metan emisyonlarının kontrol edilmesidir. Metanın atmosferik ömrü karbondioksite kıyasla çok daha kısa olmakla birlikte, 20 yıllık bir sürede CO_2'nin 84 katı, 100 yıllık bir sürede ise 28-32 katı küresel ısınma potansiyeli taşımaktadır (IPCC, 2021) ve sera gazı kaynaklı ısınmanın yaklaşık üçte birinden sorumlu olduğu tahmin edilmektedir (Wang vd., 2024). Türkiye'de atık sektörü, atık su arıtımından kaynaklanan emisyonlar da dâhil olmak üzere, ulusal sera gazı envanterinin önemli ve yakından izlenen bir bileşenidir (TÜİK, 2026).

Atık su arıtımı dâhil olmak üzere atık sektörünün tamamı, küresel insan faaliyetlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının yaklaşık %20'sinden doğrudan sorumludur (UNEP, 2024b; World Bank, 2026). Düzenli depolama sahaları ve düzensiz depolama alanlarındaki katı atıkların biyobozunur kısmının anaerobik ayrışması sonucunda oluşan depo gazı bu toplamın yaklaşık %10'unu, yani yılda yaklaşık 50 milyon ton (Mt) metanı oluşturmaktadır (Wang vd., 2024). Bu dinamik, COP26'da başlatılan ve imzacı ülkelerin küresel metan emisyonlarını 2030 yılına kadar 2020 seviyelerinin en az %30 altına indirmeyi taahhüt ettiği Küresel Metan Taahhüdü'nün dayanağını oluşturmuştur (Global Methane Pledge, 2021). Dolayısıyla metan yönetimi, Ulusal Katkı Beyanlarının (Nationally Determined Contributions-NDC) en kritik ve doğrulanabilir bileşenlerinden biri hâline gelmiştir (IEA, 2024). Bununla birlikte, metan emisyonlarının izlenmesinde kullanılan envanter yöntemlerinin doğruluğu bilimsel açıdan tartışmaya açık bir konu olmaya devam etmektedir.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Bölüm 2.1 çalışmaya giriş niteliği taşımaktadır. Bölüm 2.2, Türkiye'deki KKA yönetimini küresel KKA yönetimi ile karşılaştırmalı olarak ortaya koymaktadır. Bölüm 2.3'te COP31 sıfır atık ve metan azaltımı hedefi ile bu hedefin

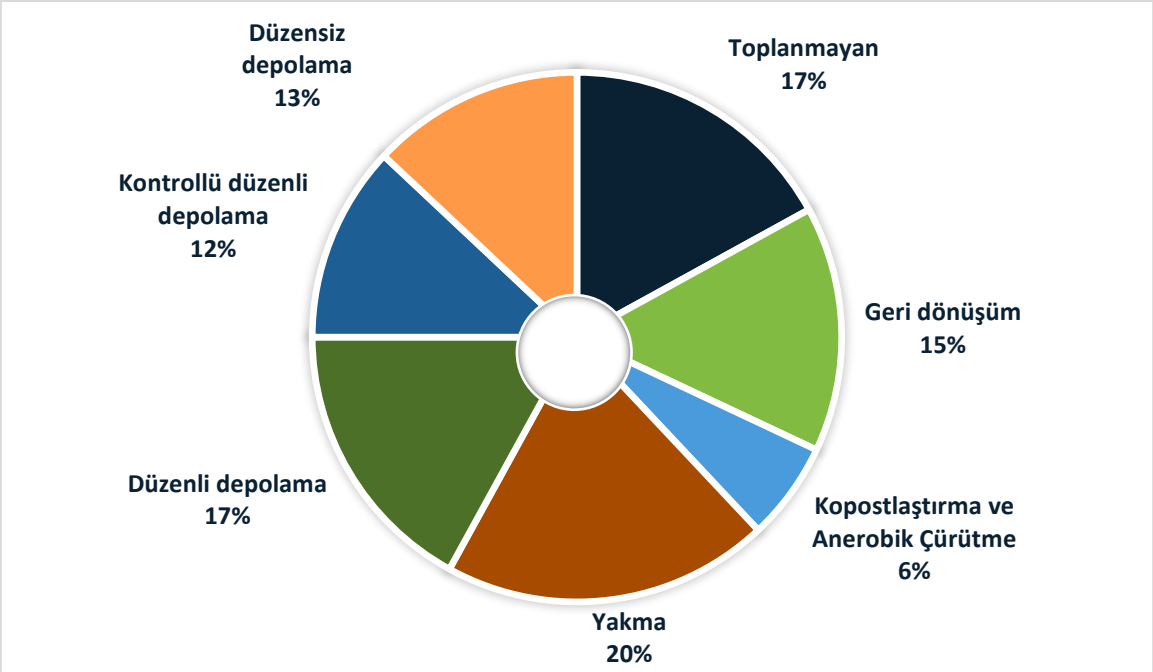
gerçekleştirilmesi için gerekli olan sistemik dönüşümler verilmektedir. Bölüm 2.4, değerlendirmeye ilişkin bilimsel ve politika dayanağını ortaya koymakta; bu kapsamda 2014 başlangıç yılı, 2021 yılındaki mevcut durum ve 2035 hedef senaryosunu kapsayan, senaryolara dayalı bir yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) sunulmaktadır. Söz konusu hedef senaryosu, Türkiye'nin Ulusal Atık Yönetimi Eylem Planı'nda belirlenen geri kazanım hedefleri esas alınarak oluşturulmuş olup, ayrıca Maçin (2026) tarafından raporlanan YDD metodolojisi ve sonuçlarından yararlanılmıştır. Bölüm 2.5'te, ulusal hedeflerin COP31 hedefiyle uyumlu hâle getirilmesine yönelik, çalışmanın kendi analizinden türetilen bir dizi eylem planı önerisi sunulmaktadır. Çalışmaya ait sonuçlar ise Bölüm 2.6'da verilmektedir.

2.2. Küresel ve Türkiye'de Atık Yönetimi

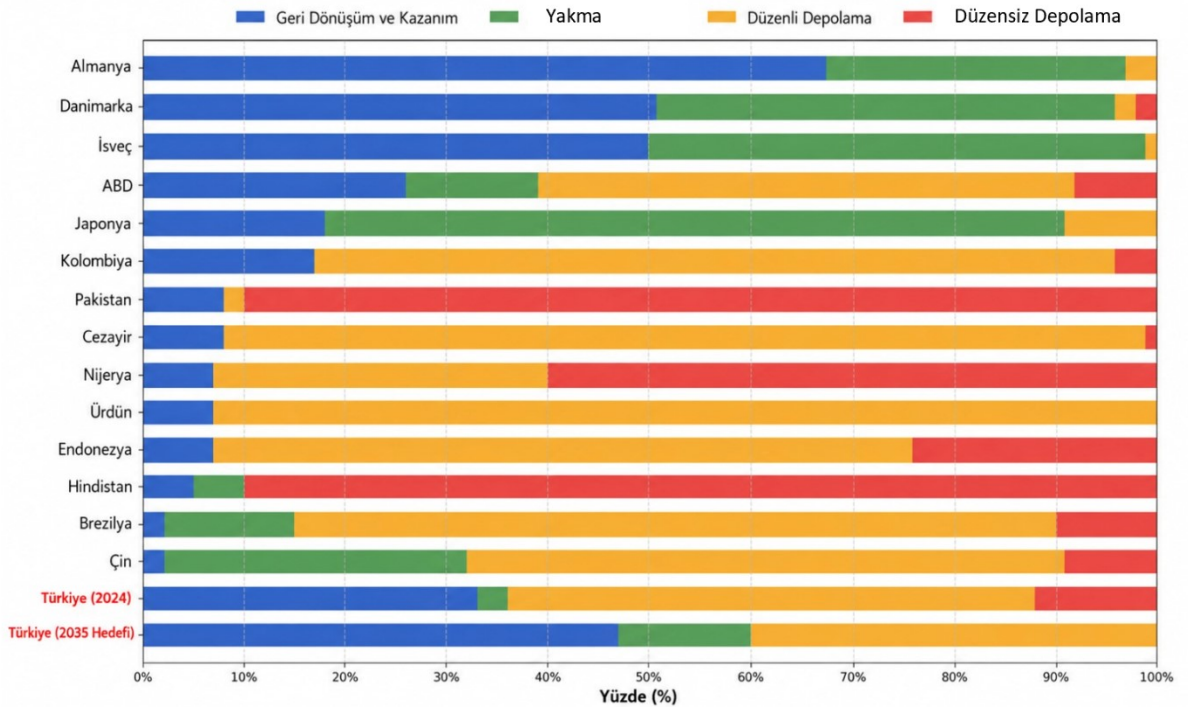
2.2.1. Doğrusaldan Döngüsele: Küresel Atık Yönetiminin Dönüşümü

Son otuz yılda atık yönetimi politikaları büyük ölçüde "atık oluştuktan sonra kontrol" (end-of-pipe) yaklaşımını izlemiştir. Ancak, küresel ölçekte artan hammadde baskıları ve günümüzde malzeme tüketimindeki büyümenin gezegen sınırlarını aşmış olması, bu doğrusal modelin sürdürülemez olduğunu ortaya koymuştur. Küresel ekonomi yılda 100 milyar tondan fazla birincil hammadde tüketmekte olup bunun sadece %6,9'u ikincil hammadde olarak ekonomik döngüye yeniden kazandırılmaktadır (Circular Economy Foundation, 2025). Gıdalar, malzemeler ve yakıtların çıkarılması ve işlenmesi, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık yarısından, biyoçeşitlilik kaybının ve su stresinin ise %90'ından fazlasından sorumludur (UNEP, 2024a). Bu bulgular, iklim politikasında atığın nasıl bertaraf edildiği sorusundan, aslında neden üretildiği sorusuna doğru daha kapsamlı bir dönüşümü güçlendirmiş ve döngüsel ekonomi modelini gündemin merkezine taşımıştır. Avrupa Komisyonu'nun ikinci Döngüsel Ekonomi Eylem Planı (European Commission, 2020), 2015 yılında kabul edilen ilk planın devamı niteliğinde olup Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın (European Commission, 2019) temel unsurlarından biri olarak, bu yaklaşımı karbon sınır önlemleri ve sanayinin rekabet gücü ile ilişkilendirmiştir. Bu politika yönelimi, döngüsel ekonomiyi sadece bir çevre politikası aracı olmaktan çıkarıp, sanayinin rekabet gücü ve stratejik özerkliği için bir araç olarak kullanmayı amaçlayan ve yürürlüğe girmesi beklenen AB Döngüsel Ekonomi Yasası ile bağlayıcı mevzuat yoluyla daha da güçlendirmektedir (EPRS, 2026).

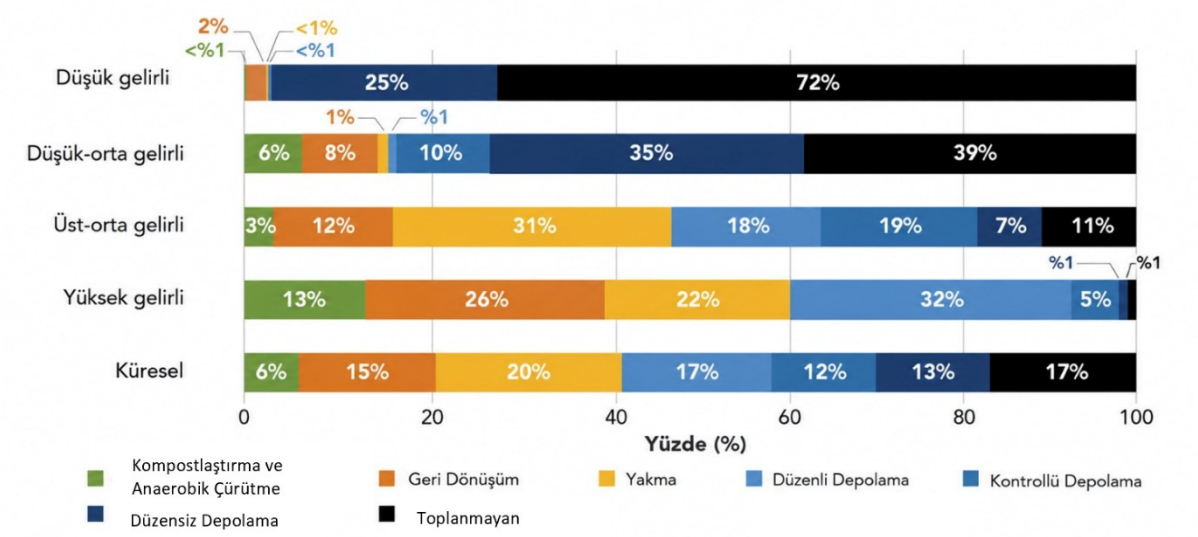
Küresel ölçekte, toplam KKA'nın %29'u düzenli depolama ile bertaraf edilmektedir. Yaklaşık %21'i geri dönüşüm, kompostlaştırma ve anaerobik çürütme (biyometanizasyon) yoluyla geri kazanılırken, %20'lik bir kısım da yakılmaktadır. Bununla birlikte, KKA'nın neredeyse üçte biri ya toplanamamakta ya da düzensiz depolama alanlarına gönderilmektedir (Şekil 2.3) (World Bank, 2026). Şekil 2.4'te seçilmiş ülkelerdeki atık yönetimi uygulamaları, Şekil 2.5'te ise gelir grubuna göre küresel atık yönetimine genel bir bakış gösterilmektedir.



Şekil 2.3 *Küresel Atık Yönetimi (World Bank, 2026)*



Şekil 2.4 *Seçilmiş Ülkelerde Atık Yönetimi Uygulamalarının Karşılaştırılması (%) (Maçin (2026)'dan uyarlanmıştır)*



Şekil 2.5 *Gelir Grubuna Göre Küresel Atık Yönetimi (World Bank, 2026)*

2.2.1.1. Yüksek Gelirli Ekonomiler ve AB Standartları

Karşılaştırmalı uluslararası veriler, atık hiyerarşisini en iyi uygulayan ülkelerin, büyük ölçüde düzenli depolamayı aşamalı olarak terk ederek kaynağında ayrı toplama ve döngüsel ekonomi modellerine yöneldiğini göstermektedir. Atık geri kazanımına odaklanan ülkeler arasında Almanya (%69), Avusturya (%62,8) ve Belçika (%55,8), AB'nin en yüksek KKA geri dönüşüm oranlarına sahip ülkeleri arasında yer alırken; İsveç ve Danimarka gibi yakmaya odaklanan İskandinav ülkeleri, ağırlıklı olarak atık yakma tesisleriyle düzenli depolamayı neredeyse tamamen ortadan kaldırmıştır (sırasıyla %1-2 ve %10'un altında). İsveç, KKA'nın yaklaşık %59'unu yakarak enerjiye dönüştürmekte olup %39'luk bir geri dönüşüm oranına sahiptir (Eurostat, 2024; EEA, 2024). AB-27 ülkeleri genelinde KKA yönetimi %48 geri dönüşüm, %25,2 yakma ve %22,5 düzenli depolama şeklinde dağılmakta olup AB'nin 2035 hedefi, düzenli depolamaya gönderilen atık oranını %10'un altına düşürmektir (Eurostat, 2025; European Commission, 2018a). Buna karşılık Amerika Birleşik Devletleri'nde, geniş arazi varlığı nedeniyle KKA'nın %50'si düzenli depolamaya gönderilmekte olup geri dönüşüm ve kompostlaştırma oranı toplamı %32,1 seviyesindedir (U.S. EPA, 2025).

2.2.1.2. Gelişmekte Olan ve Orta Gelirli Ekonomiler

Benzer sosyoekonomik dinamiklere ve yüksek organik atık oranına (yaklaşık %50) sahip bu gruptaki ülkeler, genel olarak düzensiz depolama alanlarını kapatmakta ve yatırımlarını mekanik-biyolojik arıtma ile düzenli depolama sahalarına yönlendirmektedir. Çin'de atıkların %60'ı düzenli depolamaya gönderilirken %29,8'i yakılmaktadır. Çin dünyada en hızlı büyüyen atık yakma pazarı konumundadır. 2004-2021 dönemini kapsayan ve ulusal ölçekte gerçekleştirilen bir çalışma, söz konusu dönemde kümülatif emisyonların yaklaşık 1.271 Mt

CO_2-eş değerinin düzenli depolamadan, 198 Mt CO_2-eş değerinin ise yakmadan kaynaklandığını ortaya koymuştur. Düzenli depolama kaynaklı emisyonlar yaklaşık 2020 yılına kadar artmış, ardından Çin'in 2020 yılında uygulamaya koyduğu "sıfır atık şehir" politikası ile atık yönetiminin yakmaya yönelmesiyle azalmaya başlamıştır. Buna karşılık, yakma kaynaklı emisyonlar üç farklı büyüme evresi boyunca sürekli artmıştır (Luo vd., 2024). Brezilya'da atıkların %75,2'si düzenli depolamaya gönderilmekte olup resmi geri dönüşüm oranı %1,4 civarındadır. Bununla birlikte, kayıt dışı sektör toplam geri dönüşümün %89'unu gerçekleştirmektedir (Fidelis vd., 2023). Ürdün'de atıkların %93'ü düzenli depolamaya gönderilmekte ve %7'si geri kazanılmakta olup yüksek organik atık oranı, kompostlaştırma ve anaerobik çürütme teknolojilerini çevresel açıdan etkin bir seçenek hâline getirmektedir.

2.2.1.3. Düşük Gelirli Ekonomiler

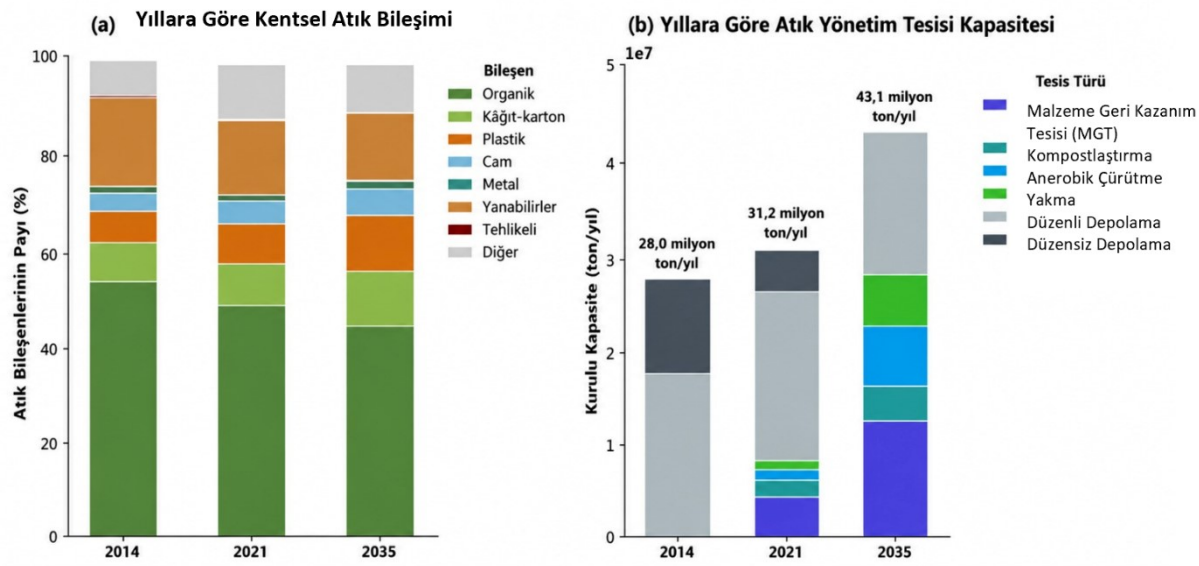
Bu gruptaki ülkelerde, kurumsal ve ekonomik kısıtlar nedeniyle atık yönetimi altyapısı neredeyse bulunmamaktadır. Kontrolsüz atık yönetimi uygulamaları iklim ve halk sağlığı açısından ciddi sorunlara yol açmaktadır. Pakistan'da atıkların %90'ı düzensiz depolama alanlarında bertaraf edilirken, bu oran Nijerya'da %60 civarındadır. Sahra Altı Afrika için bölgesel ortalama ise %69'dur (Maalouf ve Mavropoulos, 2023).

2.2.2. Türkiye'de Atık Yönetimi

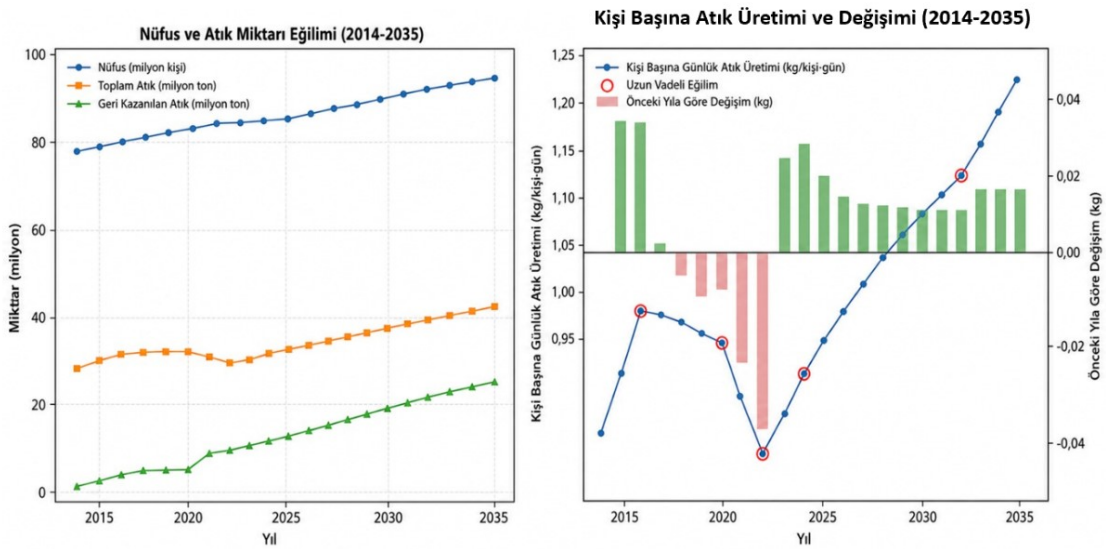
Türkiye'de atık yönetimi son yirmi yılda önemli bir dönüşüm geçirmiştir. 2000'li yılların başında temel politika önceliği düzensiz depolama alanlarının ortadan kaldırılması iken, günümüzde politika gündemi giderek kaynak verimliliği, döngüsel ekonomi ve iklim değişikliğinin azaltılması konularına yönelmektedir. Bu dönüşümün önemli kilometre taşları bulunmaktadır. Bunlar arasında 2000'li yılların başından itibaren düzenli depolama altyapısının ve geri kazanım sistemlerinin kademeli olarak yaygınlaştırılması, ardından genişletilmiş üretici sorumluluğu (GÜS) sistemlerinin uygulamaya konulması ve 2017 yılında başlatılan Sıfır Atık Projesi yer almaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021; Mısır ve Arıkan, 2022). Bununla birlikte, ülke genelinde büyükşehir belediyeleri ile küçük ve orta ölçekli belediyeler arasında teknik kapasite, finansman ve kurumsal altyapı bakımından önemli farklılıklar bulunmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri ve ulusal projeksiyonlara göre, KKA üretimi 2014 yılında yaklaşık 28,0 milyon ton iken 2021 yılında 31,2 milyon tona, 2024 yılında ise 32,3 milyon tona artmıştır (TÜİK, 2025). Nüfusun 2035 yılına kadar 94,5 milyona ulaşması ve mevcut eğilimlerin devam etmesi durumunda, KKA üretiminin 43,1 milyon ton olacağı öngörülmektedir (Şekil 2.6, Şekil 2.7). Bu artış sadece nüfus artışından kaynaklanmamaktadır. Kişi başına gelirin yükselmesi, tüketim alışkanlıklarındaki değişimler ve kentleşme de kişi başına atık üretiminin artmasına neden olmaktadır. Bu eğilim, COP31'in atık üretim hızındaki artışı 2035 yılına kadar yarıya indirme hedefi açısından kritik önem taşımaktadır. Zira

Türkiye'nin mevcut ulusal hedefleri ağırlıklı olarak kaynağında ayrı toplamanın iyileştirilmesine ve geri kazanım oranlarının artırılmasına odaklanırken, COP31 yaklaşımı atık üretimi artış hızının azaltılmasını merkeze almaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2026a).



Şekil 2.6 *Türkiye'de Atık Karakterizasyonu ve Atık Tesisi Kapasitesindeki Değişimler ve Projeksiyonlar (Maçin (2026)'dan uyarlanmıştır)*



Şekil 2.7 *Türkiye'de Tarihsel ve Öngörülen Atık Üretimi (veriler TÜİK, 2025'ten alınmıştır)*

Türkiye'de ulusal geri kazanım oranı, 2021 yılında %27 iken 2024 yılında %36,1'e, 2025 yılında %37,5'e yükselmiş olup 2035 yılına kadar %60'a ulaşması öngörülmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2026b). 2022 yılı itibarıyla, KKA'nın %52'si düzenli depolama sahalarında, %11,7'si düzensiz depolama alanlarında bertaraf edilmiş, %36,1'i ise geri kazanım tesislerinde işlenmiştir (TÜİK, 2023). Maddesel geri kazanım tesislerinin (MGT)

yaygınlaşması, geri dönüştürülebilir malzemelerin ekonomik sisteme geri kazandırılması bakımından önemli ilerleme sağlamıştır. Bunun yanı sıra, KKA'nın yaklaşık yarısını oluşturan biyobozunur atıklara yönelik biyolojik arıtma ve geri kazanım tesislerine yapılan yatırımlar, bu atıkların düzenli depolama sahaları dışına yönlendirilmesi sayesinde metan emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Anaerobik çürütme, Türkiye'de KKA'nın mekanik olarak ayrılmış organik kısmının arıtımında en yaygın kullanılan teknoloji olup Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması'nın (YEKDEM) desteğiyle Türkiye'de oluşan KKA'nın organik kısmının %28'ini işleme kapasitesine sahiptir (Musluoğlu vd., 2026).

Türkiye'nin 2035 hedeflerine ulaşmak için en büyük avantajı, son yıllarda geliştirdiği kurumsal ve teknik altyapının, stratejik atık yönetimi belgeleri ile oluşturulan politika çerçevesiyle birlikte güçlenmiş olmasıdır. Ulusal Döngüsel Ekonomi Stratejisi ve Eylem Planı (2025-2028), hammadde kullanımının azaltılması ve döngüsel malzeme kullanımının artırılmasını hedeflemekte, yedi öncelikli sektör genelinde 53 eylem ortaya koymaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2025a). Ulusal Atık Yönetimi Stratejisi ve Planı'nda (2025-2035), 2035 yılına kadar %60 geri kazanım hedefine ulaşmak için gerekli atık yönetimi yatırımları verilmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2025b). Tek Kullanımlık Plastikler, Deniz Çöpleri ve Mikroplastikler Yol Haritası (2025) ise özellikle plastik değer zinciri içinde geri dönüştürülmüş içerik kullanımına ilişkin gereklilikleri ele almaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2025c). Sıfır Atık politikası, kaynak geri kazanımına ilişkin kamuoyu farkındalığını artırmış, belediyelerin veri toplama ve raporlama kapasitesini güçlendirmiş ve özel sektörün geri dönüşüm ve geri kazanıma yönelik yatırımlarını hızlandırmıştır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2021).

COP31 atık hedefi açısından değerlendirildiğinde, bazı geliştirilmesi gereken alanlar bulunmaktadır. İlk olarak, politika araçlarının çoğu atık oluşumundan sonraki yönetim süreçlerine odaklanırken, yeniden kullanım, onarım ekonomisi ve sürdürülebilir tüketim modelleri henüz sınırlı ölçekte uygulanmaktadır. İkinci olarak, organik atıkların kaynağında ayrı toplanmasının ulusal düzeyde sınırlı düzeyde uygulanması, kompostlaştırma ve anaerobik çürütme potansiyelini kısıtlamaktadır. Üçüncü olarak, büyükşehir belediyeleri ile küçük ve orta ölçekli belediyeler arasında teknik kapasite farklılıkları bulunmaktadır. Son olarak, ulusal performans göstergeleri ağırlıklı olarak geri kazanım oranlarına dayanmaktadır. COP31 atık hedefi ile uyumlu olarak, kişi başına atık üretimi, düzenli depolama dışına yönlendirilen biyobozunur atık oranı, ton atık başına metan emisyonu yoğunluğu ve döngüsel malzeme kullanım oranı gibi göstergelerin de ulusal izleme sistemine entegre edilmesi gerekmektedir (Eurostat, 2024).

2.3. COP31 Sıfır Atık ve Metan Azaltımı Hedefi

2.3.1. Hedefin İlanı ve Sistemik Dönüşüm

Haziran 2026'da düzenlenen Bonn İklim Değişikliği Konferansında, on öncelikli tema ve altı küresel uygulama hedefini ortaya koyan COP31 Eylem Gündemi sunulmuştur (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2026a; Carbon Brief, 2026). On öncelikli tema; döngüsel ekonomiye geçiş için sıfır atık ve metanın azaltılması, temiz enerji ve elektrifikasyon, gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım, yeşil sanayileşme, okyanuslar ve denizler, iklim dirençli şehirler, gençlik katılımı, dinamik ve dayanıklı sağlık sistemleri, iklim, biyoçeşitlilik ve arazi bozulması arasındaki sektörler arası sinerji ile ulusal katkı beyanlarının uygulanmasına yönelik desteğin güçlendirilmesi konularını kapsamaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2026a).

Altı küresel uygulama hedefinden ikincisi, bu çalışmanın konusu olan sıfır atık ve metan azaltımı hedefidir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2026a). Atık sektörü, insan faaliyetlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının yaklaşık beşte birini oluşturmakta olup kanıtlanmış ve ölçeklenebilir çözümler hâlihazırda mevcuttur. Taraflar, atık üretimi artış hızını 2035 yılına kadar yarıya düşürme hedefini benimsemeye davet edilmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2026a).

Bu hedef, metodolojik açıdan geçmişteki emisyon azaltım hedeflerinden farklılaşmaktadır. Atık sektörünü, doğrusal ekonominin ardından ortaya çıkan atıkları bertaraf eden pasif bir sektör olmaktan çıkararak, makroekonomik malzeme akışlarını yöneten etkin bir iklim aktörüne dönüştürmektedir. Bununla birlikte, Eylem Gündemi ve bu kapsamda belirlenen altı hedef, başkanlık öncülüğünde yürütülen bir girişim olup resmi Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) müzakere sürecine paralel ancak bu süreçten ayrı bir şekilde yürütülmektedir. Bonn görüşmeleri sırasında söz konusu hedefler henüz ulusal hükümetler tarafından resmi olarak onaylanmamıştır (Carbon Brief, 2026). Dolayısıyla bu hedefler, Paris Anlaşması kapsamında bağlayıcı bir yükümlülük olmaktan ziyade, gönüllü ulusal eylemler için siyasi bir referans noktası ve koordinasyon aracı işlevi görmektedir. Hedeflerin kalıcılığı ise COP31'de ve sonrasında bu hedefleri benimsemeyi tercih edecek ülkeler, şehirler, işletmeler ve finans kuruluşlarından oluşan koalisyonunun gücüne ve sürekliliğine bağlı olacaktır.

COP31 vizyonu üç sistemik dönüşümü gerektirmektedir: (i) gıda kaybının azaltılması, tek kullanımlık plastiklerin sınırlandırılması ve GÜS ile eko-tasarım kriterlerinin uygulanması gibi önlemler yoluyla atık oluşumunun kaynağında önlenmesi; (ii) anaerobik çürütme ve kompostlaştırma vb. teknolojiler için organik atıkların kaynağında ayrı toplanması ile mevcut düzenli depolama sahalarında depo gazının toplanması ve değerlendirilmesi yoluyla metan

emisyonlarının sistematik azaltılması; (iii) MGT'lerin yaygınlaştırılması ve yatırım kararlarının YDD tabanlı net karbon göstergeleri kullanılarak doğrulanması yoluyla malzeme döngülerinin kapatılması (ISO 14040, 2006a; ISO 14044, 2006b).

2.3.2. İkinci Nesil Göstergeler ve Politika Yönelimleri

Uluslararası finansman mekanizmaları ve performans endeksleri, giderek ikinci nesil göstergeler etrafında yapılandırılmaktadır. Bunlar; kişi başına atık üretimi, düzenli depolama dışına yönlendirilen biyobozunur atık oranı, ton atık başına sera gazı emisyon yoğunluğu ve döngüsel malzeme kullanım oranıdır (Eurostat, 2024; European Commission, 2018b). Türkiye, son on yılda düzensiz depolama alanlarını kapatarak ve Sıfır Atık altyapısını geliştirerek birinci nesil (bertaraf ve geri kazanım odaklı) atık yönetimi hedeflerine yönelik önemli ilerleme kaydetmiştir. Bununla birlikte, COP31'in 2035 hedefleriyle uyumun sağlanabilmesi, kaynak yönetimi ve metan emisyonlarının azaltımına odaklanan ikinci nesil politika araçlarına geçişi gerektirmektedir.

2.4. Bilimsel ve Politika Dayanakları

2.4.1. Türkiye'nin Uzun Vadeli İklim Stratejisi ve Ulusal Emisyon Profili

Türkiye'nin UNFCCC Sekretaryası'na sunduğu Uzun Vadeli İklim Stratejisi, atık yönetimini sadece bir bertaraf hizmeti olarak değil, döngüsel ekonomi araçları yoluyla makro ölçekte emisyon azaltımı sağlayan stratejik bir sektör olarak konumlandırmaktadır (UNFCCC, Türkiye long term climate strategy; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

Türkiye'nin 2024 yılı ulusal sera gazı envanterine göre, atık sektöründen kaynaklanan emisyonlar toplam 15,4 Mt CO_2-eş değeri düzeyinde gerçekleşmiş ve ulusal sera gazı emisyonlarının %2,6'sını oluşturmuştur (TÜİK, 2026). Bu emisyonların yaklaşık %61,4'ü atık yönetiminden, %38,5'i ise atık su arıtımı ve deşarjından kaynaklanmaktadır. Atık sektörü emisyonlarının toplamının %85,0'i metandan, %15,0'i ise diazot monoksitten oluşmaktadır (TÜİK, 2026).

Türkiye'de belediyeler 2024 yılında 32,3 milyon ton katı atık toplamıştır (TÜİK, 2025). Bu miktar, kişi başına 1,09 kg/kişi-gün atık üretimine karşılık gelmekte olup, küresel ortalama olan 0,88 kg/kişi-gün'ün üzerinde (World Bank, 2026); ancak kişi başına yaklaşık 1,42 kg/kişi-gün olan AB-27 ülkeleri ortalamasının altındadır (Eurostat, 2026). 2025 yıl sonu itibarıyla KKA geri kazanım oranı %37,5'e ulaşmıştır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2026b).

Türkiye'nin güncellenmiş Ulusal Katkı Beyanı'nda KKA geri kazanım oranının 2035 yılına kadar %60'a, 2053 net sıfır vizyonu kapsamında ise %70'e yükseltilmesi; düzenli depolama sahalarına gönderilen atık oranının %30'un altına indirilmesi ve kontrolsüz bertarafın tamamen ortadan kaldırılması taahhüt edilmiştir (Republic of Türkiye, 2023).

Türkiye'nin Uzun Vadeli İklim Stratejisi'nde, atık sektörüne yönelik sekiz sektörel strateji belirlenmiştir (UNFCCC, Türkiye long term climate strategy):

- Strateji 1: Atıkların ve atık suların oluşumun önlenmesi ve azaltılması; gıda kaybı ve israfıyla mücadele, onarım, yenileme ve yeniden üretim yoluyla malzeme kullanımının azaltılması.
- Strateji 2: Atıkların yüksek kaliteli geri dönüşüm ve geri kazanım oranlarının artırılması; kaynağında ikili toplama sistemlerinin uygulanması, ulusal depozito iade sisteminin yaygınlaştırılması ve kritik minerallerin geri kazanılması.
- Strateji 3: Düzenli depolama sahalarına işlenmemiş atık kabulünün azaltılması; düzenli depolama vergisi gibi mali araçların uygulanması.
- Strateji 4: Atık su yönetimi altyapısının yenilikçi teknolojiler kullanılarak iyileştirilmesi; arıtma hizmetlerine erişimin 2028 yılına kadar %100'e çıkarılması.
- Strateji 5: Döngüsel ekonomiye geçiş için insan kaynaklarının geliştirilmesi ve adil geçişin sağlanması.
- Strateji 6: Döngüsel ekonomiye geçiş için teşvik ve finansman mekanizmalarının geliştirilmesi; yeşil kamu alımlarının yaygınlaştırılması.
- Strateji 7: Atıkların imalatta hammadde olarak kullanımının artırılması; zorunlu asgari ikincil hammadde kullanım kotalarının ve dijital ürün pasaportunun uygulanması.
- Strateji 8: Atık yönetiminde kullanılan araçlardan kaynaklanan emisyonların azaltılması: rota optimizasyonu ve elektrikli atık toplama filolarının yaygınlaştırılması yoluyla emisyonların azaltılması.

2.4.2. Değerlendirme Yaklaşımı: Senaryolara Dayalı YDD

COP31 hedefi, sadece atık miktarındaki değişimin izlenmesiyle değerlendirilememektedir; atık üretimi, karakterizasyonu, toplama sistemleri, geri kazanım teknolojileri ve bertaraf yöntemlerinin birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu bölümde sunulan değerlendirme, Maçin (2026) tarafından gerçekleştirilen ve ISO 14040 ile ISO 14044 standartları doğrultusunda, ReCiPe 2016 orta nokta karakterizasyon yöntemi kullanılarak senaryolara dayalı, ulusal ölçekli bir YDD'ye dayanmaktadır (Maçin, 2026; ISO 14040-ISO 14044, 2006). Üç senaryo değerlendirilmektedir:

- 2014 referans senaryosu: %63,5 düzenli depolama, %35,5 düzensiz depolama, %1,0 MGT;
- 2021 mevcut durum senaryosu: %59,5 düzenli depolama, %13,5 düzensiz depolama, %13,8 MGT, %6,0 kompostlaştırma, %4,0 anaerobik çürütme, %3,2 yakma (İstanbul).
- 2035 hedef senaryosu: %33,5 düzenli depolama (%0 düzensiz depolama), %29,7 MGT, %9,0 kompostlaştırma, %14,8 anaerobik çürütme, %13,0 yakma (ulusal %60 geri kazanım hedefiyle uyumlu).

Maçin (2026) çalışmasında kullanılan temel atık verileri TÜİK veri tabanından elde edilmiştir. 2014-2021 döneminde Türkiye'nin nüfusu 77,6 milyondan 84,6 milyona yükselirken, buna paralel olarak KKA üretimi ise 28,0 milyon tondan 31,2 milyon tona artmıştır. 2035 hedef senaryosu, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) nüfus projeksiyonları (2035 yılında nüfusun 94,5 milyona ulaşması) ve T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından belirlenen %60'lık ulusal geri kazanım hedefini kullanarak bu eğilimleri ileriye taşımaktadır. Senaryo, MGT, kompostlaştırma, anaerobik çürütme ve yakma kapasitesine yönelik planlanan yatırımlarla uyumlu stratejik politika varsayımlarıyla birlikte doğrusal ekstrapolasyon yoluyla modellenmesine dayanmaktadır.

2.4.3. Senaryoların Karşılaştırılması

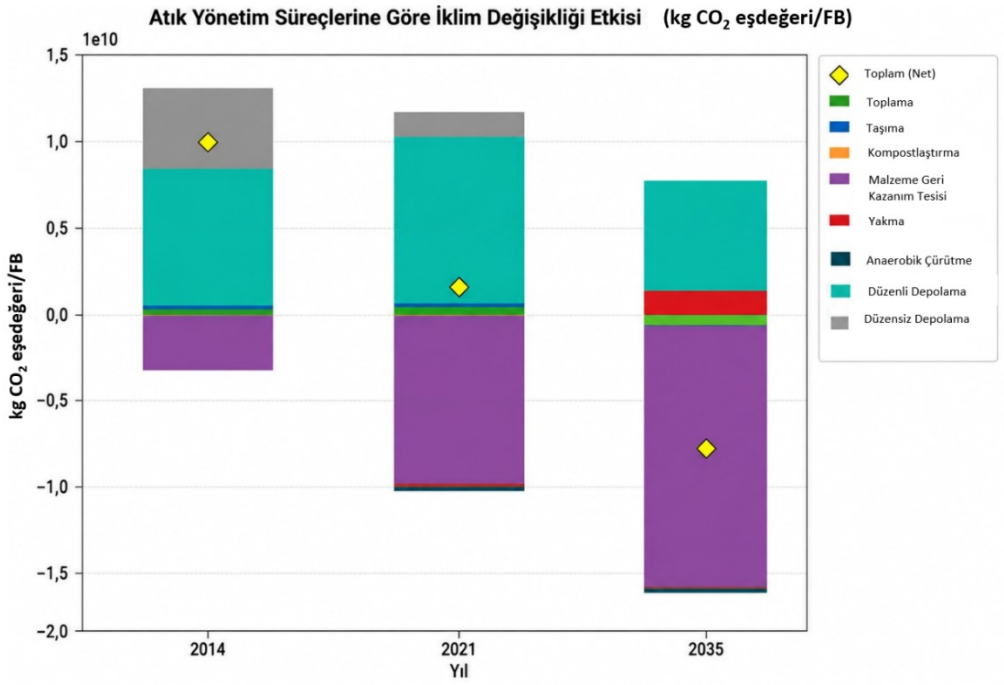
Ulusal ölçekli senaryo analizi, Türkiye'de atık yönetiminin son on yılda önemli ölçüde geliştiğini göstermektedir. 2014 yılında sistem büyük ölçüde düzenli depolamaya dayanırken, 2021 yılına gelindiğinde geri kazanım altyapısı belirgin biçimde güçlenmiştir. 2035 senaryosunda ise MGT, kompostlaştırma, anaerobik çürütme ve yakma tesislerinin paylarının önemli ölçüde artması öngörülmektedir (Maçin, 2026). Özellikle metal ve plastik geri kazanımı yoluyla MGT'lerin yaygınlaşması, birincil hammadde üretimini azaltmakta ve birden fazla etki kategorisinde çevresel faydalar sağlamaktadır. Bu bulgu, Sund vd. (2025) tarafından metal geri dönüşümünün AB-27 ülkeleri atık yönetimi sistemi genelindeki toplam iklim kazanımlarının yaklaşık %83'ünü oluşturduğunu ortaya koyan sonuçlarla uyumludur.

2.4.4. İklim Değişikliği Performansı

YDD sonuçlarına göre, KKA yönetiminin iklim değişikliği etkisi, MGT'lerin devreye alınması ve anaerobik çürütme tesisleriyle metandan enerji geri kazanımının sağlanması sonucunda, 2014 yılında ton atık başına 351 kg CO_2-eş değerinden (toplam fonksiyonel birim (FB) için yaklaşık $1{,}0\times10^{10}$ kg CO_2-eş değeri) 2021 yılında ton atık başına 61 kg CO_2-eş değerine (toplam fonksiyonel birim için yaklaşık $1{,}9\times10^{9}$ kg CO_2-eş değeri) gerilemiştir (Tablo 2.1, Şekil 2.8). Bu durum 2014-2021 döneminde yaklaşık %83'lük bir azalmaya karşılık gelmektedir (Maçin, 2026).

Tablo 2.1 *Türkiye'de Atık Yönetiminin İklim Değişikliği Etkisi*

Senaryo	İklim Değişikliği Etkisi (kg CO_2-eşdeğeri/ton atık)
2014	351
2021	61
2035 (hedef)	−175



Şekil 2.8 *Türkiye'de Atık Yönetiminin İklim Değişikliği Etkisi (fonksiyonel birim başına kg CO_2-eş değeri) (Maçin (2026)'dan uyarlanmıştır)*

2035 senaryosunda atık sektörü, esas olarak geri dönüşüm performansındaki iyileşme (fonksiyonel birim için toplam yaklaşık -1,54×10¹⁰ kg CO_2-eş değeri önlenen çevresel etki) ve düzensiz depolamanın tamamen ortadan kaldırılmasıyla, ton atık başına -175 kg CO_2-eş değeri (fonksiyonel birim için toplam -7,6×10⁹ kg CO_2-eş değeri) düzeyinde net negatif sera gazı etkisine ulaşacaktır. Bununla birlikte, 2035 yılında dahi düzenli depolama, fonksiyonel birim için toplam 6×10⁹ kg CO_2-eş değeri düzeyindeki emisyonla en büyük sürekli emisyon kaynağı olmaya devam etmektedir. Bu durum, biyobozunur atıklar düzenli depolama dışına tamamen yönlendirilmediği sürece metan emisyonlarının ortadan kaldırılamayacağını doğrulamaktadır. Bu sonuçlar, Türkiye'yi uluslararası ölçekte, Zagreb'in entegre sistemi için raporlanan ton atık başına -644 kg CO_2-eş değeri (Hadzic vd., 2018) ile Çin'in yakma ağırlıklı senaryoları için raporlanan ton atık başına -124 kg CO_2-eş değeri (Liu vd., 2017) arasında, ara bir konuma yerleştirmektedir. Bu durum, Türkiye'nin 2035 hedefinin uluslararası ölçekte teknik olarak uygulanabilir olduğunu, ancak en iyi uygulamalarla karşılaştırıldığında ihtiyatlı bir hedef niteliği taşıdığını göstermektedir (Maçin, 2026).

Bu bulgu politika açışından üç sonuca işaret etmektedir: (i) Türkiye, son on yılda sadece geri dönüşüm oranlarını artırmakla kalmamış, atık sektörünün karbon yoğunluğunu da önemli ölçüde azaltmıştır; (ii) 2035 senaryosu gerçekleştiğinde, atık sektörü ilk kez sera gazı azaltımına net katkı sağlayan bir yapıya dönüşecektir; (iii) bu dönüşüm sadece yeni tesis yatırımlarından değil, geri dönüştürülen malzemelerin birincil hammadde üretiminin yerini alması, kompostun kimyasal gübre kullanımını azaltması ve biyogazın fosil yakıtların yerini almasından da kaynaklanacaktır (Maçin, 2026).

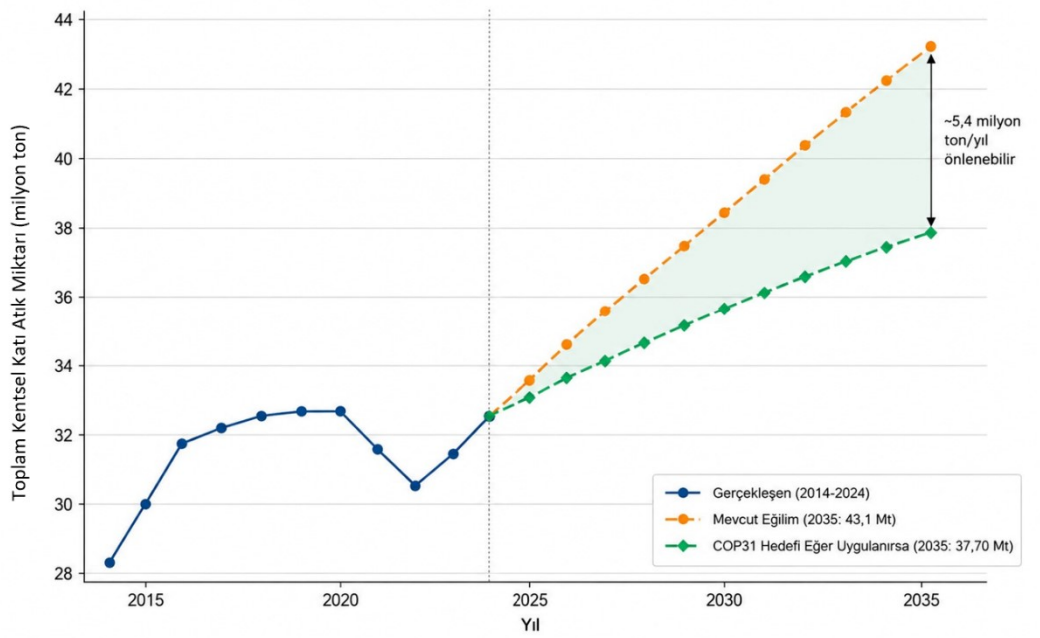
2.4.5. Bulguların COP31 Hedefleri Açısından Değerlendirilmesi

YDD sonuçları cesaret verici olsa da COP31'in hedefleri ışığında dikkatle yorumlanması gereken bir bulgu bulunmaktadır. Bu bulgu, 2035 senaryosunda karbon ayak izinin net negatif değerlere ulaşmasına rağmen, KKA üretiminin 31,2 milyon tondan 43,1 milyon tona çıkarak artışını sürdürmesidir (Şekil 2.9).

Atık miktarı artmaya devam ederken dahi, atık yönetimi çevresel açıdan daha iyi bir hâle gelmektedir. Bu durum, atık yönetimini iyileştirmek ile atık oluşumunu önlemek arasındaki ayrımı açıkça ortaya koymaktadır: Türkiye mevcut ulusal hedeflerine ulaşması durumunda, atık yönetimini önemli ölçüde karbonsuzlaştırabilir. Ancak COP31'in "atık üretimindeki artış hızını yarıya indirme" hedefi, sadece geri kazanım yatırımlarıyla gerçekleştirilemez. Bu hedefe ulaşılması, politika önceliğinin kişi başına atık üretiminin azaltılmasına, gıda kaybının önlenmesine, yeniden kullanım sistemlerinin yaygınlaştırılmasına, ürünlerin kullanım ömürlerinin uzatılmasına, tek kullanımlık ürünlerin azaltılmasına ve kaynak verimliliğinin artırılmasına kaydırılmasını gerektirmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, COP31 hedefi teknik olarak bir atık yönetimi hedefi değil; daha ziyade sürdürülebilir üretim ve tüketim hedefidir.

2.4.6. Türkiye'nin Atık Azaltım Hedefi: Tamamlayıcı Bir Hesaplama

Senaryo analizi, Türkiye'nin en büyük avantajının dönüşümün ilk aşamasını tamamlamış olması olduğunu göstermektedir. Düzenli depolama altyapısı büyük ölçüde kurulmuş olup geri dönüşüm ve geri kazanım tesisleri hızla yaygınlaşmakta, anaerobik çürütme yatırımları artmakta ve Sıfır Atık sistemi kurumsallaşmış durumdadır. Önümüzdeki on yılda yapılması gereken, Türkiye'nin hâlihazırda oluşturmaya başladığı döngüsel ekonomi politika çerçevesinde mevcut atık yönetimini bir kaynak yönetimi sistemine dönüştürmesidir. Ulusal Döngüsel Ekonomi Stratejisi ve Eylem Planı (2025-2028), yedi öncelikli sektör genelinde 53 eylemden oluşan, bu geçişi sağlamaya yönelik bir politika çerçevesi ortaya koymaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2025a). En kritik değişim, "atık yönetimi" yaklaşımından "kaynak yönetimi" yaklaşımına geçiş olacaktır. Başarı bertaraf edilen atık miktarıyla değil, malzemelerin ekonomik sistem içinde dolaşımda tutulma düzeyiyle ölçülecektir.



Şekil 2.9 *COP31 Senaryosu Kapsamında Türkiye'de Tarihsel ve Öngörülen Atık Üretimi (veriler TÜİK, 2025; Maçin, 2026'dan alınmıştır)*

YDD modeli, toplam atık miktarını dikkate alarak üç politika senaryosunu (2014, 2021 ve 2035 ulusal %60 geri kazanım hedefi) karşılaştırmak üzere tasarlanmıştır. Modelin araştırma sorusu "verilen/tahmin edilen atık miktarı için en düşük karbon etkisini hangi teknoloji bileşimi sağlamaktadır?" şeklinde olup "toplam atık miktarı azaltılırsa ne olur" sorusunu ele almamaktadır. Bu nedenle orijinal çalışma kapsamında böyle bir senaryo dikkate alınmamıştır. Bu durum bir eksiklik değil, çalışmanın kapsamına ilişkin belirlenmiş bir sınırdır. COP31'in "atık üretimi hızındaki artışı yarıya indirme" hedefi bu ikinci soruyu gündeme getirdiğinden, burada modelden elde edilen yoğunluk değerlerine (kg CO_2-eş değeri/ton atık) dayanan basit ve doğrusal bir tamamlayıcı tahmin yapılmıştır. Çapraz kontrol amacıyla üç ölçeklendirme yöntemi uygulanmıştır: (i) ton atık başına yoğunluğun (-175 kg CO_2-eş değeri/ton atık) yeni atık miktarına uygulanması; (ii) toplam etkinin (-7,60 Mt) atık miktarı oranıyla ölçeklendirilmesi ve (iii) süreç esaslı toplam etkinin aynı oran kullanılarak ölçeklendirilmesi. Her üç yöntem de dar bir aralık içerisinde birbiriyle tutarlı sonuçlar vermiştir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 *2035 COP31 Senaryosu: Türkiye'nin Atık Azaltım Hedefi ve Toplam İklim Değişikliği Etkisi*

Senaryo	Toplam Atık (Mt)	Toplam İklim Değişikliği (Mt CO_2-eşdeğeri)*
2035 Mevcut Ulusal Eğilim (Olağan durum)	43.10	−7.60
2035 COP31 Senaryosu - Yöntem 1: ton atık başına yoğunluğun yeni atık miktarına uygulanması	37.15	−6.50
2035 COP31 Senaryosu - Yöntem 2: toplam etkinin atık miktarı oranıyla ölçeklendirilmesi	37.15	−6.55
2035 COP31 Senaryosu - Yöntem 3: süreç esaslı toplam etkinin atık miktarı oranıyla ölçeklendirilmesi	37.15	−6.58

** Bu tahmin, 2035 hedef senaryosundaki teknoloji oranlarının (%29,7 MGT, %9 kompostlaştırma, %14,8 anaerobik çürütme, %13 yakma, %33,5 düzenli depolama) COP31 senaryosunda aynı kaldığını ve ton atık başına yoğunluğun toplam atık miktarından bağımsız biçimde doğrusal olarak ölçeklendiğini varsaymaktadır. Tahmin, YDD envanterinin yeniden modellenmesi yoluyla elde edilmemiş olup sadece bir büyüklük mertebesine ilişkin bir gösterge olarak değerlendirilmelidir; dolayısıyla bir projeksiyon niteliği taşımamaktadır.*

Sonuç ilk bakışta anlamlı gözükmemektedir: COP31 senaryosunda toplam atık miktarı %14 daha düşük olmasına rağmen, sistemin net karbon yutağı olağan durum senaryosuna kıyasla daha küçüktür (-6,50 Mt'ye karşılık -7,60 Mt). Bu bir hesaplama hatası değildir. Maçin (2026) çalışmasındaki metodolojik sistem sınırından kaynaklanmaktadır. Çalışmada, atığa dönüşen ürünlerin üretiminden kaynaklanan üst akış (upstream) üretim yükünü hariç tutan bir "sıfır yük varsayımı" uygulanmıştır. Bu kapsamda, modeldeki negatif değerler (karbon yutağı) sadece geri kazanılan malzemelerin birincil hammaddenin yerini almasından kaynaklanmaktadır. Sisteme giren toplam atık miktarı azaldığında, MGT'lere ulaşan ve ikame kredisi oluşturan malzeme miktarı da azalmaktadır. Atık oluşumunu önlemenin birincil iklim faydası (hiç üretilmeyen ürünün hammadde imalatından kaynaklanacak emisyonların ortadan kalkması) bu modelin sistem sınırlarının dışında kalmakta ve dolayısıyla bu tahminde yansıtılmamaktadır.

Bu bulgu, çalışmadaki tezi zayıflatmak yerine güçlendirmektedir. Atık yönetimi sistemi ölçeğinde yürütülen bir YDD, önleme politikalarının gerçek karbon değerini yapısal olarak olduğundan düşük tahmin etmektedir. Bu nedenle COP31'in "atık üretimi hızındaki artışı yarıya indirme" hedefinin karbon faydasının doğru biçimde ortaya konulabilmesi için, atık yönetiminin sistem sınırının ötesine geçerek ürün/malzeme imalat aşamasını da içeren, tüketime dayalı bir YDD veya hibrit girdi-çıktı analizi gerekmektedir. Yukarıdaki hesaplamanın sade tutulmasının nedeni budur: amaç kesin bir karbon bütçesi oluşturmak değil, mevcut YDD kapsamının atık oluşumunu önleme politikalarını değerlendirmek için neden yetersiz olduğunu sayısal olarak göstermektir.

Yöntem 1-3'teki sıfır yük varsayımını kısmen gevşetmek ve hariç tutulan üst akış üretim yükünün sayısal mertebesini göstermek amacıyla, tamamlayıcı bir hesaplama geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, yazarların daha önce kampüs ölçeğinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada (Maçin vd., 2025) atık önleme senaryolarına uyguladıkları yöntemle metodolojik açıdan uyumludur. Aynı yaklaşım burada, olağan durum senaryosu ile COP31 senaryosu arasındaki 5,95 Mt'lik atık miktarı farkına (43,10 Mt - 37,15 Mt) uygulanmıştır.

Hesaplama iki adımda gerçekleştirilmiştir: (i) 5,95 Mt'lik fark, Türkiye'nin KKA karakterizasyonuna ilişkin literatür verileri esas alınarak ambalaj bileşenlerine (kâğıt, karton, diğer plastik, plastik poşet ve pet şişe) dağıtılmıştır; (ii) her kategori için literatürde raporlanan ve Ecoinvent süreçlerine karşılık gelen beşikten kapıya küresel ısınma potansiyeli faktörleri kullanılmıştır.

Tablo 2.3 *Olağan Durum Senaryosu-COP31 Senaryosu Atık Miktarı Farkının Dağılımı ve Türkiye'de Atık Yönetiminden Kaynaklanan Tahmini Emisyon Yükü*

Bileşen	**Varsayılan Oran (%)**	**Miktar (Mt)**	**Küresel Isınma Potansiyeli (kg CO_2-eşdeğeri/kg)***	**Önlenen Yük (Mt CO_2-eşdeğeri)**
Kâğıt	5	0.30	~0.8	0.24
Karton	9	0.54	~0.9	0.48
HDPE	7	0.42	~1.9	0.79
Plastik poşet	2	0.12	~8.0	0.95
Pet şişe	3	0.18	~2.3	0.41
Ambalaj alt toplamı	26	1.55	—	≈2.9

** Küresel ısınma potansiyeli faktörleri, literatürde raporlanan ve Ecoinvent süreçlerine karşılık gelen beşikten kapıya değerlerinden türetilen, yaklaşık değerleridir. Bu, Türkiye'deki KKA karakterizasyonundan türetilen bir varsayım olup olağan durum senaryosu-COP31 senaryosu farkının gerçek karakterizasyonuna ilişkin ölçülmüş bir veri değildir.*

Ambalaj bileşenleriyle ilişkilendirilen tahmini ≈2,9 Mt CO_2-eş değeri ek önlenen yükün (Tablo 2.3), Tablo 2.2'de raporlanan Yöntem 1 sonucuna (-6,50 Mt CO_2-eş değeri) eklenmesi, olağan durum senaryosu etkisi olan -7,60 Mt CO_2-eş değerinden daha negatif, yaklaşık -9,4 Mt CO_2-eş değeri bir toplam etki vermektedir. Başka bir deyişle, üretim aşaması dâhil edildiğinde, yukarıda açıklanan sonuç anlamlı olmakta ve COP31 senaryosu, olağan durum senaryosuna kıyasla daha büyük bir net karbon yutağı sağlamaktadır. Bu bulgu Yöntem 1-3'ü geçersiz kılmamakta; aksine, yukarıda tartışılan sistem sınırı sorununu ve kabaca büyüklüğünü sayısal olarak ortaya koymaktadır. Sıfır yük varsayımı korunduğu sürece, atık oluşumunu önlemenin iklim değişikliği faydası yapısal olarak olduğundan düşük tahmin edilmekte olup gerçek faydanın -6,50/-6,55/-6,58 Mt aralığında verilen değerleri aşması muhtemeldir. Geriye kalan

yaklaşık %74'lük organik/gıda ve diğer malzeme bileşenlerinin de hesaba katılması, gıda üretiminin birim kütle başına küresel ısınma potansiyeli yükünün genel olarak ambalaj malzemelerinden daha yüksek olması nedeniyle bu farkı öngörülebilir şekilde daha da artıracaktır.

2.5. Eylem Planı Önerileri

Türkiye'nin mevcut ulusal stratejileri ağırlıklı olarak geri kazanım oranlarının artırılması ve düzenli depolama altyapısının yaygınlaştırılması üzerine kurgulanmışken, COP31 yaklaşımı "ilk etapta nasıl daha az atık üretilebilir?" sorusuna odaklanmaktadır. Bu hedefe ulaşmak için, her biri Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi ve Paris Anlaşması ile uyumlu olan sekiz eşgüdümlü eylem önerilmiştir (Şekil 2.10). Bu eylemler üç aşamalı bir takvim doğrultusunda kademeli olarak uygulanabilir: mevzuatın, izleme sistemlerinin ve pilot programların oluşturulduğu başlangıç aşaması (2026-2028); bağımsız olarak doğrulanmış düzenli depolama dışına yönlendirilen biyobozunur atık oranı performansının ara hedef olarak gerçekleştirileceği yaygınlaştırma aşaması (2028-2032); hedefe ulaşılması ve hedefin Küresel Durum Değerlendirmesi kapsamında doğrulanacağı konsolidasyon aşaması (2032-2035).



Şekil 2.10 *Eylem planı önerileri*

Eylem 1

Atık Oluşumunun Kaynağında Önlenmesi

COP31 hedefinin yeniliği, başarıyı geri dönüşüm oranlarıyla değil, atık üretimi artış hızındaki azalmayla ölçmesidir. Atık oluşumun önlenmesi, uluslararası literatürde atık hiyerarşisinin en üst kademesinde yer almakta olup AB Atık Çerçeve Direktifi bu önceliği yasal bir yükümlülük hâline getirmektedir (European Parliament and Council, 2008/2018). Türkiye'de mevcut uygulama ağırlıklı olarak geri kazanım ve bertaraf üzerine yoğunlaşmakta olup yeniden kullanım altyapısı, onarım ekonomisi, yeniden dolum sistemleri (refill) ve sürdürülebilir ürün tasarımı sınırlı ölçekte kalmaktadır. 2026-2028 döneminde, atık oluşumunu kaynağında önlemeyi teşvik edecek mevzuat değişikliklerine öncelik verilmelidir. Bu kapsamda performansa dayalı GÜS sistemleri ve eko-tasarım kriterleri hayata geçirilebilir. Bu eylem, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) 12.5 kapsamında atık oluşumunun önemli ölçüde azaltılması ve SKA 12.3 kapsamında kişi başına gıda atığının yarıya indirilmesi hedeflerinin uygulamaya geçirilmesine katkı sağlayacaktır.

Eylem 2

Organik Atık Yönetimi ve Metan Azaltımı

Türkiye'de KKA'nın yaklaşık yarısı organik niteliktedir. Senaryo analizi, düzenli depolamaya gönderilen organik atık miktarının azaltılmasının, iklim performansındaki iyileşmeyi sağlayan en önemli etken olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, 2035 senaryosunda dahi organik atıkların tamamı kaynağında ayrı toplanmamakta ve düzenli depolamanın atık yönetimindeki oranı %33,5 civarında kalmaktadır. Bu nedenle, metan emisyonlarının tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmamaktadır (Maçin, 2026). Başarılı uluslararası uygulamalar organik atıkların kaynağında ayrı toplanmasının zorunlu tutulması, düzenli depolama sahalarına biyobozunur atık kabulünün kademeli olarak kısıtlanması ve buna paralel olarak kompostlaştırma ile anaerobik çürütme vb. teknolojilerin yaygınlaştırılması gibi stratejiler geliştirmiştir (Zhang vd., 2014). Uygulanabilecek eylemler arasında, 2026-2028 döneminde büyükşehir belediyelerinde organik atıkların kaynağında ayrı toplanmasının yasal bir zorunluluk hâline getirilmesi, kaynağında ayrı toplama yükümlülüğünün restoranlar, oteller ve toplu yemek hizmeti sunan işletmelere yaygınlaştırılması ile 2029-2031 döneminde biyobozunur atıkların düzenli depolama sahalarına kabulünün kademeli olarak kısıtlanması yer almaktadır. Bu eylem, SKA 13 kapsamında iklim eylemine ilişkin hedefin uygulamaya geçirilmesine katkı sağlayacaktır.

Eylem 3

Döngüsel Ekonomiye Geçiş ve Döngüsel Malzeme Kullanımı

Atık yönetiminin geleceği sadece daha fazla geri dönüşüm yapmakta değil, malzemeleri mümkün olduğunca uzun süre ekonomik dolaşımda tutmakta yatmaktadır. AB, ekonomide kullanılan ikincil hammaddelerin payını döngüsel malzeme kullanım oranı aracılığıyla izlemektedir (Eurostat, 2024). COP31 Eylem Gündemi, imalat sektöründe döngüsel malzeme kullanım oranının 2035 yılına kadar en az %15'e yükseltilmesine yönelik ayrı bir küresel hedef belirlemiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2026a). 2029-2031 dönemindeki öncelikli uygulamalar arasında, ikincil hammaddeler için kalite standartlarının geliştirilmesi, kamu alımlarında geri dönüştürülmüş malzeme kullanımını teşvik eden mekanizmaların oluşturulması ile çimento, demir-çelik, plastik ve ambalaj sektörleri için asgari geri dönüştürülmüş içerik hedeflerinin belirlenmesi yer alabilir. Bu eylem, sürdürülebilir tüketim ve üretime ilişkin SKA 12'nin gerçekleştirilmesine katkı sağlayacak ve döngüsel malzeme kullanımına yönelik Yeşil Sanayileşme hedefleriyle koordinasyonu güçlendirecektir.

Eylem 4

Dijitalleşme ve Veriye Dayalı Atık Yönetimi

COP31 hedeflerine ulaşılması sadece fiziksel altyapıya değil, veri kalitesine de bağlıdır. Türkiye'deki Ulusal Atık Taşıma Formu uygulaması önemli ilerlemeler sağlamıştır. Bununla birlikte, atık yönetimine yönelik gerçek zamanlı karar destek sistemleri sınırlı düzeyde kalmaktadır. Yapay zekâ destekli tahmin modelleri, dinamik toplama planlaması ve YDD tabanlı karar destek araçları, operasyonel verimliliği artırırken emisyonların da azaltılmasını sağlayacaktır. 2026-2028 döneminde ulusal bir metan izleme sisteminin kurulmasına ve belediyelerin veri altyapılarının standardize edilmesine, 2029-2031 döneminde ise dijital atık yönetimi sistemlerinin yaygınlaştırılmasına öncelik verilebilir. Bu eylem, sanayi, yenilikçilik ve altyapıya ilişkin SKA 9'un uygulamaya geçirilmesine katkı sağlayacaktır.

Eylem 5

YDD'nin Karar Alma Süreçlerine Entegrasyonu

Türkiye'de atık sektörü yatırımları ağırlıklı olarak teknik ve ekonomik fizibiliteye dayalı olarak planlanmaktadır. Gelecekteki yatırım kararları; iklim değişikliği, kaynak kullanımı, su tüketimi ve insan sağlığı gibi çevresel göstergeler açısından da değerlendirilmelidir. Bu çalışma, YDD'nin akademik bir yöntem olmanın ötesinde, standart bir kamu karar destek aracı olarak nasıl kullanılabileceğini ortaya koyan bir uygulama örneğini göstermektedir (Maçin, 2026). YDD tabanlı karar mekanizmaları; belediye atık yönetimi planları, ulusal stratejiler, büyük ölçekli tesislere yönelik çevresel etki değerlendirmesi süreçleri ve kamu destek programları için önerilmekte olup bu yaklaşım, AB'nin Ürün Çevresel Ayak İzi metodolojisiyle uyumludur

(JRC, 2019). Bu eylem, sürdürülebilir tüketim ve üretime ilişkin SKA 12'nin gerçekleştirilmesine katkı sunacak ve Eylem 1-4'ün kanıta dayalı karar alma uygulamasını güçlendirecektir.

Eylem 6

Finansman, Kurumsal Kapasite ve Davranış Değişikliği

Kurumsal kapasite ve finansman mekanizmaları, teknik çözümler kadar önemlidir. Yatırım maliyetleri, işletme giderleri ve uzman personel eksikliği, özellikle küçük ve orta ölçekli belediyelerde gelişmiş atık yönetimi teknolojilerinin yaygınlaşmasını kısıtlamaktadır. Yeşil tahviller ve sürdürülebilirlik bağlantılı finansman mekanizmaları, sonuç odaklı belediye destek programları, karbon piyasaları ve gönüllü karbon kredileri, metan emisyonlarının azaltılmasına yönelik projeleri desteklemek amacıyla kullanılmalıdır. Özellikle organik atıkların yönetimi amacıyla anaerobik çürütme tesisleri yatırımları için kamu-özel sektör ortaklıkları teşvik edilmeye devam edilmelidir. Uluslararası çalışmalar ayrıca, kişi başına atık üretiminin sadece ekonomik büyümeden değil, gıda israfı, tek kullanımlık ürün tüketimi ve satın alma alışkanlıkları gibi davranışsal etkenlerden de güçlü biçimde etkilendiğini göstermektedir. Bu nedenle okul müfredatları, kamu alım politikaları ve belediye farkındalık programları, COP31 hedeflerine ulaşılması için önemli unsurlar olarak değerlendirilmelidir. Bu eylem, hedeflere yönelik ortaklıklara ilişkin SKA 17'ye ve nitelikli eğitime ilişkin SKA 4'e katkı sağlayacaktır.

Eylem 7

Tarifelerin ve Maliyet Karşılama Mekanizmalarının Reformu

Kademeli olarak artırılan düzenli depolama vergisi, "Attığın Kadar Öde" sistemleri ve atık yönetimi finansmanının toplanan atık miktarı yerine doğrulanmış atık önleme ve metan emisyonlarının azaltılması göstergelerine dayandırılması, temel araçlar olarak önceliklendirilmelidir. Bu eylem, SKA 11 kapsamında sürdürülebilir şehirler ve topluluklar hedefine katkı sunacak ve Eylem 1-3 için gerekli finansman teminini sağlamaya yardımcı olacaktır.

Eylem 8

Yönetişim ve İzleme

Yukarıdaki eylemlerin hayata geçirilmesi, güçlü ve kalıcı bir yönetişim çerçevesi oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu çerçeve; 2025 yılı ulusal başlangıç durumunun oluşturulmasını ve kişi başına atık üretimi, düzenli depolama dışına yönlendirilen biyobozunur atık oranı, ton atık başına metan emisyonu yoğunluğu ve döngüsel malzeme kullanım oranı gibi temel performans göstergelerinin, 2030 ve 2035 ara hedefleri esas alınarak yıllık olarak

raporlanmasını kapsamalıdır. Ayrıca ulusal verilerin bağımsız olarak doğrulanması, ulusal atık yol haritalarının Ulusal Katkı Beyanı 3.0 döngüsü kapsamında değerlendirmeye tabi tutulması ve Küresel Atık Metan Finansman Mekanizması ile UNFCCC Sekretaryası arasındaki koordinasyonun sağlanması gerekmektedir. Başarı, birbirini tamamlayan iki sonuç üzerinden ölçülmelidir: (i) atık üretimindeki artış hızının 2035 yılına kadar yarıya indirilmesi ve (ii) atık yönetimi için doğrulanmış net negatif sera gazı etkisinin sağlanması.

2.6. Sonuçlar

Türkiye'nin son on yılda katı atık altyapısını geliştirme ve Sıfır Atık vizyonunu kurumsallaştırma konularında kaydettiği ilerleme, atık sektörünü karbonsuzlaştırma yolunda avantajlı bir konuma yerleştirmiştir. ISO 14040/14044 standartları doğrultusunda gerçekleştirilen makro ölçekli YDD senaryo modellemesi, 2035 yılı ulusal atık yönetimi hedeflerinin hayata geçirilmesi durumunda atık sektörünün, net sera gazı emisyonu kaynağı olmaktan çıkarak ulusal karbon dengesine net negatif katkı sağlayan bir yapıya dönüşebileceğini göstermektedir.

Türkiye, atıkların oluşumundan sonraki yönetimi ve geri kazanımı konusunda önemli teknolojik olgunluk düzeyine ulaşmıştır. Türkiye'nin stratejik gündemindeki en temel değişim, geleneksel "atık yönetimi" mekanizmalarından bütüncül ve disiplinler arası bir "kaynak yönetimi" paradigmasına yönelik yasal ve kurumsal dönüşüm olacaktır. Bu yönelim, Türkiye'nin yakın dönemde oluşturduğu politika mimarisinde hâlihazırda yansımasını bulmaktadır. Bu yaklaşım kapsamında başarı; kişi başına atık üretimindeki azalma, düzenli depolama dışına yönlendirilen biyobozunur atık oranı, döngüsel malzeme kullanım oranı ve YDD ile doğrulanmış gömülü karbon tasarrufları göstergeleri üzerinden ölçülmelidir.

Bu çalışma; AB'nin Ürün Çevresel Ayak İzi metodolojisi, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) kılavuzları (2019) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme, UNEP) döngüsel ekonomi ölçüm çerçevesi ve politika rehberliği (UNEP, 2024c) ile uyumludur. Kanıta dayalı bir politika değerlendirmesi sunarak ulusal karar alma süreçlerini desteklemeyi amaçlayan çalışma, aynı zamanda Türkiye'nin COP31 kapsamındaki küresel iklim liderliği hedeflerine yönelik bilimsel bir katkı niteliği taşımaktadır.

Çalışmanın önemli sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- Atık sektörü, kısa vadede metan emisyonlarının azaltımı açısından belirleyici ancak hâlen potansiyeli olan bir fırsat sunmaktadır: Atık sektörü küresel insan faaliyetlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır. Türkiye'nin ulusal envanterinde atık sektörü 15,4 Mt CO_2-eş değeri (ulusal emisyonların %2,6'sı) düzeyinde katkıda bulunmakta olup bu emisyonların %85'i metandan kaynaklanmaktadır.

- Türkiye'de atık yönetimi hâlihazırda hızlı bir karbonsuzlaşma sürecinden geçmektedir: YDD modellemesi, sektörün karbon yoğunluğunun 2014 yılındaki ton atık başına 351 kg CO_2-eş değerinden 2021 yılında ton atık başına 61 kg CO_2-eş değerine düştüğünü ve ulusal atık yönetimi hedeflerinin tam olarak hayata geçirilmesi hâlinde 2035 yılında ton atık başına -175 kg CO_2-eş değerinde net negatif bir seviyeye azalacağını göstermektedir.
- Karbonsuzlaşma ile malzeme kullanımının azaltılması arasında bir politika açığı bulunmaktadır: Net negatif 2035 senaryosunda dahi, KKA üretimi 31,2 milyon tondan 43,1 milyon tona yükselmekte olup COP31'in atık üretimi artış hızını yarıya indirme hedefinin, sadece geri kazanım yatırımlarıyla gerçekleştirilemeyeceği anlaşılmaktadır.
- Organik atık yönetimi ve bu atıkların düzenli depolama dışına yönlendirilmesi, emisyonların daha fazla azaltılması açısından fırsatlar oluşturmaktadır: KKA'nın yaklaşık yarısı organik niteliktedir ve biyobozunur atıklar etkin biçimde düzenli depolama dışına yönlendirilmediği sürece, düzenli depolama başlıca emisyon kaynağı olmaya devam edecektir.
- Döngüsel malzeme kullanımı bir sonraki öncelikli alanı oluşturmaktadır: Döngüsel malzeme kullanım oranı ile birlikte ve 2035 yılına kadar imalat sektöründe %15'lik döngüsel malzeme kullanım hedefi, atık üretimini azaltma hedeflerini tamamlayan göstergeler sunmaktadır.
- Finansman mekanizmaları atık oluşumun önlenmesini ve doğrulanmış emisyon azaltımlarını desteklemelidir: Bunun için “kirleten öder” ilkesine dayalı özel finansman mekanizmaları ve sonuç odaklı belediye finansman sistemlerinin oluşturulması gerekmektedir.
- Atık üretim hızını azaltma hedefi ile ilgili Türkiye için önümüzdeki on yıla ilişkin bir yol haritası oluşturulmuş ve ölçülebilir durumdadır: Bölüm 2.5'te önerilen sekiz eylem, ara hedefler ve bağımsız doğrulama mekanizmaları aracılığıyla izlenerek, 2035 yılına kadar atık üretimi artış hızının yarıya indirilmesini ve aynı zamanda net negatif sera gazı dengesinin korunmasını sağlayacak bir uygulama çerçevesi sunmaktadır.

Referanslar

Carbon Brief. (2026, June 22). Bonn climate talks 2026: Key outcomes from the June UN climate conference (SB64). Carbon Brief. https://www.carbonbrief.org/bonn-climate-talks-key-outcomes-from-the-june-2026-un-climate-conference/

Circle Economy Foundation. (2025). The circularity gap report 2025. Circle Economy Foundation.

EEA (European Environment Agency). (2024). Waste recycling in Europe. https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/waste-recycling-in-europe

EPRS (European Parliamentary Research Service). (2026). Circular economy act. PE 782.628.

Erol, İ., Sırıken, B. (2024). Gıda Kayıp ve İsrafının Küresel Boyutları ve Etkileri, Gıda, Su Kaybı ve İsrafı TÜBA Raporu, TÜBA Raporları No: 59. Şahin, K. ve Erol, İ. (Ed.). Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-08-3

European Commission. (2018). Monitoring framework for the circular economy.

European Commission. (2019). The European Green Deal (COM (2019) 640 final).

European Commission. (2020). A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe (COM (2020) 98 final).

European Parliament and Council. (2018a). Directive (EU) 2018/850 of 30 May 2018 amending Directive 1999/31/EC on the landfill of waste. Official Journal of the European Union, L 150, 100–108.

European Parliament and Council. (2008/2018b). Directive 2008/98/EC of 19 November 2008 on waste and repealing certain directives (Waste Framework Directive), as amended by Directive (EU) 2018/851 of 30 May 2018. Official Journal of the European Union, L 312 and L 150.

Eurostat. (2024). Circular material use rate [Dataset]. European Commission. https://ec.europa.eu/eurostat

Eurostat. (2025, February 13). Municipal waste down by second consecutive year. https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250213-1

Eurostat. (2026, March 30). 517 kg municipal waste per capita in 2024. European Commission. https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20260330-1

Fidelis, R., Guerreiro, E. D. R., Horst, D. J., Ramos, G. M., de Oliveira, B. R., de Andrade Junior, P. P. (2023). Municipal solid waste management with recyclable potential in developing countries. Waste Management and Research, 41(9), 1399–1419. https://doi.org/10.1177/0734242X231160084

Global Methane Pledge. (2021). Global methane pledge: Reduce global methane emissions by 30 percent by 2030. United States and European Union.

Hadzic, A., Voca, N., Golubic, S. (2018). Life-cycle assessment of waste management system in city of Zagreb, Croatia: Emissions and energy saving. Journal of Material Cycles and Waste Management, 20(3), 1286–1298. https://doi.org/10.1007/s10163-017-0693-2.

IEA. (2024). Global methane tracker 2024. International Energy Agency.

IPCC. (2019). 2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 5: Waste. IPCC.

IPCC. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press.

ISO. (2006a). ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. ISO.

ISO. (2006b). ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. ISO.

ISWA. (2009). ISWA position paper: Waste and climate change. ISWA.

JRC (European Commission Joint Research Centre). (2019). Environmental footprint reference package 3.0 (EF 3.0).

Liu, Y., Sun, W., Liu, J. (2017). Greenhouse gas emissions from different municipal solid waste management scenarios in China. Waste Management, 68, 653–661. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.06.020

Luo, Y.-Y., Yang, Y.-X., Zhou, S., Meng, L.-L., Bate, B. (2024). Quantification and forecast of GHG emissions from municipal solid wastes by multi-expression programming method. Waste Management, 188, 84–95. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.07.027

Maalouf, A., Mavropoulos, A. (2023). Re-assessing global municipal solid waste generation. Waste Management and Research, 41(4), 936–947. https://doi.org/10.1177/0734242X221074116

Maçin, K. E., Arıkan, O. A., Damgaard, A. (2025). An MFA–LCA framework for goal-oriented waste management studies: 'Zero Waste to Landfill' strategies for institutions. Waste Management and Research, 43(7), 1034–1047. https://doi.org/10.1177/0734242X241287734

Maçin, K. E. (2026). Decarbonizing municipal solid waste management in Türkiye: A scenario-based life cycle assessment from historical baseline to 2035 recovery targets. Environmental Pollution and Management, 3, 328–344. https://doi.org/10.1016/j.epm.2026.06.003

Mısır, A., Arıkan, O. (2022). Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye'de döngüsel ekonomi ve sıfır atık yönetimi. Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik, 23(1), 69–78.

Musluoğlu, A., Övez, S.S., Dereli, R.K., Maçin, K.E., Özçelik, K., Waqas, M., Arıkan, O.A. (2026). Development and current status of full-scale anaerobic digestion plants for organic fraction of municipal solid waste in Türkiye. Bioenerg. Res. 19, 68. https://doi.org/10.1007/s12155-026-11000-8.

Republic of Türkiye (2023). Updated first nationally determined contribution (NDC) under the Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.

Sund, J. H., Albizzati, P. F., Scheutz, C., Tonini, D. (2025). Comprehensive assessment of environmental and economic impacts of the entire EU waste management system. Waste Management, 204, Article 114910. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.114910

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2021). Sıfır atık yönetmeliği. Resmî Gazete, No. 30829.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). Türkiye'nin iklim değişikliği stratejisi ve eylem planı.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2025a). Ulusal döngüsel ekonomi stratejisi ve eylem planı (2025–2028). https://webdosya.csb.gov.tr

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2025b). Ulusal atık yönetimi stratejisi ve planı (2025–2035).

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2025c). Tek kullanımlık plastikler, deniz çöpleri ve mikroplastikler yol haritası.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2026a). Bakan Kurum, COP31 Eylem Gündemi'nin 10 başlığını açıkladı [Basın açıklaması]. https://csb.gov.tr/haberler/bakan-kurum-cop31-eylem-gundemi-nin-10-basligini-acikladi-305660

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2026b). Sıfır Atık'ta Geri Kazanım Oranı %37,53'e Ulaştı. https://cygm.csb.gov.tr/haberler/sifir-atik-ta-geri-kazanim-orani-37-53-e-ulasti-304527

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2023). Belediye atığı istatistikleri, 2022. TÜİK.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). Atık istatistikleri, 2024. TÜİK.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2026). Sera gazı emisyon istatistikleri, 1990-2024. https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/58000. TÜİK.

UNEP. (2024a). Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource. Nairobi: United Nations Environment Programme / ISWA.

UNEP. (2024b). International Resource Panel. (2024). Global Resource Outlook 2024.

UNEP. (2024c). Introduction - Circular Economy: From Indicators and Data to Policy-making. https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/44843

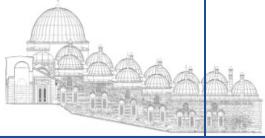
UNFCCC. Türkiye long term climate strategy. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Turkiye_Long_Term_Climate_Strategy.pdf

U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). (2025, December 19). National overview: Facts and figures on materials, wastes and recycling. https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials

Wang, Y., Fang, M., Lou, Z., He, H., Guo, Y., Pi, X., Wang, Y., Yin, K., Fei, X. (2024). Methane emissions from landfills differentially underestimated worldwide. Nature Sustainability, 7, 496–507. https://doi.org/10.1038/s41893-024-01307-9

World Bank. (2026). What a Waste 3.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank.

Zhang, C., Su, H., Baeyens, J., Tan, T. (2014). Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 38, 383–392. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.038.





BÖLÜM 3

İKLİME DİRENÇLİ ŞEHİRLER

Özet

Binalar ve yaşam alanları küresel enerji dönüşümünün kazanılacağı veya kaybedileceği temel alanı oluşturmaktadır. Binalar ve inşaat sektörü; küresel karbon emisyonlarının yaklaşık %37'sini, nihai enerji tüketiminin %28'ini ve küresel malzeme çıkarımının neredeyse yarısını oluştururken, küresel GSYİH'nin %11-13'ünü temsil etmekte ve dünya genelindeki iş gücünün yaklaşık %9'unu istihdam etmektedir. Küresel toplam bina alanı 2024 yılında 273 milyar m^2'ye ulaşmış olup hızla genişlemeye devam etmektedir; 2050 yılında mevcut olacak binaların yaklaşık yarısı ise henüz inşa edilmemiş veya yenilenmemiş durumdadır. Birleşmiş Milletler gibi uluslararası kuruluşlar, mevcut eğilimler ile Paris Anlaşması'nın hedefleri arasında genişleyen bir boşluk bulunduğunu ve bina alanları ivme kazanırken sektörel karbondan arındırma süreçlerinin yavaşladığını işaret etmektedir. Bu bölüm; binalarda çevresel dönüşümlerin durumunu, kullanılan teknolojileri ve kolaylaştırıcı koşulları kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Bina enerji kullanım yoğunluğu 2015 yılından bu yana yıllık yaklaşık %1 seviyesinde olmak üzere toplamda yalnızca %8,5 oranında gerilemiştir; buna karşın Paris Anlaşması ile uyumlu senaryolar yıllık %2,5-3 oranında yoğunluk iyileştirmesi gerektirmektedir. COP31'in 2035 yılına kadar belirlediği en az %25'lik azaltım hedefi bu nedenle keyfi bir yaklaşım değil, söz konusu açığı kapatan ve sektörü yüzyılın ortasına kadar net sıfır binalarla tutarlı bir patikaya oturtan bilimsel tabanlı bir düzeltme niteliği taşımaktadır. Bu hedefin gerçekleştirilmesi; yeni inşaatlar için neredeyse sıfır enerjili bina yönetmeliklerinin uygulanmasını, mevcut yapı stokunun yıllık %2-3 oranında derin yenilenmesini ve ısı pompaları ile termal enerji depolama destekli akıllı ve yapay zekâ odaklı bina işletimi yoluyla mevcut dönüşüm hızının iki kattan fazla artırılmasını gerektirmektedir. Bu bölüm ayrıca dirençlilik ve esneklik zorunluluğunu, binalara ve altyapıya yönelik artan iklim risklerini, kentsel ısı adası etkisini ve soğutma paradoksunu, kritik tesislerin enerji güvenliğini, sismik dirençliliği ve su-enerji ilişkisini ayrıntılı biçimde incelemektedir. Bunun yanı sıra yatırım ve erişilebilirlik imkânları, gömülü karbon ve döngüsel malzeme kullanımı, nitelikli iş gücü ile kayıt dışı yerleşimler ve sıcak iklim şehirlerine özel bir odaklanmayla kapsayıcı kentsel dönüşüm gibi kolaylaştırıcı unsurları analiz etmektedir. Sonuç olarak rapor, verimlilik ve dirençliliğin aynı dönüşümün iki ayrılmaz yüzü olduğu ve bu on yılda verilen kararların nesiller boyu sürecek kalıcı sonuçlar doğuracağı tespitinde bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Binalar, Enerji kullanım yoğunluğu, Enerji verimliliği, Yenileme, Dirençli şehirler

3.1. Giriş

Binalar; insanların yaşadığı, çalıştığı, öğrendiği ve iyileştiği alanlar olarak insanlığın en büyük yapıtı ve en mahrem altyapısı niteliğini taşımakta, aynı zamanda iklimle ilgili zorlukların da merkezinde yer almaktadır. Binalar ve inşaat sektörü; küresel enerji ile proses kaynaklı karbon emisyonlarının yaklaşık %37'sinden, küresel nihai enerji tüketiminin %28'inden sorumlu bulunmakta ve dünya çapında çıkarılan tüm malzemelerin neredeyse yarısını tüketmektedir (UNEP, 2026). Bununla birlikte sektör olağanüstü bir hızla genişlemeyi sürdürmektedir; sadece 2023 yılında 5 milyar m^2'den fazla kullanım alanı eklenmiş ve küresel toplam bina alanı 2024 yılında 273 milyar m^2'ye ulaşarak, Hindistan ve Güneydoğu Asya dâhil yükselen ekonomilerdeki inşaat faaliyetlerinin etkisiyle tek bir yılda %1,7 oranında büyüme göstermiştir (UNEP, 2025, 2026). Binalar ve İnşaat için Onuncu Küresel Durum Raporu (Global Status Report for Buildings and Construction), "Hızlı inşa etmek. Yetersiz kalmak" alt başlığıyla, sektörün karbondan arındırma süreçlerinin yavaşladığını, bu durumun ise sektörü hem büyük bir emisyon kaynağı haline getirdiğini hem de iklim etkilerine ve enerji fiyat şoklarına karşı giderek daha savunmasız bıraktığını ortaya koymaktadır (UNEP, 2026).

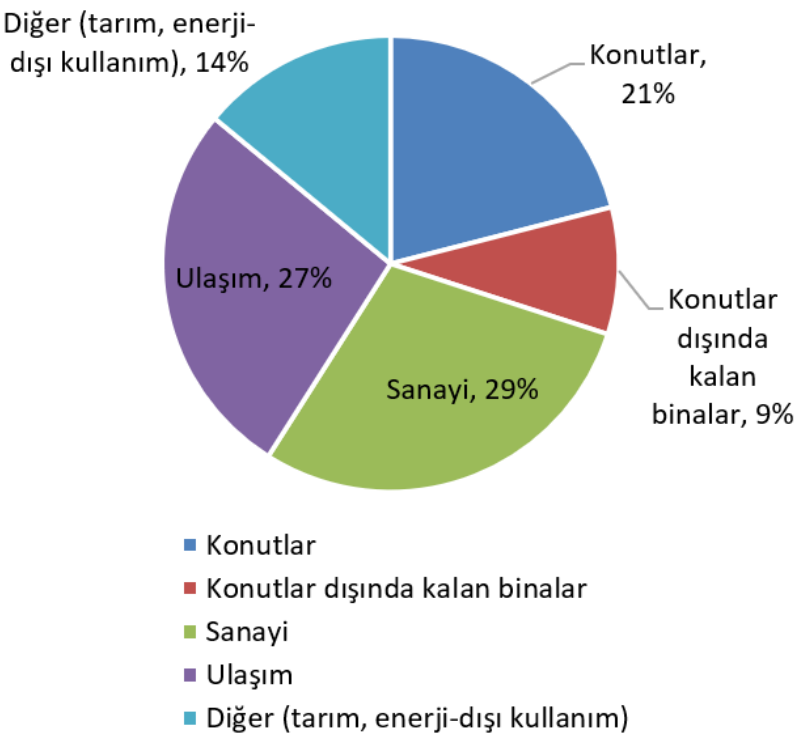
Bu bölüm, COP31 Başkanlığı'nın 2035 Küresel Uygulama Hedeflerini ve özellikle Paris Anlaşması hedefleriyle uyumlu bir patika doğrultusunda binalar sektörünün enerji kullanım yoğunluğunda 2035 yılına kadar en az %25 ve tercihen %35'lik bir azaltımı hedefleyen "İklime Dirençli Şehirler" konulu 3. Hedefini desteklemek amacıyla TÜBA Enerji Çalışma Grubu tarafından hazırlanmış bulunmaktadır. Çalışmanın kapsamı belirli bir sistematik dâhilinde ilerlemektedir. Alt bölüm 3.2; binaların ve şehirlerin günümüz enerji sistemindeki konumu ile talebin yapısal itici güçlerini tanımlamaktadır. Alt bölüm 3.3; yeni inşaatlar, mevcut yapı stoku, ısıtma ile soğutma sistemleri ve akıllı işletim uygulamaları genelinde enerji kullanım yoğunluğunu azaltmaya yönelik teknolojileri, stratejileri ve potansiyelleri değerlendirmektedir. Alt bölüm 3.4; yapılı çevreye yönelik iklim risklerini, kentsel ısı adası etkisini ve kritik tesislerin enerji güvenliğini kapsayarak hedefin dirençlilik boyutunu ele almaktadır. Alt bölüm 3.5 ise yatırım ve erişilebilirlik imkânlarını, gömülü karbonu, iş gücü becerilerini ve kayıt dışı yerleşimler ile sıcak iklim şehirlerine özel bir odaklanmayla kapsayıcı kentsel dönüşüm süreçlerini incelemekte, böylece yan faydaları ve temel kolaylaştırıcı etkenleri analiz etmektedir. Bu bölümde, UNEP (2025, 2026) ve IEA (2025a) dâhil olmak üzere çeşitli uluslararası kuruluşlar tarafından yayımlanan verilere dayanan çok sayıda görsel ve grafik yer almaktadır. Söz konusu verilerin bir kısmı gerçekleşen rakamları, bir kısmı ise ilgili kuruluşlarca öngörülen projeksiyonları yansıtmakta olup modelleme önceliklerine ve takvimlerine göre düzenlenmektedir.

Bu bölümün temel amacı, COP31 Başkanlığı'nın 2035 Küresel Uygulama Hedefleri'nin 3. Hedefi olan binalar sektörünün enerji kullanım yoğunluğunu 2035 yılına kadar en az %25 azaltma ve bu hedefi şehirlerin iklime dirençli dönüşümüyle birlikte sunma ilkesine bilimsel ve analitik bir temel sağlamaktır. Bu doğrultuda bölüm dâhilinde dört ana hedef takip edilmektedir.

İlk olarak, güncel küresel verilere dayanarak yapılı çevrenin küresel enerji, emisyon ve malzeme dengelerindeki ağırlığı ile gidişatını şekillendiren yapısal güçler (kentleşme, bina alanı büyümesi, soğutma talebi ve dijitalleşme) ortaya konulmaktadır. İkinci olarak; yeni inşaatlar için bina enerji yönetmeliklerini, mevcut yapı stokunun derin yenilenmesini, verimli ısıtma, soğutma ve termal depolama çözümlerini ve akıllı bina işletimini kapsayan yoğunluk hedeflerine ulaştıracak stratejiler nicel olarak ifade edilmektedir. Üçüncü olarak; iklim tehlikelerinden kentsel ısı etkisine, kritik tesislerin enerji güvenliğinden sismik güvenliğe ve su-enerji ilişkisine kadar tüm boyutlarıyla dirençlilik zorunluluğu değerlendirilmektedir. Dördüncü olarak ise elde edilen tüm kanıtlar; hedefe 2035 yılına kadar ulaşılabileceğini ve başarının doğrulanabileceğini gösteren, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Paris Anlaşması ile uyumlu sıralı bir eylem planı dizisine dönüştürülmektedir. Bu çerçevede bölümün, hem ulusal ve yerel bina yol haritalarını hazırlayan taraf ülkeler ile yerel yönetimler için bir referans belgesi sunması hem de CIB mekanizmasının binalar ve dirençli şehirler sütunu için analitik bir temel oluşturması hedeflenmektedir.

3.2. Günümüz Enerji Sisteminde Binalar ve Şehirlerin Durumu

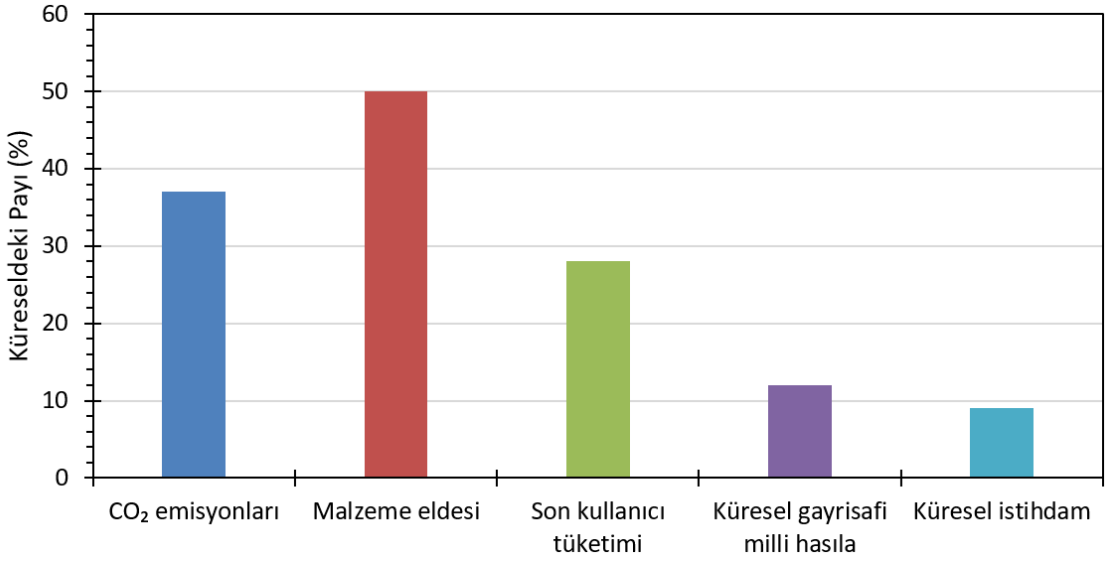
Yapı stokunun küresel enerji ve kaynaklar üzerindeki talebi, en net biçimde Şekil 3.1a ve Şekil 3.1b'de birlikte sunulan iki tamamlayıcı perspektif üzerinden anlaşılmaktadır. Şekil 3.1a, binaların küresel enerji sistemi içindeki payını ortaya koymaktadır. Konut ve konut dışı binaların işletimi, küresel nihai enerji tüketiminin yaklaşık %30'unu (konutlarda %21; ofisler, okullar, hastaneler ile diğer hizmet binalarında %9) oluşturmakta; bu durum binaları tüm sanayi sektörüyle ölçek açısından karşılaştırılabilir kılarken ulaşım sektöründen daha büyük bir konuma taşımaktadır. Çimento ve çelik gibi inşaat malzemelerinin üretiminde kullanılan enerji de dâhil edildiğinde, binalar ve inşaat sektörünün toplam payı %34'e yaklaşmaktadır. Şekil 3.1b ise söz konusu yapısal bloğun detaylarını inceleyerek enerjinin kullanım biçimlerini sergilemektedir. Bu çerçevede termal hizmetlerin baskın bir rol oynadığı görülmektedir; nitekim mekân ısıtması (yaklaşık %32), su ısıtması (%16) ve mekân soğutması (%8) birlikte değerlendirildiğinde binaların nihai enerji talebinin yaklaşık %56'sını oluşturmaktadır. Söz konusu payı; gelişmekte olan bölgelerdeki yaygın geleneksel biyokütle kullanımını yansıtan pişirme (%21), cihaz ve ekipmanlar (%16) ile aydınlatma (%4) takip etmektedir. Elde edilen bu ikili tablo, takip eden analizlerin temel çerçevesini oluşturmaktadır. Alt bölüm 3.2.1 yapı stokunun enerji kullanımı, emisyon ve malzeme ayak izini ayrıntılı biçimde incelerken; Alt bölüm 3.2.2 ise 2035 yılına kadarki gidişatını şekillendirecek olan kentleşme, bina alanı büyümesi, soğutma talebi ve dijitalleşme gibi dört temel yapısal itici gücü izlemektedir.



Şekil 3.1 *Küresel enerji sisteminde binalar (a) küresel nihai enerji tüketiminin sektörel payları; (b) nihai kullanım türüne göre binaların nihai enerji tüketimi (veriler IEA, 2025a; UNEP, 2026'dan alınmıştır)*

3.2.1. Yapılı Çevrenin Enerji ve Malzeme Kullanımı ile Karbon Emisyonları

Yapı stokunun önemi, küresel ekonominin ve çevrenin her boyutuna uzanmaktadır. Şekil 3.2'de gösterildiği üzere; %37'lik karbon emisyonu ve %28'lik nihai enerji tüketimi payının ötesinde sektör; inşaat, yenileme, yıkım ve mühendislik faaliyetleri genelinde küresel GSYİH'nin %11-13'ünü ve küresel istihdamın yaklaşık %9'unu temsil etmektedir (UNEP, 2026). Söz konusu emisyonlar iki ana kanaldan kaynaklanmaktadır. Bunlar; 2015 ile 2024 yılları arasında artış gösteren ısıtma, soğutma, aydınlatma, cihazlar ve sıcak su kullanımına bağlı işletimsel emisyonlar ile çimento, çelik ve alüminyum üretiminden gelen ve yüksek seviyesini koruyan gömülü emisyonlardan oluşmaktadır. İnşaatın temelini oluşturan malzemeler tek başına küresel emisyonların yaklaşık beşte birinden sorumlu bulunmaktadır (UNEP, 2025; 2026). İlerleme göstergeleri çelişkili bir tablo sunmaktadır. Yeşil bina sertifikaları neredeyse üç katına çıkmış ve 14'ten fazla ülke veya yerel yönetim 2023 yılından bu yana bina yönetmeliklerini güncellemiştir; ancak bu yönetmeliklerin pek azı net sıfır hedefleriyle uyum göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları 2024 yılında binaların enerji talebinin yalnızca %17,3'ünü karşılayabilmiştir. Nitekim Küresel Binalar İklim Takipçisi (Global Buildings Climate Tracker), mevcut eğilimler ile 2050 yılına kadar gerçekleştirilmesi gereken tam karbondan arındırma patikası arasında genişleyen bir boşluk bulunduğunu ortaya koymaktadır (UNEP, 2026).

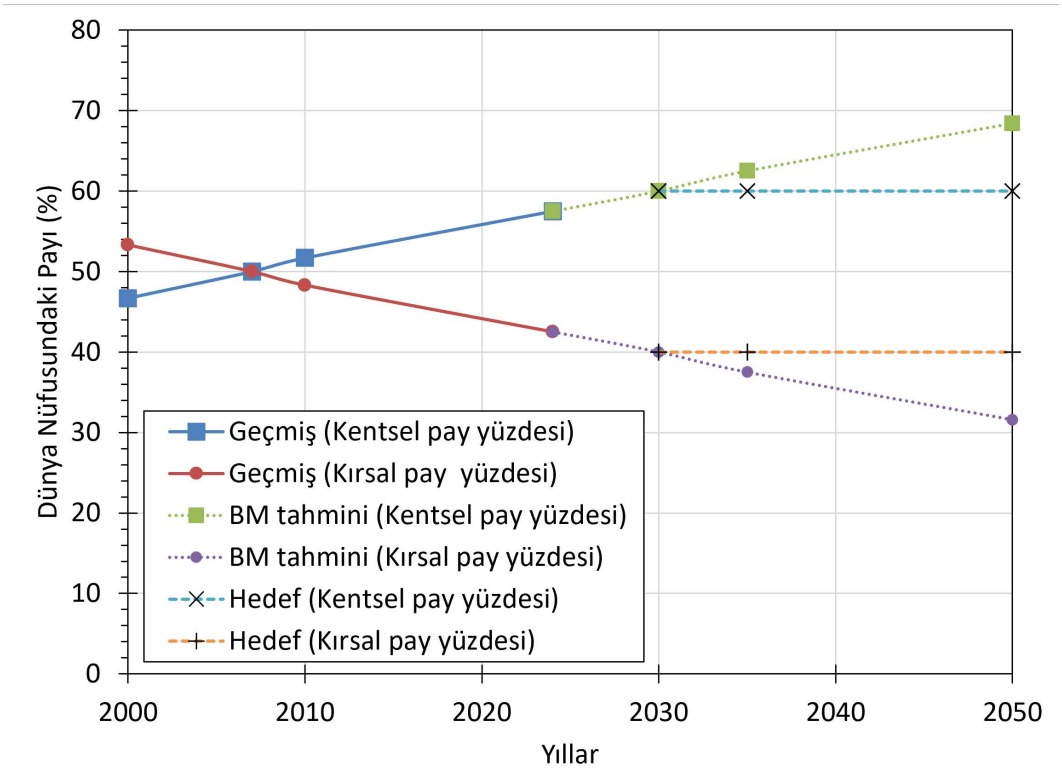


Şekil 3.2 *Binalar ve inşaat sektörünün ekonomik ve çevresel boyutlar açısından küresel payları (veriler UNEP, 2026'dan alınmıştır)*

3.2.2. Enerji Talebinin İtici Güçleri: Kentleşme, Bina Alanı, Soğutma ve Dijitalleşme

Sektörün gelecekteki gidişatını dört temel yapısal güç şekillendirmektedir. Birinci yapısal güç kentleşme olarak öne çıkmaktadır (Şekil 3.3). Günümüzde insanlığın %57,5'i şehirlerde yaşamakta olup bu oranın 2050 yılına kadar %68'e ulaşarak kentlere yaklaşık 2,2 milyar yeni sakin eklemesi ve bu nüfusun %90'ına yakınının Asya ile Afrika bölgelerinde yer alması öngörülmektedir (UN DESA, 2019). Şekil 3.3, insanlığın ilk kez ağırlıklı olarak şehir merkezli hale geldiği tarihsel bir dönüm noktası olan 2007 yılında kesişen tamamlayıcı patikalar aracılığıyla dinamik bir süreç ortaya koymaktadır. Birleşmiş Milletler'in projeksiyonunun yanı sıra kentsel ve kırsal nüfus paylarının dünya genelinde sırasıyla %60 ve %40 seviyelerine ulaşacağı hedef bir senaryo da analize dâhil edilmektedir. Kentleşme artışını dengelemek ve kırsal alanlarda yaşayan topluluklara sunulan özel sürdürülebilirlik hedefleriyle kırsal kalkınmayı desteklemek, bu nüfusu toplumsal gelişimin etkin bir parçası kılmak ve kırsal varlıkların geliştirilmesini öncelik haline getirirken kentsel ile kırsal alanlar arasında sağlıklı bir etkileşim kurmak büyük önem taşımaktadır. Bu yaklaşım, dengeli bir ülkesel ve bölgesel kalkınma senaryosunu örneklendirmektedir. Kentsel inşaat faaliyetleri, soğutma yükleri, altyapı yatırımları ve yüksek sıcaklıklara maruz kalma risklerindeki artışı beraberinde getiren şehirlerde iki milyar insanı daha yoğunlaştırmak yerine; dağıtık yenilenebilir enerji, kırsal elektrifikasyon ve merkeziyetsiz hizmetler dâhil olmak üzere kırsal yaşam koşullarını iyileştiren politikalar kentsel talep artışının hızını yumuşatabilmektedir. Böylece söz konusu talep daha geniş bir bölgesel tabana yayılmakta ve bu bölümün geri kalanında tanımlanan enerji yönetimi zorluğu hafifletilmektedir. Dolayısıyla 2024 yılından sonra öngörülen ve hedeflenen patikalar arasındaki fark, dengeli kalkınma politikalarıyla önlenebilecek talep baskısını temsil etmektedir.

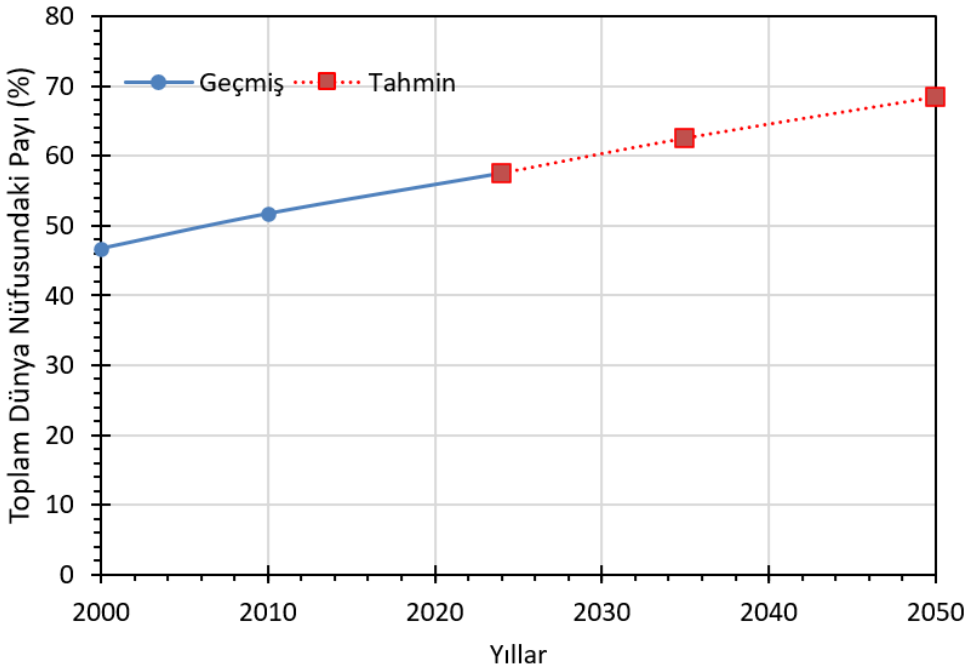
İkinci yapısal güç bina alanı büyümesidir (bkz. Şekil 3.4). 2050 yılında mevcut olacak binaların yaklaşık yarısı henüz inşa edilmediği veya yenilenmediği için, içinde bulunduğumuz on yılda yeni inşaatlara uygulanacak standartlar yüzyılın büyük bölümü boyunca geçerli olacak enerji ve emisyon sonuçlarını belirlemektedir (UNEP, 2026). Üçüncü yapısal güç, binalarda en hızlı büyüyen nihai kullanım alanı olan soğutma talebidir. Günümüzde 2,4 milyar adet civarında olan küresel klima stokunun 2050 yılına kadar iki kattan fazla artması beklenmektedir; güçlendirilmiş verimlilik standartlarının bulunmadığı durumda mekân soğutması kaynaklı elektrik talebi 2035 yılına kadar yaklaşık 1.500 TWh büyüme göstermektedir. Bu çerçevede soğutma ihtiyacı, küresel puant elektrik talebinin 2035 yılına kadar yaklaşık %40 oranında artmasının temel sebebini oluşturmaktadır (IEA, 2018, 2025a). Dördüncü yapısal güç ise her iki yönde de işleyen dijitalleşme sürecidir. Ağ bağlantılı cihazlar ve veri altyapısı sisteme ek yük getirirken, akıllı sayaçlar, bina otomasyonu ve yapay zekâ destekli yönetim sistemleri yüksek verimlilik ve esneklik sağlamaktadır (IEA, 2025a; Dinçer vd., 2022). Binalar, Elektrik Çağı'nın merkezinde yer almaktadır; nitekim yalnızca elektrikli cihazlar ve iklimlendirme sistemleri 2035 yılına kadar küresel elektrik talebi artışına yaklaşık %30 oranında katkıda bulunmaktadır (IEA, 2025a).



Şekil 3.3 *Gerçekleşen ve öngörülen kentsel ve kırsal nüfus payları (veriler UN DESA, 2019'dan alınmıştır)*

3.3. Enerji Kullanım Yoğunluğunun Azaltılması: Teknolojiler, Stratejiler ve Potansiyeller

Binalar sektörünün enerji kullanım yoğunluğunu 2035 yılına kadar en az %25 oranında azaltmak 3. Hedefin nicel özünü oluşturmakta ve bu bölüm söz konusu hedefin nasıl başarılabileceğini ortaya koymaktadır. Alt bölüm 3.3.1 yoğunluk metriğinin kendisini tanımlayarak karşı karşıya olunan zorluğun ölçeğini ortaya koymaktadır; küresel bina enerji yoğunluğunun 2015 yılından bu yana yıllık bazda yalnızca yaklaşık %1 oranında düşmesi sebebiyle mevcut hedef, iyileşme ivmesinin iki kattan fazla artmasını zorunlu kılmaktadır. Takip eden dört alt bölüm, bu ivmelenmeyi bütüncül biçimde sağlayan stratejik sütunları sunmaktadır. Alt bölüm 3.3.2, 2050 yılındaki yapı stokunun büyük bir kısmı henüz inşa edilmediği için zorunlu bina enerji yönetmeliklerinin ve neredeyse sıfır enerjili bina standartlarının en yüksek stratejik kaldıracı sunduğu yeni inşaat süreçlerini ele almaktadır. Alt bölüm 3.3.3, derin yenileme oranlarının yıllık %1 seviyesinden %2-3 düzeyine ölçeklendirilmesi gereken mevcut yapı stokuna odaklanmaktadır. Alt bölüm 3.3.4, binaların enerji dengesine hâkim olan termal hizmetleri (ısıtma için ısı pompaları, hızla büyüyen soğutma yükü için verimli ekipmanlar ve standartlar ile binaları esnek varlıklara dönüştürmeye yardımcı olan termal enerji depolama çözümleri) kapsamaktadır. Son olarak Alt bölüm 3.3.5, diğer tüm sütunları birbirine bağlayan ve binaları daha geniş güç sistemleriyle entegre eden akıllı sayaçlar, otomasyon ve yapay zekâ destekli enerji yönetiminin dijital katmanını incelemektedir.



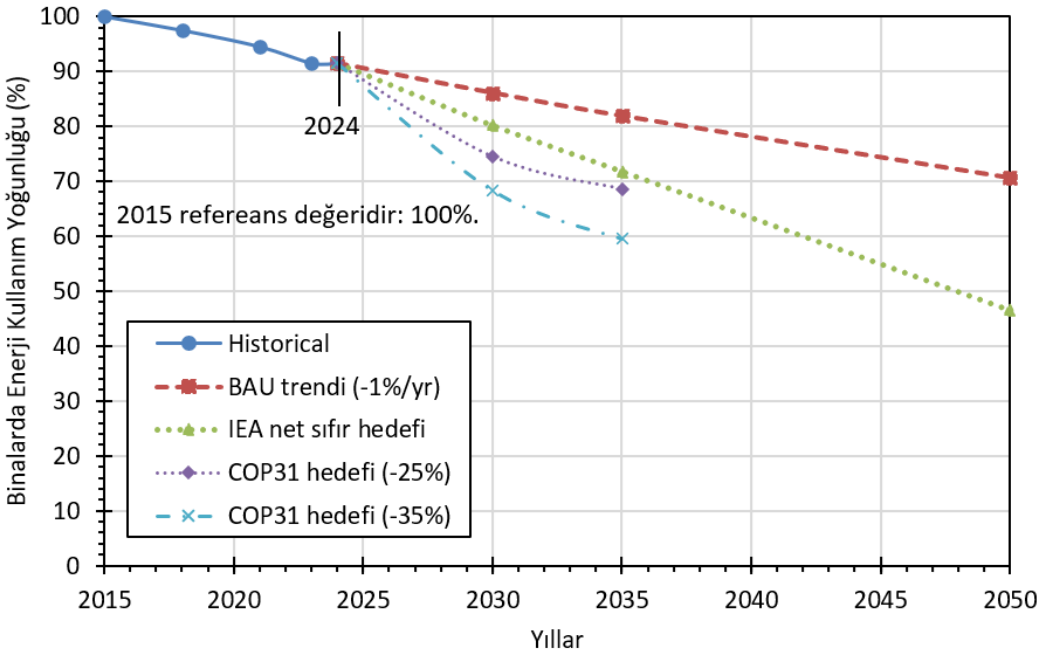
Şekil 3.4 *2010 ile 2050 yılları arasında küresel bina taban alanı değişimi (veriler UNEP, 2025; 2026'dan alınmıştır)*

3.3.1. Yoğunluk Metriği ve 2035 Hedefi

Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI)\ kWh/m^2 cinsinden ifade edilen ve birim bina alanı başına düşen yıllık nihai enerji tüketimini tanımlayan önemli bir metriktir. Verimlilik artışını bina alanı büyümesinden ayrıştırdığı için sektörün temel performans metriğini oluşturmaktadır. Küresel bina enerji yoğunluğu 2015 yılından bu yana %8,5 (yıllık ortalama yaklaşık %1) oranında gerilemiş olmakla birlikte, toplam bina alanının çok daha hızlı büyümesi sebebiyle mutlak enerji kullanımı ve işletimsel emisyonlar yükselişini sürdürmüştür (UNEP, 2026). COP31, EUI değerinde 2035 yılına kadar en az %25'lik bir azaltım öngörmektedir. Bu durum, yıllık yoğunluk iyileştirme hızının yaklaşık %1 seviyesinden yıllık yaklaşık %2,6'ya çıkarılmasını, diğer bir ifadeyle iki kattan fazla artırılmasını gerektirmektedir. Şekil 3.5 hem mevcut eğilimi hem de belirlenmiş olan COP31 hedefini ortaya koymaktadır. Söz konusu dönüşüm zorlu bir süreç teşkil etmekle birlikte, küresel enerji verimliliği iyileştirme oranının içinde bulunulan on yılda iki katına çıkarıldığı IEA'nın net sıfır patikası ile tam bir uyum sergilemektedir (IEA, 2025a). Aşağıda ayrıntılandırılan dört ana strateji sütunu, belirlenen bu hedefi bütüncül bir şekilde desteklemektedir.

3.3.2. Yeni İnşaatlar: Bina Yönetmelikleri ve Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar

2050 yılındaki yapı stokunun büyük bir kısmı henüz inşa edilmemiş olduğundan, zorunlu ve performans tabanlı bina enerji yönetmelikleri en yüksek stratejik kaldıraç sağlayan aracı oluşturmaktadır. Şekil 3.5, söz konusu yönetmeliklerin üstlenmesi gereken görevi ortaya koymaktadır. Küresel bina enerji kullanım yoğunluğunun yıllık yalnızca yaklaşık %1 oranında düştüğü bir on yılın ardından, mevcut eğilimlerin (BAU) devam etmesi sektörü Paris Anlaşması ile uyumlu bir patikanın oldukça üzerinde bırakmaktadır. Buna karşın IEA Net Sıfır Emisyon (NZE) patikası, enerji yoğunluğunun 2030 yılına kadar 2015 seviyesinin yaklaşık %80'ine ve 2050 yılına kadar ise yarısından daha azına gerilemesini zorunlu kılmaktadır. COP31'in 2035 yılına kadar belirlediği %25 ve tercihen %35'lik azaltım hedefleri, söz konusu NZE patikası ile tam bir uyum sergilemekte ve bu patikanın bir miktar önünde yer almaktadır. Şekil 3.5'te BAU ile hedef patikalar arasında görülen gölgeli alan, öncelikli olarak yeni inşaatlara yönelik bina yönetmeliklerinin kapatması gereken açığı temsil etmektedir; nitekim nZEB (neredeyse sıfır enerjili bina) standartlarına uygun inşa edilen her metrekare alan, mevcut yapı stokundaki yükü artırmak yerine enerji yoğunluğu aralığının en alt seviyesinden sisteme dâhil olmaktadır.



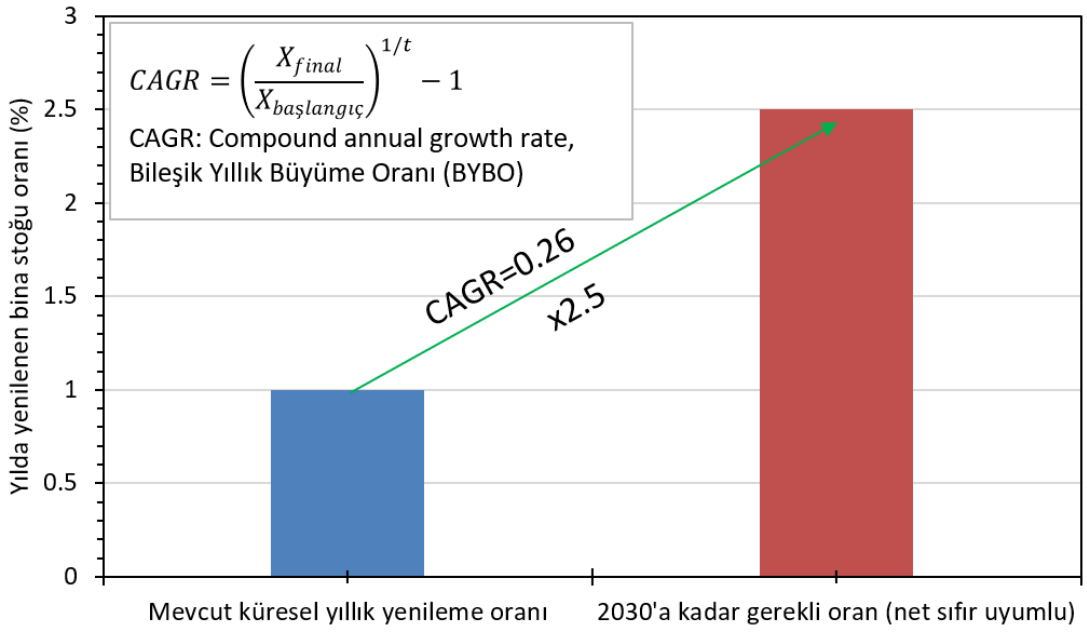
Şekil 3.5 *Bina enerji kullanım yoğunluğu: tarihsel eğilim ile potansiyel COP31 2035 patikası karşılaştırması (veriler UNEP, 2026'dan alınmıştır)*

nZEB standartları; yüksek performanslı bir bina kabuğunu (yalıtım, hava sızdırmazlığı, yüksek performanslı camlar), ilgili iklim bölgesine uyarlanmış pasif tasarım ilkeleriyle (yönelim, gölgeleme, doğal havalandırma, termal kütle) ve verimli, tercihen elektrikli teknik sistemlerle birleştirmektedir; bu sayede geriye kalan düşük miktardaki artık talep, saha içi veya yakın alandaki yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılanabilmektedir. Buna karşın politika alanındaki açık son derece belirgindir; 14'ten fazla ülke veya yerel yönetim 2023 yılından bu yana yönetmeliklerini güncellemiş olmakla birlikte, bu düzenlemelerin pek azı net sıfır hedefleriyle uyum göstermekte ve hızla büyüyen yükselen ekonomilerdeki yeni bina alanlarının büyük bir bölümü hâlâ herhangi bir zorunlu enerji yönetmeliği olmaksızın inşa edilmektedir (UNEP, 2026). Yönetmelik kapsamının 2030 yılına kadar net nZEB patikaları doğrultusunda tüm yeni inşaatları kapsayacak şekilde genişletilmesi, sektörü Şekil 3.5'te gösterilen hedef patikalarda tutabilmek açısından belirleyici bir önkoşul teşkil etmektedir. COP28'de sıfıra yakın emisyonlu ve dirençli binaları 2030 yılına kadar küresel ölçekte standart kılmak amacıyla kabul edilen Binalarda Atılım (Buildings Breakthrough) girişimi; Chaillot Deklarasyonu (Déclaration de Chaillot) ve Binalar ve İklim Hükümetler arası Konseyi ile birlikte bu alanın uluslararası kurumsal çerçevesini oluşturmaktadır (UNEP, 2025; UNFCCC, 2023).

3.3.3. Mevcut Yapı Stoğu ve Yenileme Gereksinimi

Gelişmiş ekonomilerde ve giderek artan şekilde orta gelirli ülkelerde, 2035 yılında mevcut olacak binaların büyük bir bölümü hâlihazırda inşa edilmiş durumdadır; bu doğrultuda söz konusu varlıkların dönüşümü temel olarak bir yenileme sürecini teşkil etmektedir. Mevcut küresel yenileme oranları yıllık bazda yapı stokunun %1'i civarında seyretmekte ve yenilenen

binaların çoğunda yalnızca yüzeysel müdahaleler uygulanmaktadır. Net sıfır hedefleriyle uyumlu patikalar ise; kabuk iyileştirmelerini, verimli pencereleri, aydınlatma ile cihaz değişimini ve ısıtma sistemi dönüşümünü bütünleştiren ve bir binanın enerji kullanımını tipik olarak yarı yarıya veya daha fazla azaltan derin yenileme paketlerinin, Şekil 3.6'da gösterildiği üzere 2030 yılına kadar yıllık %2-3 oranına ölçeklendirilmesini gerektirmektedir.



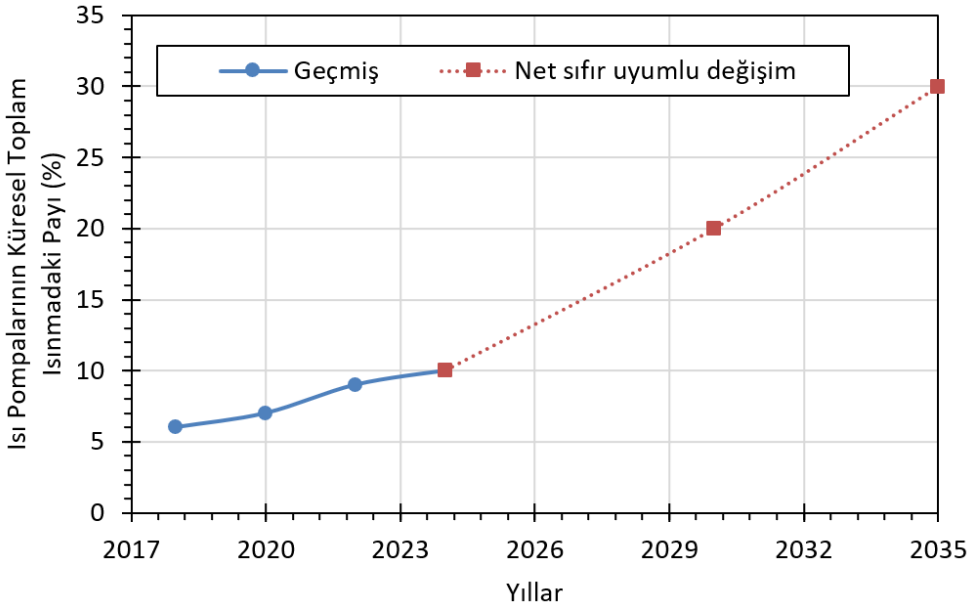
Şekil 3.6 *Mevcut bina stokunun yenilenmesi ve iyileştirilmesi: Mevcut küresel oranlar ile net sıfır uyumlu gereksinimlerin karşılaştırılması (veriler IEA, 2025; UNEP, 2026'dan alınmıştır)*

Kamu binalarının somut ve görünür uygulamalar olarak bu dönüşümde öncülük etmesi hedeflenmektedir. Mevcut binalar için asgari enerji performansı standartları, kritik dönüm noktalarında (satış, kiralama, kapsamlı tadilat) yenileme yükümlülükleri, tek noktadan hizmet sunan entegre uygulama modelleri ve endüstriyelleştirilmiş prefabrik güçlendirme çözümleri en yüksek başarı potansiyeline sahip temel araçlar olarak öne çıkmaktadır. Derin yenileme uygulamaları aynı zamanda önemli bir sosyal politika aracı niteliği taşımaktadır; nitekim yaşam alanlarında sağlığı ve konforu artırırken enerji faturalarını düşüren bu yaklaşımlar, enerji yoksulluğu ile mücadelede en etkili kalıcı çözümler arasında yer almaktadır (UNEP, 2026).

3.3.4. Binalarda Isıtma, Soğutma ve Isı Depolama Uygulamaları

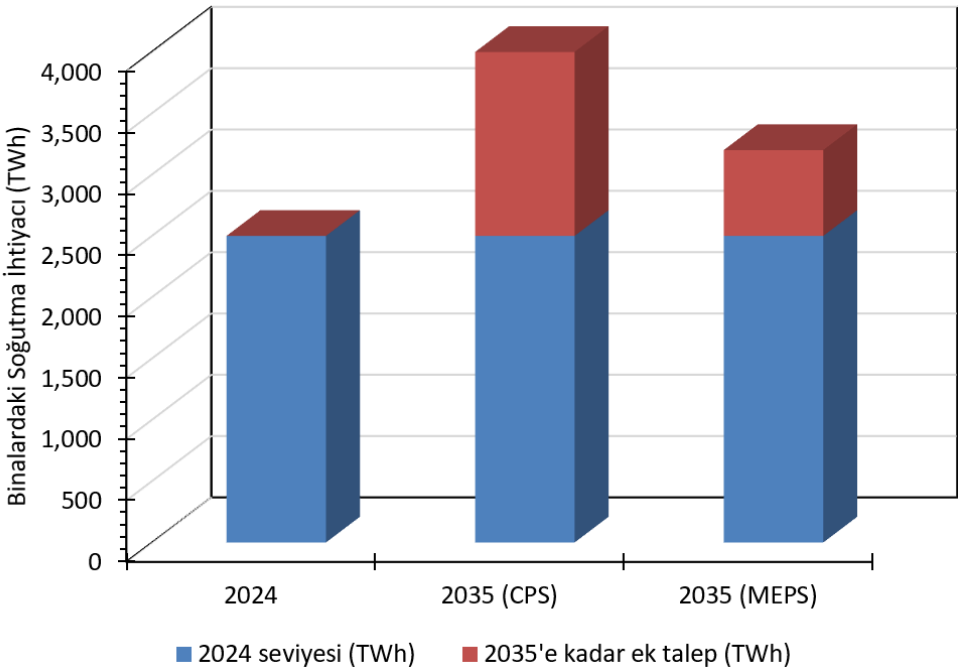
Isıtma ve soğutma süreçleri, yapı stokunun enerji dengesinde belirleyici bir role sahiptir. Isıtma tarafında temel teknolojiyi oluşturan ısı pompaları, tüketilen birim elektrik başına üç ila dört birim ısı enerjisi sunmakta ve şebekelerin karbondan arındırılmasıyla birlikte giderek daha temiz bir nitelik kazanmaktadır. Şekil 3.7'de gösterildiği üzere ısı pompaları, günümüzde küresel mekân ısıtma ihtiyacının yaklaşık %10'unu karşılamakta olup bu payın net sıfır ile uyumlu patikalarda 2035 yılına kadar yaklaşık üç katına çıkarılması hedeflenmektedir (IEA,

2025a, 2025c). Küresel ısı pompası satışları 2024 yılında Avrupa pazarındaki zayıflama nedeniyle %1 oranında gerilemiş, bu durum ise pazarın politika sinyallerine ve tarife ile vergilendirme politikalarında kritik bir tasarım değişkeni olan elektrik-gaz fiyat oranlarına olan duyarlılığını vurgulamıştır (IEA, 2025c). Giderek artan oranda atık ısı ve jeotermal kaynaklarla beslenen büyük ölçekli ısı pompaları destekli bölgesel ısıtma ve soğutma şebekeleri, yoğun kentsel alanlarda sistem düzeyinde yüksek verimlilik sunmaktadır.



Şekil 3.7 *Mekân ısıtmasında ısı pompası kullanım payı: Tarihsel durum ve 2035'e kadar net sıfır uyumlu patika (veriler IEA, 2025a; 2025c'den alınmıştır)*

Şekil 3.8'de görüldüğü üzere, soğutma tarafındaki temel öncelik hızla büyüyen talebin verimli bir şekilde karşılanmasıdır. Günümüzde piyasaya sunulan ortalama bir klima cihazı, mevcut en yüksek verimlilikli modellerden çok daha düşük bir performansa sahiptir; bu nedenle güçlendirilmiş asgari enerji performansı standartları (MEPS) ve etiketleme sistemleri, 2035 yılına kadar soğutma kaynaklı elektrik talebindeki artışı yaklaşık yarı yarıya azaltabilmektedir. Bu yaklaşım, Japonya'nın toplam yıllık elektrik tüketimiyle karşılaştırılabilir düzeyde olan yaklaşık 800 TWh'lik bir tüketimin önüne geçerken; pasif önlemler ile Küresel Soğutma Taahhüdü'nün (Global Cooling Pledge) soğutma kaynaklı emisyonları 2050 yılına kadar %68 azaltma hedefi bu alandaki genel stratejik çerçeveyi çizmektedir (IEA, 2018, 2025a; UNFCCC, 2023).



Şekil 3.8 *Zayıf ve güçlendirilmiş verimlilik standartları altında 2035'e kadar mekân soğutması elektrik talebi (veriler IEA, 2025a'dan alınmıştır)*

3.3.5. Akıllı Binalar, Dijitalleşme ve Talep Esnekliği

Dijital teknolojiler, verimli ve dirençli bir yapı stokunun birleştirici dokusunu oluşturmaktadır. Akıllı sayaçlar ve alt sayaçlama sistemleri sürecin veri temelini meydana getirirken; bina otomasyonu ve yapay zekâ destekli enerji yönetim sistemleri ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma süreçlerini kullanım yoğunluğu, hava koşulları ve fiyat sinyallerine göre gerçek zamanlı olarak optimize etmekte ve düşük sermaye maliyetleriyle tipik olarak çift haneli yüzde tasarrufları sağlamaktadır. Aynı kategorideki binaları karşılaştıran kıyaslama (benchmarking) sistemleri ise bina performansını görünür ve eyleme dönüştürülebilir hale getirmektedir (Dinçer vd., 2022). Verimlilik artışının ötesinde dijitalleşme, talep tarafı esnekliğini de olanaklı kılmaktadır. Ön soğutma ve ön ısıtma uygulamaları, termal depolama kullanımı, binalarda akıllı elektrikli araç şarjı ve talep tarafı katılımının birleştirilmesi; yapı stokunun, aksi takdirde yüksek maliyetli şebeke ve üretim yatırımlarını zorunlu kılacak soğutma kaynaklı puant yükleri azaltmasına imkân tanımaktadır. Bu doğrultuda etkili bir talep tarafı katılımı, sistem ölçeğindeki yatırım gereksinimlerini önemli ölçüde azaltmaktadır (IEA, 2025a; Dinçer vd., 2022).

Akıllı ve sürdürülebilir şehir standartlarına ilişkin Türkiye odaklı araştırmalar, bina düzeyindeki dijitalleşme süreçlerini daha geniş bir kentsel performans çerçevesine yerleştirmektedir. ISO 37120:2018 standardı enerjinin temel bir kriter olarak yer aldığı şehir performans göstergelerini tanımlarken, bu çerçeveye daha yeni bir düzenleme olan ISO 37125:2024 standardı eşlik etmektedir. Sürdürülebilir Enerji ve İklim Eylem Planı (SECAP) ile entegre edilen ISO 50001 enerji yönetim sistemi ise bina ve kent ölçeğinde enerji performansının zaman içinde izlenmesi

açısından operasyonel omurgayı oluşturmaktadır (Hepbaşlı, 2025a, 2025b). Şehir ölçeğinde kentsel hizmetleri optimize etmek amacıyla verileri gerçek zamanlı toplayan ve analiz eden akıllı şehir teknolojileri; veri egemenliği ile güvenliğini korumak üzere altyapıdaki donanım ve yazılım kapasitesinin güçlü yerel ve ulusal sanayi katılımıyla geliştirilmesi koşuluyla maliyet, zaman ve sürdürülebilirlik alanlarında üç temel fayda sunmaktadır (Dener, 2025).

3.4. İklim Değişikliğine Dirençli Binaların İnşası

Enerji kullanım yoğunluğunun azaltılması 3. Hedefin yalnızca bir boyutunu ele almakta; diğer boyutu ise binaların ve şehirlerin giderek büyüyen tehlikelere karşı dayanıklı olmasını sağlamaktan oluşmaktadır. Bu alt bölüm, söz konusu dirençlilik zorunluluğunu beş temel adımda incelemektedir. Alt bölüm 3.4.1, yapı stokuna baskı uygulayan iklim risklerini incelemekte ve yeni gelişmeleri en yüksek riskli alanlardan uzaklaştıran risk odaklı planlama anlayışı, ileriye dönük tasarım standartları, doğa tabanlı çözümler ve politikanın hâlen emisyon azaltım hükümlerinin gerisinde kaldığı bina yönetmeliklerine uyum gereksinimlerinin entegrasyonu yoluyla dirençliliğin nasıl tasarlanabileceğini ortaya koymaktadır. Alt bölüm 3.4.2, kentsel iklim riskinin en belirgin zorluğunu teşkil eden kentsel ısı adası etkisini ve soğutma paradoksunu ele almaktadır. Alt bölüm 3.4.3, kritik tesislerin enerji dirençliliğine odaklanarak; dağıtık güneş sistemleri, depolama çözümleri ve ada modunda çalışabilen mikro şebekelerin, ana şebekede kesinti yaşandığı durumlarda hastaneleri, su altyapılarını ve afet koordinasyon merkezlerini nasıl işler halde tutabileceğini sergilemektedir. Alt bölüm 3.4.4, bina yönetmelikleri ve kentsel dönüşüm süreçleri açısından son büyük depremlerden çıkarılan derslerden yararlanarak iklim risklerinin ötesindeki sismik dirençlilik gündemini tartışmaktadır. Son olarak Alt bölüm 3.4.5, su güvenliğini bina ve kent dirençliliğinin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirerek su dirençliliği ve su-enerji ilişkisi çerçevesinde bütüncül analizi tamamlamaktadır. Tüm bu boyutlar genelinde temel bir içgörü geçerliliğini korumaktadır: Enerji verimliliği ve dirençlilik birbirini karşılıklı olarak güçlendirmekte; nitekim enerji kullanımını azaltan önlemler, tehlikelerin ortaya çıktığı anlarda binaların ve şehirlerin insanları koruma kapasitesini de doğrudan artırmaktadır.

3.4.1. Yapı Stoğuna Yönelik İklim Riskleri

Üçüncü hedefin dirençlilik boyutu ikincil bir unsur niteliği taşımamakta; binalar ve kentsel altyapı, aşırı sıcaklıklar, seller, fırtınalar, orman yangınları ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi şiddetlenen iklim tehlikelerine en fazla maruz kalan varlıklar arasında yer almaktadır. Sektör ise enerji fiyat şoklarının yanı sıra iklim etkilerine karşı da giderek daha savunmasız bir konuma gelmektedir (UNEP, 2026). Bu doğrultuda dirençlilik olgusu; yeni gelişmeleri en yüksek risk taşıyan alanlardan uzaklaştıran iklim odaklı risk haritalaması, tarihsel verilerden ziyade gelecek projeksiyonlarını yansıtan güncellenmiş yapısal ve drenaj standartları, kentsel yeşil alanlar ile geçirgen yüzeyler gibi doğa tabanlı çözümler ve uyum (adaptasyon) gereksinimlerinin bina

yönetmeliklerine sistematik entegrasyonu vasıtasıyla tasarlanmaktadır (UNEP, 2026). Küresel Durum Raporu'nda bu entegrasyonun, emisyon azaltım hükümlerinin oldukça gerisinde kaldığı vurgulanmaktadır. Verimlilik ile dirençlilik kavramları karşılıklı olarak birbirini pekiştirmektedir. Dış gölgelendirme elemanlarına sahip, iyi yalıtılmış ve hava sızdırmazlığı yüksek bir bina; sıcak hava dalgaları ve elektrik kesintileri esnasında pasif hayatta kalabilme kabiliyeti (passive survivability) olarak tanımlanan nitelik sayesinde güvenli iç mekân sıcaklıklarını çok daha uzun süre muhafaza etmektedir.

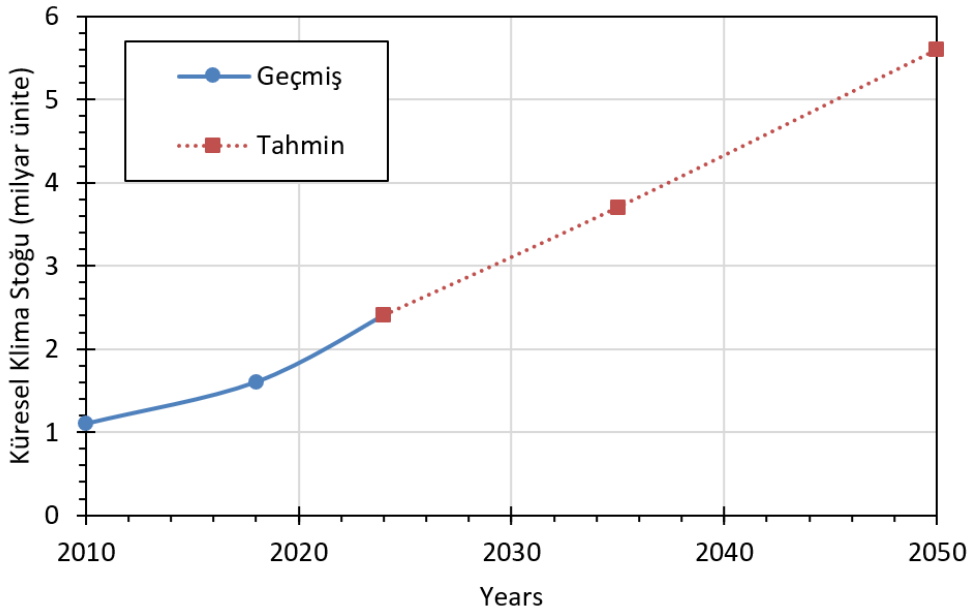
Etkili bir uyum planlaması, bina düzeyindeki dirençlilik önlemlerinin dâhil edildiği geniş afet yönetim ekosistemine doğrudan bağlıdır. Türkiye özelinde gerçekleştirilen çalışmalar; iklim değişikliğinin etkisiyle hidrometeorolojik tehlikelerin sıklığında, şiddetinde ve süresinde belgelenen belirgin artışlara rağmen, meteoroloji mühendisliğini iklim uyum planlamasıyla bütünleştiren entegre risk yönetimi yaklaşımlarının yeterince gelişmediğini ve bina ile altyapı dirençliliğinin temelini oluşturan tahmin ve erken uyarı sistemlerinde önemli eksikliklerin varlığını sürdürdüğünü ortaya koymaktadır (Kadıoğlu, 2023).

3.4.2. Kentsel Isı Adası ve Soğutma Paradoksu

Şehirler, hem yerel hem de küresel ölçekte ciddi iklim zorluklarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Kentsel ısı adası etkisi, şehir içi sıcaklıkları kırsal ve çevre alanların birkaç derece üzerine çıkararak sıklığı ve şiddeti giderek artan sıcak hava dalgalarını daha da ağırlaştırmaktadır. Yüksek sıcaklıklar günümüzde birçok bölgede meteorolojik kaynaklı en ölümcül tehlikeyi oluşturmakta, söz konusu sıcaklıklara maruz kalma riski ise özellikle Asya ve Afrika'nın hızla kentleşen sıcak iklimli bölgelerinde en yüksek ivmeyle artış göstermektedir. Bu durum belirgin bir "soğutma paradoksu" yaratmaktadır; nitekim mekanik soğutma sistemleri insan sağlığını korumayı sağlarken, dış ortama ısı yaymakta, elektrik şebekesine ek yük getirmekte ve elektrik üretiminin karbon yoğun olduğu coğrafyalarda atmosfere ilave emisyon salarak iklimin daha fazla ısınmasına yol açmaktadır.

Bu kısır döngüyü kırmak belirli bir stratejik hiyerarşinin uygulanmasını gerektirmektedir. İlk aşamada yansıtıcı ve yeşil çatılar, gölgelendirme elemanları, kentsel ağaçlandırma ve havalandırma koridorları vasıtasıyla ısının kaynağında azaltılması hedeflenmektedir. İkinci aşamada, geriye kalan soğutma ihtiyacına asgari enerji performansı standartları (MEPS), bölgesel soğutma altyapıları ve termal depolama çözümleri aracılığıyla yüksek verimlilikle hizmet verilmesi öngörülmektedir. Son aşamada ise soğutma merkezleri ve ısı-sağlık eylem planları üzerinden toplumun en hassas kesimlerinin korunması sağlanmaktadır. Küresel Soğutma Taahhüdü (Global Cooling Pledge) ve modern bina yönetmeliklerinin pasif tasarım hükümleri bu sürecin temel politika çerçevesini oluşturmaktadır (UNFCCC, 2023; UNEP, 2026).

Şekil 3.9, küresel yapı stokunda beliren soğutma dalgasının boyutunu ortaya koymaktadır. Dünya genelinde aktif olarak kullanılan klima sayısı 2010 yılından bu yana iki kattan fazla artış göstererek yaklaşık 1,1 milyar adetten 2024 yılında 2,4 milyar adede yükselmiştir; söz konusu stokun 2035 yılına kadar yaklaşık 3,7 milyar adede, 2050 yılına kadar ise 5,6 milyar adede ulaşacağı öngörülmektedir. Bir başka deyişle, önümüzdeki çeyrek yüzyılda mevcut klima stokundan daha fazla sayıda yeni ünite sisteme dâhil olmaktadır. Söz konusu büyüme; artan gelir düzeyinin potansiyel soğutma ihtiyacını genellikle mevcut en yüksek teknolojinin çok altındaki verimlilik seviyelerine sahip ekipman alımlarına dönüştürdüğü Asya, Afrika ve Latin Amerika'nın sıcak iklimli yükselen ekonomilerinde yoğunlaşmaktadır. Bu doğrultuda grafikte sunulan gidişat pasif bir öngörü olmaktan ziyade temel bir politika değişkeni niteliği taşımaktadır. Genişleyen bu stok kapasitesinin yönetilebilir bir yapı mı yoksa sistem üzerinde ezici bir yük mü oluşturacağı; milyarlarca ünitenin çekeceği elektrik miktarını doğrudan belirleyen ve Alt bölüm 3.3.4 ile Alt bölüm 3.4.2'de ayrıntılandırılan asgari enerji performansı standartlarına, etiketleme sistemlerine ve pasif tasarım önlemlerine bağlı olarak şekillenmektedir.



Şekil 3.9 *2010 ile 2050 yılları arasında küresel klima ünitesi stoklarının değişimi (veriler IEA, 2018; 2025a'dan alınmıştır)*

3.4.3 Kritik Tesislerin Enerji Dirençliliği

Toplumlar elektrifiye oldukça; hastaneler, su ve sanitasyon sistemleri, haberleşme altyapıları, barınak olarak hizmet veren okullar ve afet koordinasyon merkezleri gibi kritik tesisler için kesintisiz güç arzının sağlanması kentsel dirençliliğin temel bir boyutunu oluşturmaktadır. Şili ve İber Yarımadası'nda 2025 yılında yaşanan elektrik kesintileri, yüksek oranda elektrifiye edilmiş toplumlarda sistem yetersizliklerinin doğurabileceği sistemik maliyetleri açıkça ortaya koymaktadır (IEA, 2025a). Dağıtık enerji kaynakları söz konusu zorluklara yönelik çözüm

alanını yeniden yapılandırmaktadır. Bu kapsamda; batarya ve termal depolama sistemleriyle entegre edilen ve ada modunda çalışabilen mikro şebekeler olarak tasarlanan çatı üstü güneş enerjisi sistemleri, normal işletim şartlarında günlük ekonomik değer sunarken şebeke kesintisi durumlarında kritik yüklerin kesintisiz sürdürülmesini mümkün kılmaktadır. Kritik tesisler için belirlenecek dirençlilik standartları, asgari yedekleme süresi gereksinimleri ve trafo merkezleri ile şebeke varlıklarının sel ve aşırı sıcaklara karşı dayanıklı hale getirilmesi; bina portföylerinde stresin erken tespitini sağlayan yapay zekâ destekli izleme sistemleriyle birlikte ulusal uyum planlarına ve kentsel nazım planlara dâhil edilmelidir (Dincer & Ezan, 2020; Dinçer vd., 2022).

Su güvenliği, kritik tesis dirençliliğinin eşit derecede hayati ve sıklıkla yeterince takdir edilmeyen bir diğer boyutunu temsil etmektedir. Türkiye'nin nehir havzalarına yönelik 2100 yılına kadar gerçekleştirilen hidrolojik ve iklim modellemeleri; hastanelerin, soğutma sistemlerinin ve sanitasyon altyapılarının bağımlı olduğu su arzı üzerinde doğrudan etkileri bulunan net su fazlası ve açığı dengelerinde önemli kaymalar öngörmektedir. İstanbul'un su kaynakları planlamasını iklim eylem planına entegre etme deneyiminde görüldüğü üzere, kentsel ölçekteki uygulamalar; değişen iklim koşulları altında kritik hizmetlerin sürekliliğini temin etmek adına su güvenliğinin enerji ve yapısal önlemlerin yanı sıra kentsel dirençlilik stratejilerine açıkça entegre edilmesini zorunlu kılmaktadır (Öztürk vd., 2023).

3.4.4. İklim Risklerinin Ötesinde Sismik Dirençlilik

Yukarıda ele alınan dirençlilik gündemi büyük ölçüde iklim koşullarıyla çerçevelenmiş olmakla birlikte, ev sahibi ülke dâhil birçok COP31 Tarafı açısından sismik tehlikeler binaların ve şehirlerin dirençliliğinin eşit derecede belirleyici bir boyutunu oluşturmaktadır. Türkiye, Alp-Himalaya sismik kuşağı üzerinde yer almakta ve tarihi boyunca yıkıcı depremlerle karşılaşmış bulunmaktadır; 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri, yetersiz zemin koşullarında kötü tasarlanmış ve denetimi yetersiz kalmış binaların iyi haritalanmış sismik bölgelerde bile ağır riskler oluşturduğunu bir kez daha kanıtlamıştır (Elmas, 2025). Türkiye'nin bina yönetmeliklerinde 1998, 2007 ve 2018 yıllarında yapılan kapsamlı revizyonlardan önce inşa edilen yapılar son derece savunmasız kalmayı sürdürmektedir. 1937 ile 1999 yılları arasında yürürlükte olan düzenlemeler kapsamında inşa edilen binalar ulusal yapı stokunun yaklaşık %43,5'ini oluşturmakta olup bu payın %42'si Türkiye'nin deprem tehlikesi haritasındaki en yüksek tehlike kategorisi olan 1. Derece Deprem Bölgesi'nde yer almaktadır (Akgün & Mostura, 2025).

Kahramanmaraş depremlerinde hasar gören betonarme binaların deprem sonrası yapısal değerlendirmeleri; gözlemlenen hasarların büyük bölümünü standart altı beton kalitesine, yetersiz yanal yük direnç sistemlerine ve zayıf inşaat denetimine bağlarken, hedefli zemin iyileştirme tekniklerinin (jet-grouting gibi) zayıf zemin koşullarında bile binaları önemli ölçüde koruyabildiğini belgelemekte ve sismik risk azaltımında zemin-yapı etkileşiminin kritik önemini vurgulamaktadır (Pürsünlü & Çevik, 2025). Türkiye'nin 2018 sonrası yürürlüğe giren

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ve 2019 Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar ile birlikte, kentsel dönüşüm yoluyla savunmasız 1999 öncesi yapı stokunun güçlendirilmesi ve yeniden inşası için gerekli mevzuat temelini sağlamaktadır; ancak saha denetimlerindeki uygulama eksiklikleri söz konusu düzenlemelerin etkinliğini zayıflatmayı sürdürmektedir (Akgün & Mostura, 2025).

Şehirlerde sismik dirençlilik inşa etmek sistematik bir yaklaşımı gerektirmektedir. Bu yaklaşım; fay hatlarını ve sahaya özel tehlikeleri belirlemek amacıyla jeolojik, jeofizik ve jeoteknik mikro-bölgeleme çalışmalarını, binaları ve yeşil alanları en yüksek riskli bölgelerden uzak tutan arazi kullanımı ve inşaat planlamasını, elektrik, haberleşme ve diğer hayati hizmetler gibi bir deprem sonrasında işlevsel kalacak şekilde tasarlanmış güçlendirilmiş kritik altyapıları, güçlendirme ve yeniden inşa süreçlerine öncelik vermek üzere hazırlanan kapsamlı bina envanterlerini, güvenli tahliye koridorlarını, açık alanları ve dirençli acil durum barınaklarını, son olarak da toplumun depreme hazırlık düzeyini yükselten kamu eğitimi ve düzenli tatbikatları kapsamaktadır (Altunışık, 2025). Ekolojik, altyapısal ve sosyo-ekonomik boyutları katılımcı bir yönetişim çerçevesinde bütünleştiren bu tür risk odaklı kentsel planlama anlayışı, sürdürülebilirlik perspektifinden afet kayıplarını azaltmanın merkezinde yer almaktadır (Türkoğlu, 2025). İklim dirençliliğinde olduğu gibi sismik dirençlilik ile enerji verimliliği birbiriyle yarışan değil, birbirini tamamlayan gündem maddeleridir; nitekim bir binanın yapısal sistemini güçlendiren kentsel dönüşüm süreci, düşük ek maliyetle kabuk yalıtımı, hava sızdırmazlığı ve verimli sistemlerin entegre edilebileceği en uygun aşamadır. Bu doğrultuda hem COP31 3. Hedefi hem de Türkiye'nin kentsel dönüşüm programı, sismik ve enerji odaklı güçlendirmeleri tek ve koordineli bir müdahale olarak ele almaktadır (Yüksel & Çalım, 2025).

3.4.5. Binalarda ve Şehirlerde Su Dirençliliği ve Su-Enerji İlişkisi

Su, bina dirençliliği ve verimliliği gündemlerinde çoğu zaman sınırlı bir ilgi görmektedir; ancak hem giderek artan bir baskı altında olan hayati bir kaynak hem de bu bölümde ele alınan enerji verimliliği önlemlerinin gizli bir bağımlılık alanını oluşturmaktadır. Dünya üzerindeki tüm su kaynaklarının yalnızca yaklaşık %2,5'i tatlı sudan oluşmakta ve bunun üçte ikisi buzullarda kilitli bulunmaktadır; bu durum gezegendeki suyun yalnızca %0,3'ünü erişilebilir ve içilebilir formda bırakmaktadır. Nüfus artışının yanı sıra yükselen endüstriyel ve tarımsal talep bu sınırlı kaynak üzerindeki baskıyı artırırken, su kıtlığı (su stresi, su darlığı ve su krizini kapsayacak şekilde) enerji ve iklim başlıklarının yanında belirleyici bir küresel sürdürülebilirlik zorluğu haline gelmiştir (Koyuncu vd., 2023). Membran tabanlı arıtma ve yeniden kullanım teknolojileri, özellikle atık suların geri kazanımı ve yeniden kullanımı vasıtasıyla kullanılabilir su arzını genişletmenin giderek en uygulanabilir yolu konumuna gelmekte; enerji ve malzemeler için ele alınan derin yenileme ile döngüsel malzeme stratejilerine doğrudan bir paralellik sunmaktadır (Koyuncu vd., 2023).

Binalar sektörünün söz konusu su stresine maruz kalma durumu çift yönlü bir nitelik taşımaktadır. Talep tarafında, artan soğutma yüklerini karşılamak amacıyla kullanılan buharlaştırmalı ve su soğutmalı sistemler doğrudan şehir su şebekesinden çekim yapmaktadır; bu durum, güçlendirilmiş soğutma verimliliği standartlarının elektrik tasarrufunun yanı sıra nadiren nicellendirilen önemli bir su güvenliği yan faydası da sağladığını ortaya koymaktadır. Arz tarafında ise kentsel ısı adası etkisini hafifletmek açısından temel çözümler olarak tanımlanan soğuk çatılar, kentsel ağaçlandırmalar ve bitkilendirilmiş yüzeyler gibi kentsel yeşil altyapı unsurlarının sulanmasında arıtılmış şehir atık sularının kullanılması, içme suyu talebine ek yük getirmeksizin bu bitki örtüsünün sürdürülmesi için kanıtlanmış ve düşük maliyetli bir yöntem sunmaktadır. Projeksiyonlar, olumsuz küresel tüketim senaryoları altında ve bu tür önlemlerin uygulanmadığı durumda, 60 ülkede 7 milyara yakın insanın yüzyılın ortasına kadar su kıtlığı riskiyle karşı karşıya kalabileceği konusunda uyarıda bulunmaktadır (Aydın & Aydın, 2023).

Bu doğrultuda su güvenliğinin bina ve kent dirençliliği stratejilerine dâhil edilmesi, bu bölümde enerji ve sismik dirençlilik alanlarında uygulanan aynı sistemik ve sektörler arası yaklaşımı gerektirmektedir. Su verimliliği yüksek armatürler, gri su ve yağmur suyu hasadı sistemleri ile arıtılmış atık suyun yeniden kullanımı bina enerji yönetmeliklerine ve neredeyse sıfır enerjili bina standartlarına entegre edilmelidir (Alt bölüm 3.3.2). Şehir ölçeğindeki iklim eylem planları, İstanbul örneğinde ortaya konulan havza ölçeğinde hidrolojik modelleme ve kentsel planlama yaklaşımını izleyerek entegre su yönetimini enerji ve emisyon hedeflerinin yanı sıra kapsama almalıdır (Öztürk vd., 2023). Son olarak kritik tesisler, Alt bölüm 3.4.3'te su ve sanitasyon sistemlerinin temel kritik altyapı olarak ele alınmasıyla tutarlı biçimde, enerji sürekliliğinin yanı sıra su arzının sürekliliği riski açısından da bütüncül olarak değerlendirilmelidir.

3.5. Etkiler: Yan Faydalar ve Temel Kolaylaştırıcılar

Alt bölüm 3.3 ve 3.4'te ortaya konan teknik gündem, kolaylaştırıcı koşulların varlığına bağlı olarak başarıya ulaşacak veya yetersiz kalacaktır; bu alt bölüm ise yürütülen çabaları değerli kılan yan faydalarla birlikte söz konusu kolaylaştırıcıları incelemektedir. Alt bölüm 3.5.1 yatırım, erişilebilirlik ve enerji yoksulluğu konularını ele alarak verimlilik önlemlerinin ön maliyetli finansman yapısının neden yeşil ipoteklerden enerji performansı sözleşmelerine kadar özel finansal araçlar gerektirdiğini ve doğru bir dağıtımsal tasarımla derin yenilemenin mevcut en güçlü yoksulluk karşıtı ve halk sağlığı yatırımlarından birine nasıl dönüştüğünü ortaya koymaktadır. Alt bölüm 3.5.2 gömülü karbona ve döngüsel malzemelere odaklanmaktadır: İşletimsel emisyonlar azaldıkça, küresel malzeme çıkarımının neredeyse yarısını oluşturan çimento, çelik ve diğer malzemeler sektörün ayak izinden giderek daha büyük bir pay almakta; bu durum malzeme verimliliğini, düşük karbonlu alternatif kullanımını ve yeniden kullanıma uygun tasarımı birinci derece öncelik haline getirmektedir. Alt bölüm 3.5.3; hâlihazırda küresel

iş gücünün yaklaşık %9'unu istihdam eden bir sektörde, her yenileme hedefinin ve ısı pompası projeksiyonunun arkasındaki temel uygulama kısıtı olan becerileri, tedarik zincirlerini ve sanayi kapasitesini incelemektedir. Alt bölüm 3.5.4; elektriğe erişimi bulunmayan yüz milyonlarca insana ve kayıt dışı yerleşimlerde yaşayan bir milyardan fazla nüfusa ulaşarak kapsayıcı kentsel dönüşüm süreçleriyle analizi tamamlamakta ve 3. Hedefin dirençlilik ile hakkaniyet boyutlarının en belirgin şekilde birleştiği sıcak iklim şehirlerine özel bir odaklanmayla sona ermektedir.

3.5.1. Yatırım, Erişilebilirlik ve Enerji Yoksulluğu

Binaların özel dönüşüm süreçleri, son Küresel Durum Raporu'nun yayımlandığı konjonktürdeki küresel konut ve enerjiye erişilebilirlik krizinden ayrı düşünülememektedir (UNEP, 2026). Binalardaki enerji verimliliği yatırımları, ihtiyaçlar artmasına rağmen son dönemde gerilemiş bulunmakta ve sektörün sermaye stoku yavaş bir yenilenme hızı sergilemektedir; bu nedenle finansman zorluğu ön maliyet aşamasında yoğunlaşmaktadır. Nitekim verimlilik önlemleri, geri dönüşü onlarca yıl boyunca elde edilen daha düşük faturalarla sağlanan ön yatırım maliyetleri taşımaktadır. Bu alandaki finansal araçlar açıkça tanımlanmıştır: Uygun koşullara sahip yeşil ipotekler ve yenileme kredileri, faturaya yansıtmalı ve emlak vergisine bağlı geri ödeme mekanizmaları, ESCO'lar aracılığıyla uygulanan enerji performansı sözleşmeleri, pazar beklentilerini dönüştüren asgari performans standartları ve küçük yenileme projelerinin yatırılabilir portföyler halinde birleştirilmesi (COP31 Başkanlığı'nın 6. Hedefi altındaki CIB'nin temel mantığı). Bu noktada adil bir dağıtımsal tasarım şarttır: Hedefli hibeler ve sosyal konut programları olmaksızın verimlilik gereksinimleri, en verimsiz konutlarda oturan düşük gelirli hane halklarına ek yük getirebilmektedir. Buna karşın söz konusu desteklerle birlikte uygulanan derin yenileme süreçleri; faturaları, soğuk ve sıcak kaynaklı rahatsızlıkları ve enerji fiyat şoklarına maruz kalma riskini eş zamanlı olarak azaltarak mevcut en güçlü yoksulluk karşıtı ve halk sağlığı yatırımlarından birine dönüşmektedir.

Kamu politikası tasarımı, ön maliyetli verimlilik ve dirençlilik yatırımlarının bir diğer temel kolaylaştırıcısıdır. Türkiye'den elde edilen kanıtlar; kentleşme GSYİH'nin artan bir payını yoğunlaştırdıkça, entegre afet riski azaltma stratejilerinin kentsel planlama, inşaat, bina denetimi ve bina kullanım aşamalarında geniş bir aktör yelpazesini (merkezi ve yerel yönetim yöneticileri, inşaat sektörü teknik personeli ve müteahhitler) sürece dâhil ettiğini göstermektedir. Ayrıca mevzuat eksikliğinden ziyade uygulama ve mesleki kültürdeki boşlukların, risk ile maliyet azaltımı üzerinde bağlayıcı kısıtlar oluşturduğu görülmektedir. Bu nedenle kamu politikası ve uygulama araçlarını finansman mekanizmalarıyla birlikte güçlendirmek, verimlilik ve dirençlilik yatırımlarını ölçeklendirmenin temel önkoşuludur (Esen, 2025).

3.5.2. Gömülü Karbon ve Döngüsel Malzemeler

İşletimsel emisyonlar azaldıkça; çimento, çelik, alüminyum ve diğer malzemelerden kaynaklanan gömülü emisyonlar sektörün toplam emisyon ayak izinden giderek daha büyük bir pay almakta ve sektörün küresel malzeme çıkarımındaki %50'ye yakın payı döngüsellik olgusunu birinci derece öncelikli bir konu haline getirmektedir (UNEP, 2026). Temel öncelikler arasında; malzeme açısından verimli tasarım ve gerçekte ne kadar bina alanına ihtiyaç duyulduğuna ilişkin yeterlilik değerlendirmesi, uygun alanlarda endüstriyel ahşap gibi düşük karbonlu ve biyo-tabanlı malzemelerle ikame, Yeşil Sanayileşmeye ilişkin 4. Hedef ile koordineli biçimde çimento cürufu (klinker) kullanımı azaltımı ve yeşil hidrojen tabanlı çelik üretimi, yönetmeliklerde ve tedarik süreçlerinde tüm yaşam döngüsü karbon değerlendirmesi ile açıklama zorunlulukları ve söküm, yeniden kullanım ile inşaat malzemelerinin yüksek değerli geri dönüşümüne uygun tasarım yer almaktadır. Döngüsel inşaat yaklaşımı politika söylemlerinde ivme kazanmakla birlikte uygulamada henüz sınırlı bir düzeyde kalmaktadır; bu açığı kapatmak önümüzdeki on yılın belirleyici bir görevini oluşturmaktadır (UNEP, 2025).

Binalar sektöründeki döngüsel inşaat öncelikleri; inşaat malzemeleri dâhil imalat sektörleri genelinde kaynak verimli üretim süreçleri, uzatılmış ürün yaşam döngüleri ve kapalı döngü malzeme akışları gerektiren sürdürülebilir üretim ve tüketim kalıplarına yönelik daha geniş dönüşümün içerisinde yer almaktadır. Bu ilkeleri tasarım ve tedarik aşamalarında entegre etmek, sektöre özgü yukarıdaki önlemleri tamamlamakta ve Yeşil Sanayileşmeye ilişkin 4. Hedef ile koordinasyonu güçlendirmektedir.

3.5.3. Kabiliyetler, Tedarik Zincirleri ve Sanayi Kapasitesi

Enerji kullanım yoğunluğunu iyileştirme hızını iki katına çıkarmak, nihai olarak bir uygulama ve teslimat zorluğu niteliği taşımaktadır. Yıllık %2-3 oranında derin yenileme gerçekleştirmek, evrensel yönetmelik uygulamasını sağlamak ve ölçekli ısı pompası kurulumu yapmak; hâlihazırda küresel iş gücünün yaklaşık %9'unu istihdam eden bir sektörde, çoğu pazarda henüz gerekli ölçeğe ulaşmamış milyonlarca eğitimli tesisatçı, enerji denetçisi, müfettiş ve mühendis varlığını zorunlu kılmaktadır (UNEP, 2026). Mesleki eğitim ve sertifikasyon programları, tesisatçı verimliliğini artıran dijital araçlar, yenileme süreçlerini geleneksel zanaattan imalat düzeyine taşıyan endüstriyelleştirilmiş prefabrikasyon çözümleri ve firmalara kapasite yatırımı yapma güveni sunan istikrarlı politika hatları en önemli kolaylaştırıcı faktörlerdir. Isı pompaları, yalıtım malzemeleri, verimli cam sistemleri ve akıllı ekipmanlara yönelik tedarik zincirlerinin eş zamanlı olarak ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Bazı temiz teknoloji alanlarının aksine, bu ürünlerin imalatı görece dağıtık bir yapıya sahip olup hemen her ekonomide yerel sanayi ve istihdam fırsatları sunmaktadır.

3.5.4. Kapsayıcı Kentsel Dönüşümler

Binaların ve yapı stokunun dönüşümü, başarıya ulaşmak adına toplumun tüm kesimlerini kapsamalıdır. Günümüzde yaklaşık 730 milyon insan hâlâ elektrik erişiminden tamamen yoksun bulunmakta ve bir milyardan fazla kentsel sakin; resmi yönetmeliklerin, mülkiyet haklarının ve altyapı hizmetlerinin zayıf veya yetersiz olduğu kayıt dışı yerleşimlerde yaşamaktadır (IEA, 2025a; UN DESA, 2019). Kapsayıcı stratejiler; kademeli iyileştirme adımlarını (güvenli kablolama, soğuk çatılar, havalandırma, temel yalıtım), mikro şebekeler ve ortak soğutma tesisleri gibi topluluk ölçeğindeki çözümlerle ve kayıt dışı yerleşimlere uyarlanmış mülkiyet ile finansman düzenlemeleriyle bütünleştirmektedir. Toplumsal cinsiyete duyarlı tasarım ilkesi son derece önemlidir; nitekim enerji yoksulluğu ve yüksek sıcaklıklara maruz kalma riski orantısız biçimde kadınların üzerinde yük oluştururken, kadınlar aynı zamanda sektörün iş gücü gereksinimleri açısından yeterince değerlendirilemeyen nitelikli bir yetenek havuzunu temsil etmektedir.

Kapsayıcı bir uygulama süreci, kentsel dönüşümün sosyal ve hukuki boyutlarını doğrudan ele almayı gerektirmektedir. Türkiye'deki kentsel dönüşüm uygulamalarından elde edilen kanıtlar; riskli yapıların yoğunlaştığı alanlarda yürütülen yenileme projelerinin, dönüşümün yalnızca fiziksel bir yeniden inşa olarak değil, sosyal açıdan adil bir süreç olarak ele alınmadığı durumlarda sosyo-ekonomik eşitsizlikleri derinleştirebildiğini, yerleşik sakinlerin yerinden edilmesine yol açabildiğini ve mevcut sosyal ile kültürel dokuya zarar verebildiğini göstermektedir (Kutlu, 2025). Kentsel dönüşüm uygulamalarının hukuki analizi; mülkiyet hakları, tazminat ve kiracıların nakliyle ilgili çözülememiş hususları tekrarlayan bir çatışma ve gecikme kaynağı olarak tanımlamakta; güvenli mülkiyet düzenlemeleri ile erişilebilir hukuki yolların, fiziki iyileştirme ve finansman mekanizmaları kadar kapsayıcı uygulama için kritik önem taşıdığını vurgulamaktadır (Yasin, 2025).

3.5.5. Özel Odak: Sıcak İklim Şehirleri ve Kayıt Dışı Yerleşimler

Önümüzdeki on yılların belirleyici bina sektörü zorluğu, sıcak iklimlerin hızla büyüyen şehirlerinde yoğunlaşmaktadır. 2050 yılına kadarki kentsel nüfus artışının neredeyse tamamı Asya ve Afrika'da gerçekleşecektir. Bu artışın büyük bölümü; aşırı sıcaklıkların şiddetlendiği, klima sahipliğinin düşük bir tabandan hızlı bir ivmeyle yükseldiği ve sakinlerin önemli bir kısmının yönetmelikler, yalıtım veya güvenilir güç arzı olmaksızın inşa edilmiş kayıt dışı yerleşimlerde yaşadığı bölgelerde meydana gelmektedir. Söz konusu mahalleler kentsel ısı adası etkisini en ağır biçimde deneyimlemektedir: Yoğun ve düşük albedolu çatı kaplama malzemeleri, yetersiz bitki örtüsü ve kıt soğutma imkânları iç mekân koşullarını sıcak hava dalgaları esnasında hayati risk taşıyan seviyelere getirebilmektedir.

Buna karşın çözüm araçları kanıtlanmış ve düşük maliyetlidir. Soğuk (yansıtıcı) çatılar iç mekân sıcaklıklarını metrekaresi birkaç dolarlık maliyetle birkaç derece düşürebilmektedir; gölgelendirme, çapraz havalandırma ve açık renkli yüzeyler ilave maliyet değil bir tasarım

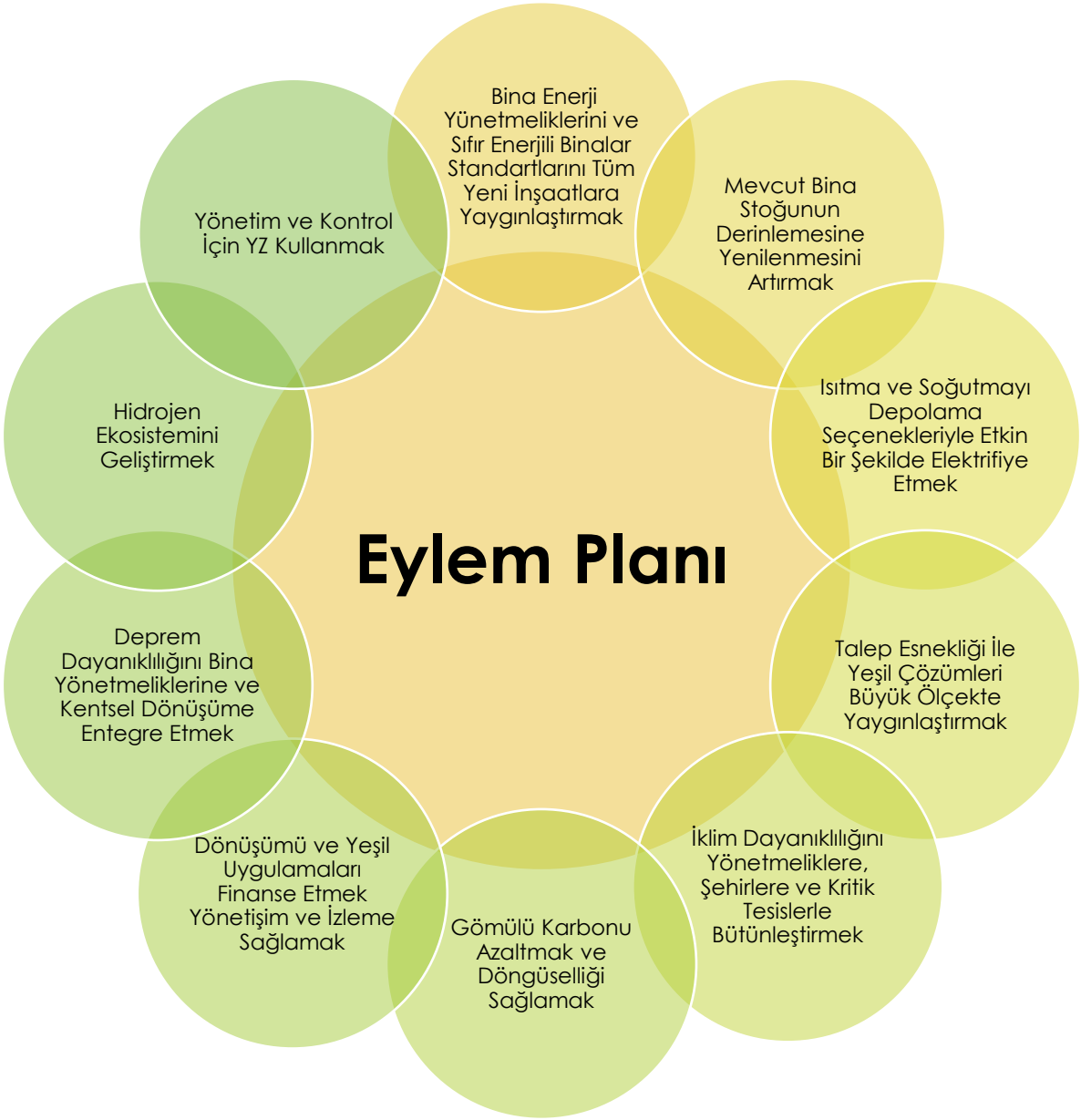
tercihidir; güneş enerjisi ve depolama mikro şebekelerine dayalı topluluk soğutma merkezleri güvenli sığınak alanı ve şebekeden bağımsız dirençlilik sağlamaktadır; toplu tedarik edilen yüksek verimli fanlar ve klimalar ise kıt şebeke kapasitesinin birimi başına daha fazla insana hizmet vermektedir. Bu önlemleri gecekondu iyileştirme programlarına, hızla kentleşen ülkelerde yazımı devam eden bina yönetmeliklerine ve ısı-sağlık eylem planlarına dâhil etmek; uyum, emisyon azaltımı, sağlık ve hakkaniyet boyutlarını eş zamanlı geliştiren en yüksek faydalı iklim yatırımları arasında yer almaktadır. Sıcak iklim şehirleri için verimli ve dirençli binalar soyut bir iklim kavramı değildir: Yaşanabilir ile yaşanamaz kentsel gelecekler arasındaki somut farkı temsil etmektedir.

3.6. Eylem Planı

Önceki alt bölümler, bina sektörünün enerji kullanım yoğunluğunu 2035 yılına kadar en az %25 azaltma hedefinin zorlu ancak ulaşılabilir olduğunu ortaya koymaktadır. Bu hedef, her yıl milyarlarca metrekare büyüyen bir yapı stokunda dirençlilik inşa edilirken, 2015 yılından bu yana yıllık yaklaşık %1 seviyesinde gerçekleşen tarihsel iyileşme hızının iki kattan fazla artırılmasını gerektirmektedir (UNEP, 2026). Söz konusu açığı kapatmak; her biri Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi (başta Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar odaklı SKA 11 olmak üzere) ve Paris Anlaşması hedefleriyle uyumlu, on bir ana kulvarda koordineli eylemlerin hayata geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu süreç üç kademeli aşamada sıralanmaktadır:

- Yönetmeliklerin, kıyaslama sistemlerinin ve pilot uygulamaların tesis edildiği başlangıç aşaması (2026-2028);
- 2030 yılına kadar %12-15'lik bir ara yoğunluk azaltımı hedefiyle uygulamaların yaygınlaştırıldığı ölçeklendirme aşaması (2028-2032);
- Nihai hedefe ulaşıldığı ve başarının Küresel Durum Değerlendirmesi (Global Stocktake) aracılığıyla doğrulandığı konsolidasyon aşaması (2032-2035).

Şekil 3.10, şehirlerde ve binalarda belirlenen bu hedeflere ulaşılmasına yönelik on bir temel potansiyel eylem alanını sergilemektedir.



Şekil 3.10 *Eylem planının genel görünümü*

Eylem 1

Bina Enerji Yönetmeliklerini ve Neredeyse Sıfır Enerjili Standartları Tüm Yeni İnşaatlara Genişletmek

2050 yılındaki yapı stokunun yaklaşık yarısı henüz inşa edilmediği veya yenilenmediği için, zorunlu ve performans tabanlı enerji yönetmelikleri mevcut en yüksek kaldıraçlı aracı oluşturmaktadır. Tüm Taraf ülkeler 2030 yılına kadar nZEB performansına yönelik net patikaları, iklim bölgesine uyarlanmış pasif tasarım gereksinimlerini ve evrensel enerji performansı belgelendirmesini yeni inşaat yönetmeliklerine dâhil etmelidir. COP28'de sıfıra yakın emisyonlu ve dirençli binaları 2030 yılına kadar küresel standart kılmak amacıyla kabul

edilen Binalarda Atılım (*Buildings Breakthrough*) girişimi ve Chaillot Deklarasyonu (*Déclaration de Chaillot*) bu alanın uluslararası kurumsal çerçevesini sağlamaktadır. Bu eylem kulvarı, enerji verimliliği iyileştirme hızının iki katına çıkarılmasına ilişkin SKA hedefi 7.3'ü ve gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir ve dirençli binaların desteklenmesine yönelik SKA hedefi 11.c'yi işlevsel hale getirirken; SKA 13 ile uyumlu biçimde onlarca yıllık önlenmiş emisyonları da güvenceye almaktadır.

Eylem 2

Mevcut Yapı Stoğunun Derin Yenilenmesini Artırmak

Yıllık yenileme oranları 2030 yılına kadar yapı stokunun %1'inden %2-3 seviyesine çıkarılmalı, süreçte derinlik niceliğe tercih edilmelidir. Standartlaştırılmış derin güçlendirme paketleri, mevcut binalar için asgari enerji performansı standartları, satış veya büyük tadilat gibi kritik dönüm noktalarında yenileme yükümlülükleri, tek noktadan teslimat modelleri ve endüstriyelleştirilmiş prefabrik çözümler uygulamaya konulmalı; kamu binaları ise görünür örnekler olarak ilk sırada yenilenmelidir. Derin yenileme uygulamaları eş zamanlı olarak etkili bir sosyal politika aracıdır: Enerji yoksulluğu ile mücadelede en dayanıklı çözüm olarak yoksulluğun azaltılmasına ilişkin SKA 1'i, daha sıcak, kuru ve konforlu konutlar aracılığıyla sağlığa yönelik SKA 3'ü ve uygun fiyatlı ile güvenilir enerji hizmetlerine ilişkin SKA hedefi 7.1'i doğrudan desteklemektedir.

Eylem 3

Isıtma ve Soğutmayı Depolama Seçenekleriyle Verimli Şekilde Elektrifiye Etmek

Yeni binalarda fosil yakıtlı kazan kurulumları içinde bulunulan on yılda kademeli olarak kaldırılmalıdır. Isı pompası kullanımı 2035 yılına kadar küresel mekân ısıtmasının bugünkü %10'luk payının yaklaşık üç katını karşılayacak şekilde ölçeklendirilmeli; bu süreç elektrik-gaz fiyat oranlarını dengeleyen tarife yapılarıyla desteklenmeli ve bölgesel ısıtma ile soğutma şebekeleri büyük ölçekli ısı pompaları, atık ısı ve jeotermal kaynaklar etrafında genişletilmelidir. Soğutma tarafında ise güçlendirilmiş asgari enerji performansı standartları (MEPS) ve etiketleme sistemleri 2035 yılına kadar talep artışını yaklaşık yarı yarıya azaltabilmekte (yaklaşık 800 TWh'lik tüketimi önleyerek); Küresel Soğutma Taahhüdü'nün soğutma kaynaklı emisyonları 2050 yılına kadar %68 oranında azaltma hedefi ise uzun vadeli çabayı çerçevelemektedir. Bina ve bölge ölçeğindeki termal enerji depolama çözümleri, termal yükleri şebekenin puant zamanlarından ayırmaktadır. Bu eylem hattı SKA 7.2 ve 7.3 hedeflerini ortaklaşa sunarken, soğutma boyutu ısınan bir iklimde doğrudan SKA 3 kapsamında bir sağlık müdahalesi niteliği taşımaktadır.

Eylem 4

Geniş Ölçekte Talep Esnekliği ile Yeşil Çözümleri Yaygınlaştırmak

Akıllı sayaçlar, bina otomasyonu ve yapay zekâ destekli enerji yönetim sistemleri konut dışı yapı stokunda ve kademeli olarak konutlarda yaygınlaştırılmalı; büyük ölçekli binalar için bina enerji performansı kıyaslaması zorunlu kılınmalıdır. Ön soğutma, termal depolama kullanımı ve binalarda akıllı elektrikli araç şarjı gibi talep esnekliği uygulamaları; soğutma kaynaklı puant yükleri sınırlayan ve şebeke yatırım gereksinimlerini azaltan bir sistem kaynağı olarak harekete geçirilmelidir. Bu yaklaşım, dirençli altyapı ve yenilikçiliğe ilişkin SKA 9'un binalardaki uygulaması olup enerji altyapısı ve teknolojisinin geliştirilmesine yönelik SKA hedefi 7.b'yi işlevsel kılmaktadır.

Eylem 5

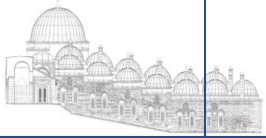
İklim Dirençliliğini Yönetmeliklere, Şehirlere ve Kritik Tesislere Dâhil Etmek

Uyum gereksinimleri (ısıya dirençli tasarım, sele dayanıklı inşaat ve drenaj, gelecek iklim projeksiyonlarına göre güncellenmiş rüzgâr yükü standartları), bina yönetmeliklerine enerji hükümleriyle aynı temelde entegre edilmeli ve Küresel Durum Raporu'nda belirtilen uygulama açığı kapatılmalıdır. Soğuk çatılar, gölgelendirme elemanları, kentsel ağaçlandırma ve havalandırma koridorları aracılığıyla kentsel ısı adası etkisinin azaltılması kentsel nazım planlara ve gecekondu iyileştirme programlarına dâhil edilmelidir. Ayrıca hastaneler, su sistemleri ve barınak olarak hizmet veren okullar gibi kritik tesisler, ada modunda çalışabilen güneş enerjisi ve depolama mikro şebekeleri ile donatılmalı ve tanımlanmış kesintisiz yedekleme süresi gereksinimlerine sahip dirençlilik standartlarıyla kapsama alınmalıdır. Bu eylem hattı, Sendai Çerçevesi ile uyumlu entegre afet riski azaltımına ilişkin SKA hedefi 11.b'ye, iklim uyumuna yönelik SKA 13'e ve aşırı sıcak kaynaklı olumsuzlukları önlemeyi amaçlayan SKA 3'e operasyonel nitelik kazandırmaktadır.

Eylem 6

Gömülü Karbonu Azaltmak ve Döngüselliği Sağlamak

Tüm yaşam döngüsü karbon değerlendirmesi ve açıklama zorunlulukları bina yönetmeliklerine ve kamu tedarik süreçlerine kademeli olarak dâhil edilmeli; tasarımda malzeme verimliliği ve yeterlilik ilkeleri uygulanmalıdır. Uygun alanlarda düşük karbonlu ve biyo-tabanlı malzemelerin kullanımı ölçeklendirilmeli; söküm ve yüksek değerli yeniden kullanıma uygun tasarım standart bir uygulama haline getirilmelidir. Bu süreç, çimento ve çelik arzının karbondan arındırılması amacıyla Yeşil Sanayileşmeye ilişkin 4. Hedef ile koordineli yürütülmelidir. Sektörün küresel malzeme çıkarımındaki %50'ye yakın payı göz önüne alındığında bu yaklaşım, yapı stokunun sürdürülebilir üretim ve tüketime ilişkin SKA 12'ye temel katkısını oluşturmakta ve döngüsel ekonomi istihdamı üzerinden SKA 8'i desteklemektedir.



Eylem 7

Dönüşümü Finanse Etmek ve Kapsayıcı Kılmak

Binalarda verimlilik ve dirençlilik yatırımları; yeşil ipotekler, yenileme kredileri, faturaya yansıtmalı ve emlak vergisine bağlı geri ödeme modelleri, enerji performansı sözleşmeleri ve küçük projelerin CIB mekanizması altında standartlaştırılmış yatırılabilir portföyler halinde birleştirilmesi yoluyla ölçeklendirilmelidir. İmtiyazlı finansman ve garantiler, sermaye maliyetlerinin en yüksek olduğu yükselen ve gelişmekte olan ekonomilere yönlendirilmelidir. Uygulama süreci tasarımsal olarak kapsayıcı nitelik taşımalıdır: Düşük gelirli hane halklarını korumak üzere hedefli hibeler ve sosyal konut programları; kayıt dışı yerleşimlerin bir milyardan fazla sakini için kademeli iyileştirme ve topluluk ölçeğinde çözümler; enerji yoksulluğu ile yüksek sıcaklıklara maruz kalmanın kadınlar üzerindeki orantısız yükünü göz önünde bulunduran toplumsal cinsiyete duyarlı program tasarımları hayata geçirilmelidir. Bu eylem kulvarı; ortaklıklar ve finansmana ilişkin SKA 17'yi, eşitsizliklerin azaltılmasına yönelik SKA 10'u, yeterli, güvenli ve uygun fiyatlı konut ile gecekonduların iyileştirilmesine ilişkin SKA hedefi 11.1'i ve toplumsal cinsiyet eşitliğine dair SKA 5'i somutlaştırmaktadır.

Eylem 8

Sismik Dirençliliği Bina Yönetmeliklerine ve Kentsel Dönüşüme Entegre Etmek

Aktif sismik kuşaklarda yer alan Taraf ülkeler için bina dirençliliği, iklim tehlikelerinin yanı sıra deprem riskini de kapsamalıdır. Sismik mikro-bölgeleme ve tehlike haritalaması arazi kullanımı ile inşaat planlamasına yön vermelidir. Türkiye'nin 2018 sonrası yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği gibi bina yönetmelikleri, güçlendirilmiş saha denetimi ve bağımsız bina kontrol mekanizmalarıyla uygulanmalı; deprem sonrası hasar değerlendirmelerinin ortaya koyduğu mevzuat tasarımı ile inşaat kalitesi arasındaki açık kapatılmalıdır. Türkiye'nin 6306 sayılı Kanun'u ile sağlanan hukuki çerçeveye benzer şekilde, 1999 öncesi uyumsuz yapı stokunu ele alan kentsel dönüşüm programları Eylem 2'deki enerji güçlendirme önlemleriyle koordineli yürütülmeli; böylece yapısal güçlendirme ve derin enerji yenilemesi tek bir entegre müdahale olarak sunulmalıdır. Kritik altyapı güçlendirme, tahliye planlaması ve kamu deprem hazırlık eğitimleri, Eylem 5'teki iklim dirençliliği önlemlerinin yanı sıra ulusal afet riski azaltma stratejilerine dâhil edilmelidir. Bu eylem hattı, entegre afet riski azaltımına ilişkin SKA hedefi 11.b'yi sismik tehlikelere genişletmekte ve dirençli altyapıya dönük SKA 9'u pekiştirmektedir.

Eylem 9

Yönetişim ve İzleme Sağlamak

Bu on bir eylem hattının hayata geçirilmesi daimi bir yönetişim mimarisini gerektirmektedir. Bu kapsamda; ortak bir metodoloji aracılığıyla 2030 ve 2035 dönüm noktalarına göre bina enerji kullanım yoğunluğunun (kWh/m^2) yıllık raporlanması, GlobalABC'nin Küresel Binalar İklim Takipçisi (*Global Buildings Climate Tracker*) vasıtasıyla izlenmesi, Ulusal Katkı Beyanları (NDC 3.0) döngüsü içinde ulusal bina yenileme yol haritalarının akran incelemesine tabi tutulması, Küresel Durum Değerlendirmesi (*Global Stocktake*) aracılığıyla doğrulanması, Binalar ve İklim Hükümetler arası Konseyi üzerinden koordinasyonu ve BM Yüksek Düzeyli Siyasi Forumu'nun SKA 11 ve SKA 7 inceleme süreçleriyle uyumlaştırılması hedeflenmektedir. Başarının ölçütü nettir: Bugünün yapılarından belirgin şekilde daha dirençli binalarda ve şehirlerde elde edilen, 2035 yılına kadar enerji kullanım yoğunluğunda en az %25'lik bir azaltımdır.

Eylem 10

Hidrojen Ekosistemini Geliştirmek

Yapı stokunda hidrojenin rolü seçici ancak stratejiktir. Standart mekân ısıtmasında ısı pompaları üç ila dört kat daha verimli olup varsayılan seçenek konumunu korumaktadır; ancak iyi tasarlanmış bir kentsel hidrojen ekosistemi, elektrifikasyonun ve bataryaların tek başına karşılayamadığı uygulamaların önünü açmaktadır. Şehirler ve yönetimler hidrojeni temel avantaj sunduğu alanlarda yaygınlaştırmalıdır: Yaz aylarında oluşan fazla yenilenebilir üretimi kışın ısıtma talebine bölgesel enerji sistemleri vasıtasıyla aktaran mevsimsel depolama çözümlerinde; Eylem 5'teki ada modunda çalışabilen mikro şebekeleri tamamlayarak hastaneler, veri merkezleri ve diğer kritik tesisler için yakıt hücresi yedek gücü ile birleşik ısı-güç (kojenerasyon) sistemlerinde; uzun menzilli otobüsler, çöp kamyonları ve inşaat makineleri gibi elektrifikasyonu zor belediye araç filolarında yakıt olarak; ve kentsel alanlara komşu olan düşük karbonlu çimento ile çelik üretiminde endüstriyel girdi olarak (doğrudan Eylem 6'nın gömülü karbon gündemine bağlanarak).

Bu eylemin uygulanması; üretimi, depolamayı ve farklı nihai kullanımları tek bir bölgede entegre eden şehir ölçeğindeki "hidrojen vadisi" pilot projelerini, dağıtım yaygınlaşmadan önce hidrojene özgü hükümlerin (havalandırma, sızıntı tespiti, malzeme uyumluluğu ve emniyet mesafeleri) bina ve altyapı yönetmeliklerine dâhil edilmesini, kentsel nazım planlarda elektrolizörler, depolama ve yakıt ikmali için özel koridor ve alanların ayrılmasını ve hidrojen altyapısına sahip bölgelerde görev yapacak tesisatçılar, denetçiler ve acil durum ekipleri için mesleki eğitim programlarını gerektirmektedir. Bu şekilde konumlandırıldığında hidrojen, bu bölümün verimlilik odaklı mantığını zayıflatmak yerine derinleştirmekte; binalar verimli, elektrikli ve akıllı hale getirildikten sonra geriye kalan artık yükleri karşılamaktadır. Bu eylem hattı yenilikçilik ve altyapıya ilişkin SKA 9'u, dirençli kentsel enerji sistemleri aracılığıyla SKA 11'i ve karbondan arındırmayı diğer önlemlerin ulaşamadığı kentsel talep segmentlerine yayarak SKA 13'ü desteklemektedir.

Eylem 11

Yönetim ve Kontrol İçin Yapay Zekâ Kullanmak

Yapı stoku dünyadaki en büyük ve en dağıtık enerji varlığıdır ve dönüşümü geleneksel manuel yöntemlerle yönetilememektedir; bu nedenle yapay zekâ, bina-şehir-şebeke zinciri boyunca temel bir altyapı olarak entegre edilmelidir. Bina ölçeğinde; YZ destekli enerji yönetim sistemleri kullanım yoğunluğu, hava koşulları ve fiyat sinyallerine göre ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatmayı gerçek zamanlı olarak optimize etmek üzere yaygınlaştırılmalı, kestirimci bakım çözümleri ekipman ömrünü uzatmalı ve makine öğrenimi tabanlı kıyaslama sistemleri milyonlarca binanın performansını görünür ve karşılaştırılabilir kılmalıdır.

Bölge ve şehir ölçeğinde; kamu stokunda yenilemeye öncelik vermekten kentsel ısı adası azaltımını modellemeye ve bölgesel enerji varlıklarını konumlandırmaya kadar enerji, iklim riski ve altyapı kararlarının entegre planlaması için YZ tabanlı dijital ikizler (*digital twins*) benimsenmelidir. Güç sistemleriyle kurulan entegrasyonda; ısı pompalarının, klimaların, termal depolama sistemlerinin ve elektrikli araç şarjının akıllı kontrolü binaları, soğutma kaynaklı puant yükleri azaltan ve şebeke yatırım gereksinimlerini azaltan koordineli bir esneklik kaynağında birleştirmelidir. YZ ayrıca bu bölümün dirençlilik gündemini pekiştirmektedir: Yapısal sağlığın ve su şebekelerinin kesintisiz izlenmesi sismik hasarların ve sızıntıların erken tespitini sağlarken, YZ destekli erken uyarı ve afet yönetim sistemleri kriz anlarında kritik tesislerin operasyonel kalmasını mümkün kılmaktadır. Kolaylaştırıcı politikalar arasında; güçlü veri gizliliği korumalarıyla akıllı sayaç ve bina performansı verilerine açık erişim sunulması, bina otomasyonu için birlikte çalışabilirlik standartlarının belirlenmesi, yapay zekâ kontrollü sistemler için siber güvenlik gereksinimlerinin tanımlanması ve tesis yöneticileri ile belediye personeline yönelik dijital beceri programları yer almaktadır. Bu eylem hattı yenilikçilik ve dirençli altyapıya dönük SKA 9'u, daha akıllı ve güvenli şehirler üzerinden SKA 11'i ve optimizasyon odaklı tasarruflar en düşük maliyetli verimlilik kazanımları arasında yer aldığından SKA hedefi 7.3'ü ileriye taşımaktadır.

3.7. Sonuçlar

Bu bölümde açıklanan ve tartışılan hususlardan derlenen üç temel sonuç bulunmaktadır. İlk olarak, yapı stoku küresel dönüşüm açısından belirleyici bir konuma sahiptir. CO_2 emisyonlarının %37'sinden ve malzeme çıkarımının yaklaşık yarısından sorumlu olan, her yıl milyarlarca metrekare genişleyen ve 2050 yılındaki stokunun yarısı henüz inşa edilmemiş veya yenilenmemiş bir sektör, iklim hedeflerinin ulaşılabilir kalıp kalmayacağını doğrudan belirleyecektir (UNEP, 2026). İkinci olarak, COP31 3. Hedefi kapsamındaki bina enerji kullanım yoğunluğunu 2035 yılına kadar en az %25 oranında azaltma hedefi zorlu ancak ulaşılabilir niteliktedir. Bu hedef; evrensel ve net sıfır ile uyumlu bina yönetmelikleri, yıllık %2-3 oranında derin yenileme uygulamaları, ısı pompalarının, verimli soğutma sistemlerinin

ve termal depolama çözümlerinin ölçeklendirilmesi ve akıllı, esnek bina işletimi aracılığıyla tarihsel yoğunluk iyileştirme hızının yaklaşık iki katına çıkarılmasını gerektirmektedir; söz konusu unsurların her biri olgun teknolojilere dayanmaktadır (IEA, 2025a; Dincer & Ezan, 2020; Dinçer vd., 2022). Üçüncü olarak, verimlilik ve dirençlilik tek bir bütüncül gündem olarak takip edilmelidir. Enerji tasarrufu sağlayan iyi yalıtılmış bir bina kabuğu, sıcak hava dalgalarında pasif hayatta kalabilme kabiliyeti (*passive survivability*) sunmakta; enerji faturalarını düşüren dağıtık güneş ve depolama sistemleri, şebeke kesintilerinde hastaneleri işler halde tutmakta; emisyonları azaltan yenileme dalgası ise enerji yoksulluğu ile mücadelede en dayanıklı çözümü oluşturmaktadır. Hızlı inşa etmek yeterli değildir; bu on yılın temel görevi nitelikli inşa etmek ve aynı zamanda nitelikli yeniden inşa etmektir.

Bu bölümde elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Yapı stoku, küresel enerji dönüşümünün nihai başarısı için belirleyicidir. Binalar ve inşaat sektörü; küresel CO_2 emisyonlarının yaklaşık %37'sinden, nihai enerji tüketiminin %28'inden ve tüm malzeme çıkarımının neredeyse yarısından sorumludur. 2050 yılında mevcut olacak binaların yaklaşık yarısı henüz inşa edilmemiş veya yenilenmemiştir; dolayısıyla bu genişleme sürecine uygulanacak standartlar iklim hedeflerinin ulaşılabilir kalıp kalmayacağını belirleyecektir.
- Bina enerji kullanım yoğunluğunu 2035 yılına kadar en az %25 azaltmaya yönelik COP31 hedefi zorludur ancak mevcut teknolojilerle başarılabilir. Bu hedefe ulaşılması; evrensel net sıfır uyumlu bina yönetmelikleri, stokun yıllık %2-3'ünün derin yenilemeden geçirilmesi, ısı pompaları, verimli soğutma, termal enerji depolama ve akıllı bina işletimi yoluyla yıllık iyileşme hızının 2015'ten bu yana süregelen %1 seviyesinden yıllık yaklaşık %2,6'ya çıkarılmasını gerektirmektedir.
- Soğutma talebi önümüzdeki on yılın en kritik baskı noktasını oluşturmaktadır. Küresel klima stokunun 2050 yılına kadar iki kattan fazla artması beklenmekte olup soğutma ihtiyacı 2035 yılına kadar puant elektrik talebindeki yaklaşık %40'lık artışın temel itici gücünü teşkil etmektedir. Güçlendirilmiş asgari enerji performansı standartları 2035 yılına kadar soğutma kaynaklı talepten yaklaşık 800 TWh'lik tüketimi önleyebilmekte; bu önlemlerin kentsel ısı azaltımı ve Küresel Soğutma Taahhüdü ile bütüncül tek bir gündem olarak yürütülmesi gerekmektedir.
- Verimlilik ve dirençlilik iki ayrı alan yerine tek bir entegre gündem olarak ele alınmalıdır. Enerji tasarrufu sağlayan iyi yalıtılmış bir bina kabuğu, sıcak hava dalgaları ve elektrik kesintileri esnasında iç mekân sıcaklıklarını yaşanabilir seviyede tutmakta; faturaları düşüren dağıtık güneş ve depolama altyapısı, şebeke çökmesi durumunda hastaneleri ve su sistemlerini çalışır kılmakta; emisyonları azaltan yenileme hamlesi ise enerji yoksulluğu için en kalıcı çözümü sunmaktadır. Bu doğrultuda uyum hükümleri, bina yönetmeliklerine enerji gereksinimleriyle aynı temelde dâhil edilmelidir.

- Gömülü karbon ve inşaat malzemeleri, sektörün karbondan arındırılmasında bir sonraki temel sınırı teşkil etmektedir. İşletimsel emisyonlar azaldıkça; küresel malzeme çıkarımının yaklaşık yarısını oluşturan çimento, çelik ve diğer malzemeler sektörün emisyon ayak izinden artan bir pay almakta, bu durum tüm yaşam döngüsü karbon değerlendirmesini, malzeme verimliliğini ve döngüsel inşaat ilkelerini Yeşil Sanayileşmeye ilişkin 4. Hedef ile koordineli biçimde birincil öncelik haline getirmektedir.
- Teknolojiden ziyade uygulama/teslimat kapasitesi ve finansman mekanizmaları dönüşümün hızını belirleyecektir. 2035 hedefine ulaşılması; milyonlarca tesisatçı, denetçi ve mühendisin eğitilmesine, güçlendirme tedarik zincirlerinin endüstriyelleştirilmesine ve verimlilik ön yatırımlarının maliyetini karşılayan finansal araçların (küçük projelerin CIB mekanizması altında yatırılabilir portföyler halinde birleştirilmesi dâhil) yaygınlaştırılmasına bağlıdır.
- Dönüşüm ancak kayıt dışı yerleşimlere ve sıcak iklimlerin hızla büyüyen şehirlerine ulaştığı takdirde başarılı olacaktır. 2050 yılına kadarki kentsel nüfus artışının neredeyse tamamı Asya ve Afrika'da, büyük bölümü de kentsel ısı etkisini en şiddetli haliyle deneyimleyen kayıt dışı mahallelerde gerçekleşecektir. Soğuk çatılar, pasif tasarım çözümleri, güneş enerjisi ve depolama mikro şebekelerine dayalı topluluk soğutması ve kapsayıcı iyileştirme programları mevcut en yüksek faydalı iklim yatırımları arasında yer almaktadır.
- Bu on yılın görevi net bir şekilde tanımlanmış ve ölçülebilir niteliktedir. Önceki alt bölümlerde ortaya konulan, 2030 yılına kadar %12-15'lik yoğunluk azaltımı ara hedefine göre yıllık olarak izlenen ve Küresel Durum Değerlendirmesi aracılığıyla doğrulanan eylem hatları temel uygulama çerçevesini sağlamaktadır. Başarının ölçütü nettir: Bugünkülerden belirgin şekilde daha dirençli şehirlerde, 2035 yılına kadar en az %25 daha az enerji yoğun bir yapı stoku elde etmektir.

Referanslar

Akgün, A., & Mostura, A. B. (2025). Yapıların ve şehirlerin depreme dayanıklı olması için mevzuat. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 33-44). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-50-2.ch03

Altunışık, A. C. (2025). Şehirlerin depreme dayanıklı olması için yapılması gerekenler. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 61-80). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-50-2.ch05

Aydın, M. E., & Aydın, S. (2023). Geri kazanılan kent atıksularının sulamada kullanımı ve uygulama örnekleri. M. E. Aydın & A. D. Şahin (Ed.), *İklim değişimi çerçevesinde su kaynaklarının mevcut durumu ve geleceği* (TÜBA Raporları No: 49) içinde (s. 241-262). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-8352-56-6.ch11

Dener, M. (2025). Akıllı şehirler ve inovasyon. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 657-678). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-50-2.ch28

Dinçer, İ., & Ezan, M.A. (2020). *TÜBA-Enerji Depolama Teknolojileri Raporu*. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. https://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/T%C3%9CBA-Enerji%20Depolama%20Teknolojileri%20Raporu.pdf

Dinçer, İ., Arcaklıoğlu, E., Ezan, M.A. (2022). *Enerjide yapay zekânın rolü raporu*. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. https://www.tuba.gov.tr/tr/yayinlar/suresiz-yayinlar/raporlar/tuba-enerjide-yapay-zeknin-rolu-raporu

Elmas, M. (2025). Deprem ve yapı güvenliği. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 1-10). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-50-2.ch01

Esen, A. (2025). Şehirlerin ekonomik sürdürülebilirliği bağlamında afet zararlarının azaltılmasında kamu politikaları: Uygulama örnekleri. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 591-626). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-50-2.ch26

Hepbaşlı, A. (2025a). Sürdürülebilir şehirlerde enerji yönetimi. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 255-282). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-50-2.ch12

Hepbaşlı, A. (2025b). Sürdürülebilir şehirlerde yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 515-532). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-50-2.ch23

IEA. (2018). *The future of cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning*. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling

IEA. (2025a). *World energy outlook 2025*. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025

IEA. (2025b). *Electricity 2025: Analysis and forecast to 2027*. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/electricity-2025

IEA. (2025c). *Global energy review 2025*. International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025

Kadıoğlu, M. (2023). İklim değişikliği, hidrometeorolojik afetler ve afet yönetimi. M. E. Aydın & A. D. Şahin (Ed.), *İklim değişimi çerçevesinde su kaynaklarının mevcut durumu ve geleceği* (TÜBA Raporları No: 49) içinde (s. 69-96). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-8352-56-6.ch04

Koyuncu, İ., Paşaoğlu, M. E., Türken, T., & Yüksekdağ, A. (2023). Su, atıksu arıtımı ve yeniden kullanımı. M. E. Aydın & A. D. Şahin (Ed.), *İklim değişimi çerçevesinde su kaynaklarının mevcut durumu ve geleceği* (TÜBA Raporları No: 49) içinde (s. 205-240). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-8352-56-6.ch10

Kutlu, Ö. (2025). Kentsel dönüşümün sosyal boyutta etki ve süreçleri. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 81-106). Türkiye Bilimler Akademisi.

Öztürk, İ., Cüceloglu, G., & Deneri, E. Z. (2023). Yerel yönetimlerin su planlamasında iklim değişiminin rolü. M. E. Aydın & A. D. Şahin (Ed.), *İklim değişimi çerçevesinde su kaynaklarının mevcut durumu ve geleceği* (TÜBA Raporları No: 49) içinde (s. 171-204). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-8352-56-6.ch09

Pürsünlü, Ö., & Çevik, A. (2025). 6 Şubat Kahramanmaraş depremleri sonucu çeşitli betonarme yapılarda tespit edilen hasarlar ve çözüm önerileri. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 11-32). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-50-2.ch02

Türkoğlu, H. (2025). Afete dirençli kent planlama ve yapılaşma. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 283-298). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-50-2.ch13

UN DESA. (2019). *World urbanization prospects: The 2018 revision*. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

UNEP. (2023). *Global cooling watch 2023: Keeping it chill – How to meet cooling demands while cutting emissions*. United Nations Environment Programme. https://www.unep.org/resources/global-cooling-watch-2023

UNEP & GlobalABC. (2025). *Global status report for buildings and construction 2024/2025: Not just another brick in the wall*. United Nations Environment Programme.

UNEP & GlobalABC. (2026). *Global status report for buildings and construction 2025-2026: Building fast. Falling short*. United Nations Environment Programme. https://globalabc.org/global-status-report

UNFCCC. (2023). *Buildings breakthrough and global cooling pledge (COP28 outcomes)*. United Nations Framework Convention on Climate Change.

Yasin, M. (2025). Kentsel dönüşümde karşılaşılan hukuki problemler ve yapılması gerekenler. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 107-120). Türkiye Bilimler Akademisi.

Yüksel, E., & Çalım, F. (2025). Kentsel dönüşüm sürecinde şehirleri depreme dayanıklı hale getirmek. M. E. Aydın & G. Güllü (Ed.), *Deprem, kentsel dönüşüm ve sürdürülebilir şehirler* (TÜBA Raporlar No: 64) içinde (s. 45-60). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-50-2.ch04

BÖLÜM 4.

YEŞİL SANAYİLEŞME:

DÖNGÜSEL MALZEME KULLANIMI

Özet

Döngüsel malzeme kullanımının önemli bir unsur hâline geldiği döngüsel ekonomi kapsamında, sanayinin yeşil dönüşümüne acil olarak ihtiyaç duyulmaktadır. Bu rapor, artan malzeme tüketiminin, hammaddelere ve kaynaklara devam eden bağımlılığın ve artan endüstriyel atık oluşumunun olumsuz yönlerinin nasıl sürdürülebilir olmayan bir gelecek yarattığını ve günümüz toplumunda geri döndürülemez zararlara yol açtığını tartışmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, döngüsel malzeme kullanımı, daha temiz üretim teknolojileri, yenilenebilir enerji entegrasyonu, dijital üretim, endüstriyel simbiyoz ve sürdürülebilir ürün tasarımı yoluyla endüstrinin yeşil bir yapıya dönüştürülmesini sağlamak amacıyla döngüsel malzeme kullanımının çevresel açıdan uygun bir şekilde yönetildiği döngüsel bir ekonomik boyuta nasıl ulaşılabileceğine ilişkin belirli çözümler de sunmaktadır. Bunun yanı sıra, döngüsel malzeme kullanımının 2035 yılına kadar en az %15'e çıkarılmasına yönelik COP31-2035 Küresel Uygulama Hedefi'ne ulaşılması, gelişmiş geri dönüşüm altyapısına, dijital izleme sistemlerine, endüstriyel yeniliklere ve destekleyici düzenleyici çerçevelere yönelik koordineli yatırımlar gerektirecektir. Bu kapsamda rapor, döngüsel malzeme kullanımının yeşil sanayileşmenin yalnızca bir bileşenini temsil ettiğini ve yeşil endüstriyel dönüşümün kapsamlı bir değerlendirmesini sağlamak için endüstriyel karbonsuzlaşma, daha temiz üretim, yenilenebilir enerji entegrasyonu, kaynak verimliliği, dijital dönüşüm ve diğer tamamlayıcı sürdürülebilirlik göstergeleriyle birlikte ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Sonuç olarak, uygulamayı hızlandırmak için gelecekteki sanayi politikaları çeşitli stratejik önceliklere yön vermelidir.

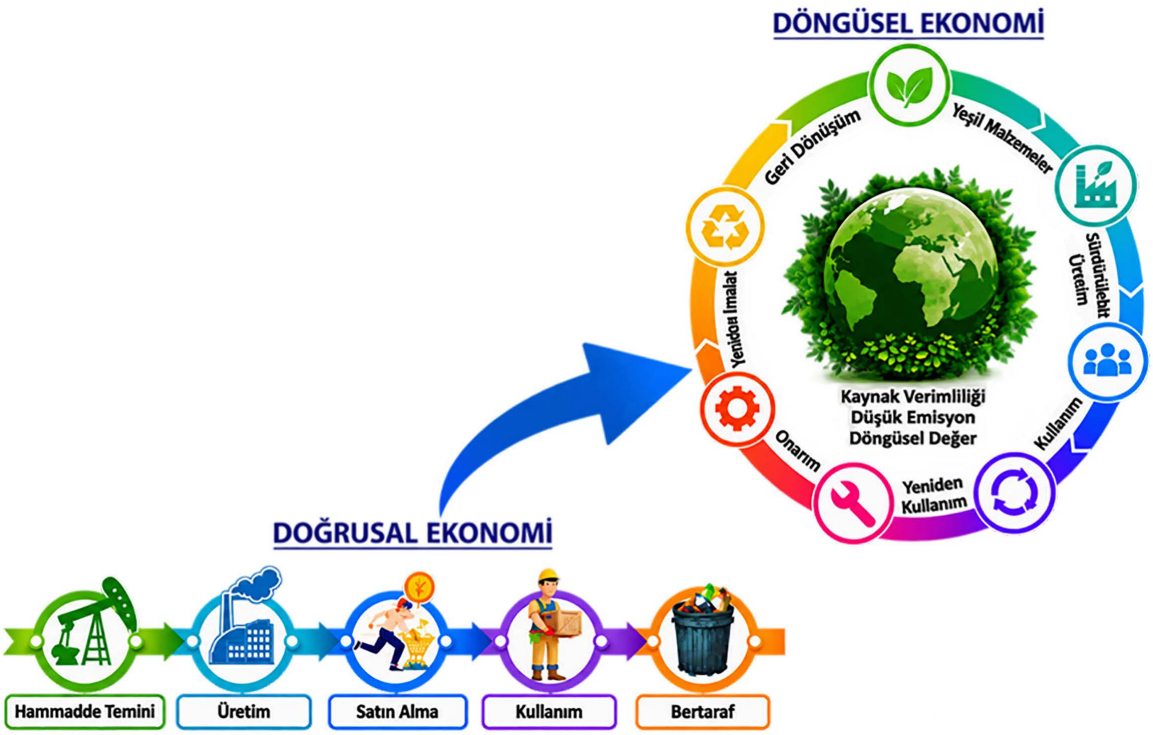
Anahtar Kelimeler: Yeşil sanayileşme, COP31, Döngüsel ekonomi, Malzeme geri dönüşümü, Karbonsuzlaştırma

4.1 Giriş

Endüstriyel kalkınma, uzun zamandır ekonomik büyümenin, teknolojik ilerlemenin, istihdam yaratılmasının ve toplumsal refahın temel itici güçlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Ancak sera gazı emisyonlarındaki (SGE) artış, yüksek enerji tüketimi, kaynakların tükenmesi, biyolojik çeşitlilik kaybı ve önemli ölçüde artan atık miktarı nedeniyle, son yıllarda imalat sektöründe yaşanan benzeri görülmemiş büyüme çevresel baskıları da artırmıştır. ABD Çevre Koruma Ajansı'na (EPA) göre sanayi, dünya genelindeki nihai enerji tüketiminin yaklaşık %37'sinden ve enerji kaynaklı küresel CO_2 emisyonlarının yaklaşık %24'ünden sorumlu olduğundan, uluslararası iklim hedeflerine ulaşılması için endüstriyel dönüşüm büyük önem taşımaktadır (EPA, 2025a). Geleneksel endüstriyel süreçlerin yetersizlikleri, artan jeopolitik belirsizlikler, tedarik ağı sorunları ve kritik hammaddelere yönelik artan talep ile de ortaya konulmuştur.

Endüstriyel üretimde hâkim olan doğrusal ekonomi yaklaşımında, doğal kaynaklar çıkarılarak üretim süreçlerinde kullanılmakta, ürünlere dönüştürülmekte ve kullanım ömürlerinin sonunda atık olarak bertaraf edilmektedir. Bu "hammadde temini-üret-satın al-bertaraf et" yaklaşımı, Sanayi Devrimi'nden bu yana endüstriyel büyümeyi büyük ölçüde desteklemiş olsa da sınırlı kaynak mevcudiyeti ve artan çevresel etkiler nedeniyle giderek daha sürdürülemez hâle gelmiştir. Bu nedenle, **Şekil 4.1**'de gösterildiği üzere, doğrusal üretim süreçlerinden döngüsel ve sürdürülebilir endüstriyel çerçevelere geçiş, sürdürülebilir büyümenin en önemli unsurlarından biridir.

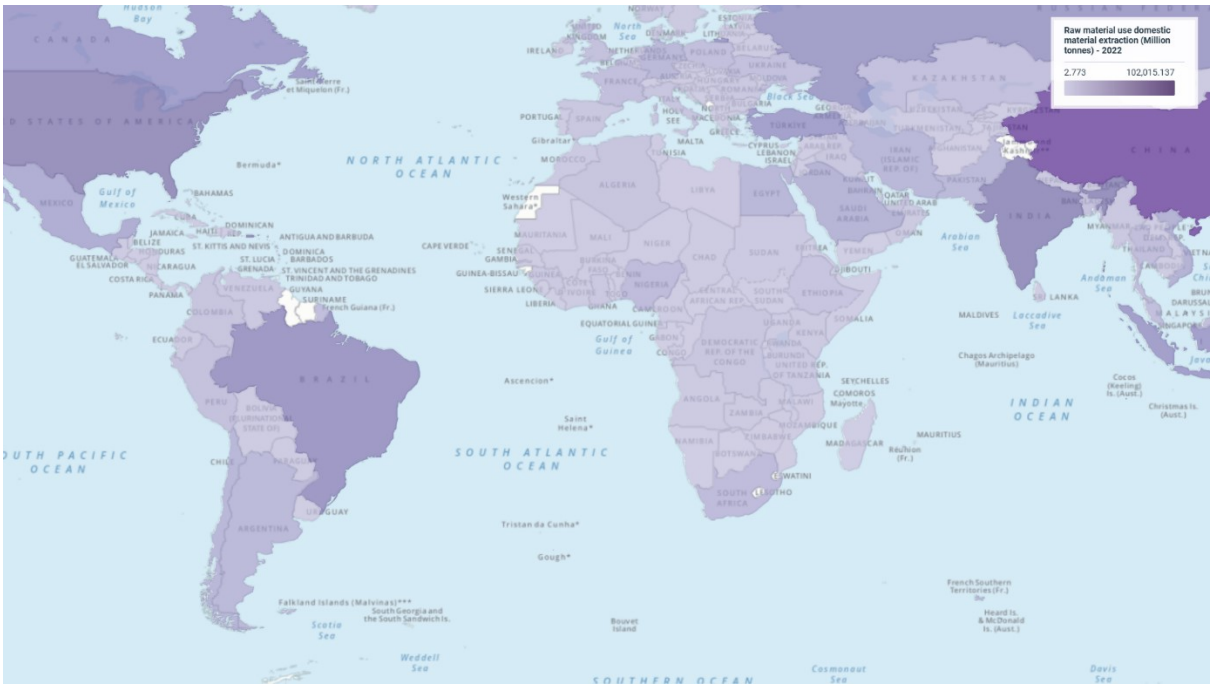
Artan malzeme talebi, yirmi birinci yüzyılın belirleyici sürdürülebilirlik sorunlarından biri hâline gelmiştir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Uluslararası Kaynak Paneli (IRP) tarafından yayımlanan "Global Resources Outlook" 2024 raporuna göre, yıllık küresel malzeme çıkarımı 1970 yılında yaklaşık 30 milyar tondan 2024 yılında 106 milyar tonun üzerine çıkarak elli yıllık dönemde üç kattan fazla artış göstermiştir (UNEP-IRP, 2024). Önemli politika müdahaleleri olmaksızın, küresel malzeme talebinin artmaya devam etmesi ve bunun sonucunda daha yüksek SGE'lere, ekosistem bozulmasının hızlanmasına ve kritik hammadde kaynakları üzerindeki baskının artmasına yol açması beklenmektedir.



Şekil 4.1 *Endüstriyel kapsamda doğrusal ekonomiden yeşil döngüsel ekonomiye geçişi gösteren yeşil dönüşüm şeması*

Ayrıca, küresel malzeme talebindeki hızlı artış dünya genelinde eşit bir şekilde dağılmamakta, bunun yerine yoğun endüstriyel faaliyetlere ve zengin doğal kaynaklara sahip ülkelerde yoğunlaşmaktadır; bu durum Şekil 4.2'de gösterilmektedir (UNEP, 2026a). Bulgular, biyokütle, fosil yakıtlar, metal cevherleri ve metalik olmayan mineraller dâhil olmak üzere her bir ülkenin sınırları içerisinde çıkarılan birincil malzemelerin toplam miktarını ifade eden 2022 yılı dünya genelindeki yerel malzeme çıkarımının dağılımını göstermektedir. Daha yüksek hammadde temini miktarları, dünya üretim ve tüketim sistemlerine önemli ölçüde hammadde sağlayan bölgeleri temsil eden daha koyu renklerle gösterilmektedir. Çin en yüksek hammadde temini miktarına sahip ülke olurken, onu Avustralya, Brezilya, ABD, Hindistan, Rusya ve diğer kaynak bağımlı ekonomiler takip etmektedir.

Bu ülkeler, üretim, altyapı geliştirme, inşaat ve enerji üretimi için gerekli hammaddelerin önemli tedarikçileri olmakla birlikte, yoğun kaynak çıkarımının neden olduğu ciddi çevresel sorunlarla da karşı karşıyadır. Küresel dağılımda orta sıralarda yer alan Türkiye'de yerel malzeme temininin başlıca itici güçlerini inşaat, imalat, kentleşme ve altyapı gelişimi oluşturmaktadır. Özellikle, ülkelerin malzeme kullanımının önemli bir bölümü kil, kum, çakıl ve kireç taşı gibi metalik olmayan minerallerin çıkarımından kaynaklanmaktadır. Genel olarak, malzeme çıkarımının mekânsal dağılımı, modern ekonomilerin işlenmemiş doğal kaynaklara giderek daha fazla bağımlı hâle geldiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, ekonomik kalkınmayı sürdürürken çevresel etkileri azaltan kaynak verimli üretim süreçlerine, döngüsel malzeme akışlarına ve sürdürülebilir sanayileşme yaklaşımlarına geçişin ne kadar acil olduğunu da ortaya koymaktadır.



Şekil 4.2 *Ülkelere göre yerel hammadde çıkarımının 2022 yılı küresel dağılımı (Kaynak: UNEP, 2026a)*

Ekonomik üretime geri dönüştürülen ikincil malzemelerin yüzdesini tahmin eden Döngüsel Malzeme Kullanım Oranı (DMKO), endüstriyel sürdürülebilirliğin değerlendirilmesinde kullanılan en yararlı göstergelerden biridir. "Circularity Gap Report" 2025, döngüsel ekonomi ilkelerini teşvik etmeye yönelik küresel çabaların artmasına rağmen, küresel ekonomiye giren malzemelerin yalnızca %6,9'unun ikincil malzemelerden oluştuğunu ve bu oranın önceki değerlendirmede bildirilen %7,2'den ve 2018 yılındaki %9,1'den daha düşük olduğunu ortaya koymuştur (CEF, 2025). Mevcut eğilim, geri dönüşüm oranlarının artırılmasının döngüselliğe ulaşmak için yeterli olmadığını göstermekte ve modern endüstriyel sistemlerin hammadde çıkarımına olan devam eden bağımlılığını vurgulamaktadır. Bununla birlikte, birincil hammaddelere olan bağımlılığı ve çevresel etkileri azaltmak için kaynak etkin üretime, döngüsel ürün tasarımına, malzeme döngüselliğine ve yeşil tüketime yönelik sistematik bir dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun sonucunda, yeşil malzemelerin kullanımı sanayide sürdürülebilir dönüşümün temel bir bileşeni hâline gelmiştir. Geri dönüştürülmüş, yenilenebilir, biyobazlı, geri kazanılmış ve düşük karbonlu malzemelerin kullanımının artması, kaynakların korunmasını ve endüstriyel dayanıklılığı geliştirmenin yanı sıra çevresel etkileri de önemli ölçüde azaltmaktadır. Ayrıca şirketler, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD), elektronik ürün belgeleri ve yeşil tasarım yaklaşımları aracılığıyla sürdürülebilir malzeme seçimlerini süreçlerine dâhil ederek ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel performansı en üst düzeye çıkarabilir. Yeşil sanayileşme; yenilenebilir enerji altyapısının, endüstriyel enerji verimliliğinin, yeşil hidrojen temelli teknolojilerin, endüstriyel simbiyotik ilişkilerin, karbon yakalama, kullanma ve depolamanın, elektronik üretimin, YZ, Endüstri 4.0 ve Endüstri 5.0

teknolojilerinin, sürdürülebilir tedarik zincirlerinin ve yeşil satın almanın sanayi stratejisine entegre edilmesiyle sürdürülebilir malzeme yönetiminin ötesine geçmektedir. Bu birbiriyle ilişkili yaklaşımlar, uzun vadeli iklim direncini desteklerken operasyonel verimliliği artırmakta, SGE'lerin en aza indirmekte, kaynak verimliliğini yükseltmekte ve endüstrilerin rekabet gücünü geliştirmektedir.

Paris Anlaşması, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması doğrultusunda Türkiye, 2053 yılına kadar net sıfır sera gazı emisyonuna ulaşmayı taahhüt etmiştir (ETKB, 2026). COP31-2035 Küresel Uygulama Hedefleri kapsamında, döngüsel malzeme kullanımının artırılması, yeşil sanayileşmeyi destekleyen çeşitli küresel uygulama önceliklerinden biri olarak önerilmiştir. Bununla birlikte, yeşil sanayileşme döngüsel malzeme kullanımının çok ötesine geçmekte ve endüstriyel karbonsuzlaşma, daha temiz üretim, yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması, dijital dönüşüm, endüstriyel simbiyoz, sürdürülebilir ürün tasarımı ve kaynak verimli üretimin bütünleşik bir şekilde uygulanmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, döngüsel malzeme kullanımı, yeşil endüstriyel dönüşümün tek ölçütü olmaktan ziyade, bu dönüşümü mümkün kılan göstergelerden biri olarak değerlendirilmelidir. Bu hedefe ulaşmak için sürdürülebilir üretim, yeşil malzemelerin kullanımı, yenilenebilir enerji entegrasyonu, endüstriyel yenilik, döngüsel kaynak yönetimi, dijital dönüşüm, finansman mekanizmaları ve çok paydaşlı katılımı kapsayan bütünleşik politika müdahaleleri gereklidir. Sonuç olarak, bu Eylem Planı sürdürülebilir, kaynak verimli ve döngüsel endüstriyel sistemlere geçişi desteklemek için bilimsel temellere dayanan bir çerçeve sunmaktadır. Önerileri, COP31-2035 çerçevesinin küresel uygulama öncelikleriyle büyük ölçüde uyumlu olmakla birlikte, Türkiye de dâhil olmak üzere ulusal ve bölgesel koşullara uyarlanabilecek pratik bir rehberlik de sunmaktadır. Yeşil malzeme kullanımı, döngüsel üretim, gelişmiş geri dönüşüm ve atıkların değerlendirilmesi, yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması, yeşil hidrojen entegrasyonu, sürdürülebilir tedarik zincirleri, dijital üretim ve performans izleme, önerilen uygulama paketlerinin ana konularını oluşturmaktadır. Genel olarak, bu önlemlerin endüstriyel emisyonları azaltması, malzeme verimliliğini artırması, kaynak güvenliğini güçlendirmesi, yeşil yatırımları teşvik etmesi ve konumsal stratejik avantajlar ile Avrupa Topluluğu ile olan ticari ilişkiler dikkate alındığında Türkiye'yi yeşil endüstriyel büyümede bölgesel bir öncü konumuna getirmesi beklenmektedir.

4.2. Yeşil Sanayileşme

Endüstriyel büyümeyi kaynak verimliliği, çevresel sürdürülebilirlik ve çevrenin korunması ile dengelemeyi amaçlayan yeşil sanayileşme, sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın en önemli temel taşlarından biri hâline gelmiştir. Geleneksel sanayileşme büyük ölçüde yoğun hammadde tüketimine, fosil enerjiye ve doğrusal üretim modellerine dayandığından, geleceğin endüstriyel sistemlerinin döngüsel, düşük karbonlu ve kaynak verimli üretim yöntemlerine yönelmesi

gerekmektedir. Enerjinin karbonsuzlaştırılmasıyla birlikte bu dönüşüm: dijital dönüşüm, atıkların değerlendirilmesi, endüstriyel simbiyoz, sürdürülebilir malzeme yönetimi, daha çevreci üretim teknolojileri ve döngüsel ekonomi kavramlarını içeren endüstriyel değer ağlarının kapsamlı bir şekilde yeniden ele alınmasını gerektirmektedir. Özellikle, ikincil hammaddelerin kullanımının artırılması, malzeme verimliliğinin yükseltilmesi ve atık üretiminin azaltılması, SGE'lerin düşürülmesi, kaynak güvenliğinin geliştirilmesi ve endüstriyel dayanıklılığın artırılması için temel stratejiler olarak ortaya çıkmıştır. Yenilenebilir enerji sistemlerinin, elektrikli araçların, ileri üretim teknolojilerinin ve elektronik altyapının hızla yaygınlaşması, kritik hammaddelere olan talebi artırarak yeşil sanayileşmeye geçişi yalnızca ekonomik ve stratejik bir öncelik değil, aynı zamanda çevresel bir zorunluluk hâline getirmiştir. Bu nedenle, yeşil sanayileşmenin gerçeğe dönüştüğü sürdürülebilir bir endüstriyel kalkınmaya ulaşmak için teknik inovasyonu, etkin yasal sistemleri, döngüsel tedarik zincirlerini ve güçlü endüstriyel ekosistemleri içeren kapsamlı bir stratejiye kesinlikle ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu dönüşüm, hem Avrupa hem de ulusal düzeyde somut bir düzenleyici çerçeveye dayanmaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı, 1990 seviyelerine kıyasla SGE'lerin 2030 yılına kadar %55 ve 2040 yılına kadar %90 oranında azaltılmasına yönelik bağlayıcı hedefler belirlemektedir. Bu hedefler; yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması, enerji verimliliği ve AB Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) aracılığıyla karbon fiyatlandırması olmak üzere üç politika sütununa dayanmaktadır. Sanayiye yönelik ücretsiz emisyon tahsislerinin 2034 yılına kadar aşamalı olarak kaldırılması ve ETS gelirlerinin İnovasyon Fonu ile Modernizasyon Fonu'na yönlendirilmesi planlanmaktadır (Aydın & Aydın, 2025). İhracatının yaklaşık yarısını AB'ye gerçekleştiren Türkiye için bu çerçeveyle uyum sağlamak isteğe bağlı değildir: ulusal bir ETS, bir karbon piyasası kurulu, gönüllü karbon piyasaları ve emisyon tahsisatı ticaretini oluşturmayı öngören bir İklim Kanunu taslağı hazırlanmış, ancak henüz kabul edilmemiştir ve bu kanunun yürürlüğe girmesi, Türkiye'nin AB Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması ile koordineli olarak kendi emisyon ticaret sistemini işletmesinin ön koşuludur (Karacan, 2025). Buna paralel olarak, Türkiye'nin 2021 Yeşil Mutabakat Eylem Planı, sanayi, enerji, tarım, ulaştırma ve finans alanlarını kapsayan 81 eylem belirlemekte ve bu raporda ele alınan döngüsel malzeme kullanım oranı hedefinin gerçekleştirilmesinin beklendiği kurumsal altyapıyı sağlamaktadır (Karacan, 2025).

4.3. Endüstriyel Malzeme Döngüselliği

Endüstriyel malzemeler, modern üretim sistemlerinin temelini oluşturmakta ve endüstriyel üretimin çevresel performansının, kaynak verimliliğinin ve uzun vadeli sürdürülebilirliğinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması, süreçlerin elektrifikasyonu ve enerji verimliliğindeki iyileştirmeler yoluyla önemli ilerlemeler

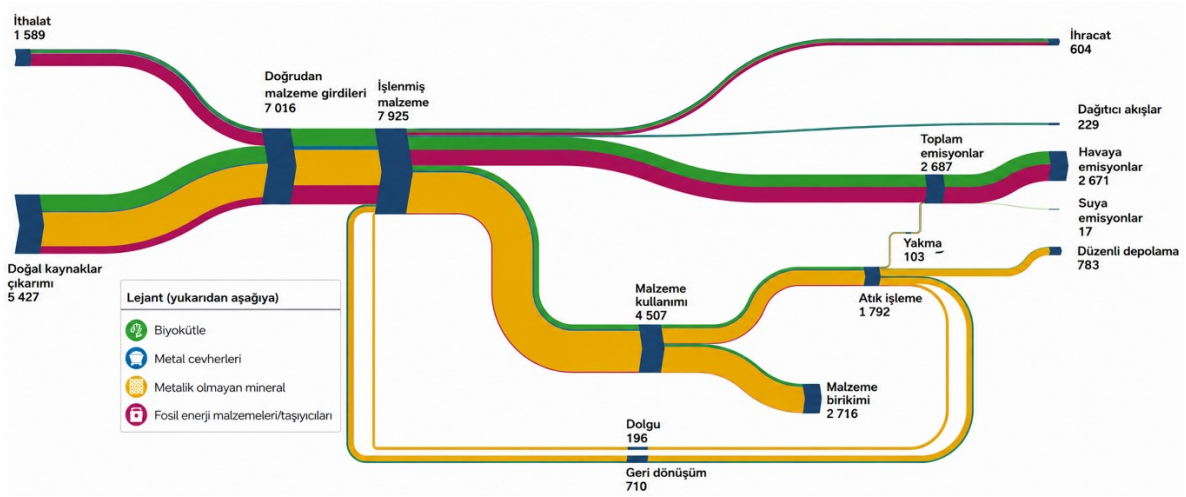
kaydedilmiş olsa da malzeme üretimiyle ilişkili çevresel sorunlar, endüstriyel karbonsuzlaşmanın karşı karşıya olduğu en önemli zorluklardan biri olmaya devam etmektedir. Binalardan ve ulaşım altyapısından elektronik cihazlara ve yenilenebilir enerji teknolojilerine kadar her endüstriyel ürün, büyük miktarlarda malzemenin çıkarılmasına, işlenmesine, dönüştürülmesine ve kullanılmasına bağlıdır. Sonuç olarak, sürdürülebilir sanayiye geçiş yalnızca fosil yakıtların yenilenebilir enerjiyle değiştirilmesiyle gerçekleştirilemez; aynı zamanda endüstriyel malzemelerin tedarik edilme, üretilme, kullanılma, geri kazanılma ve üretim sistemlerine yeniden entegre edilme biçimlerinde köklü bir dönüşüm gerektirmektedir.

Malzeme üretimi, küresel ekonomide kaynak yoğunluğu en yüksek faaliyetlerden birini oluşturmaktadır. Çelik, çimento, alüminyum, plastik ve kimyasalların birincil üretimi, büyük miktarlarda enerji, su ve mineral kaynak gerektirirken aynı zamanda önemli miktarda SGE ve endüstriyel atık oluşturmaktadır. IEA'ya göre ağır sanayiler, küresel nihai endüstriyel enerji tüketiminin yaklaşık üçte birinden sorumlu olup, malzeme yoğun sektörler endüstriyel karbon emisyonlarının büyük bölümünü oluşturmaktadır (IEA, 2020). Bu sektörler arasında demir ve çelik üretimi küresel CO_2 emisyonlarının yaklaşık %7-9'una, çimento üretimi %7-8'ine, kimyasal üretim %5-6'sına katkıda bulunurken, birincil alüminyum üretimi nispeten daha düşük üretim hacmine rağmen küresel emisyonların yaklaşık %2'sini oluşturmaktadır. Bu malzeme sektörleri birlikte değerlendirildiğinde, gelecekteki iklim değişikliği azaltım stratejilerinin yalnızca işletme süreçlerindeki enerji tüketimini ele almak yerine, endüstriyel malzemelerin içerdiği çevresel etkilerin azaltılmasına giderek daha fazla odaklanması gerektiğini göstermektedir.

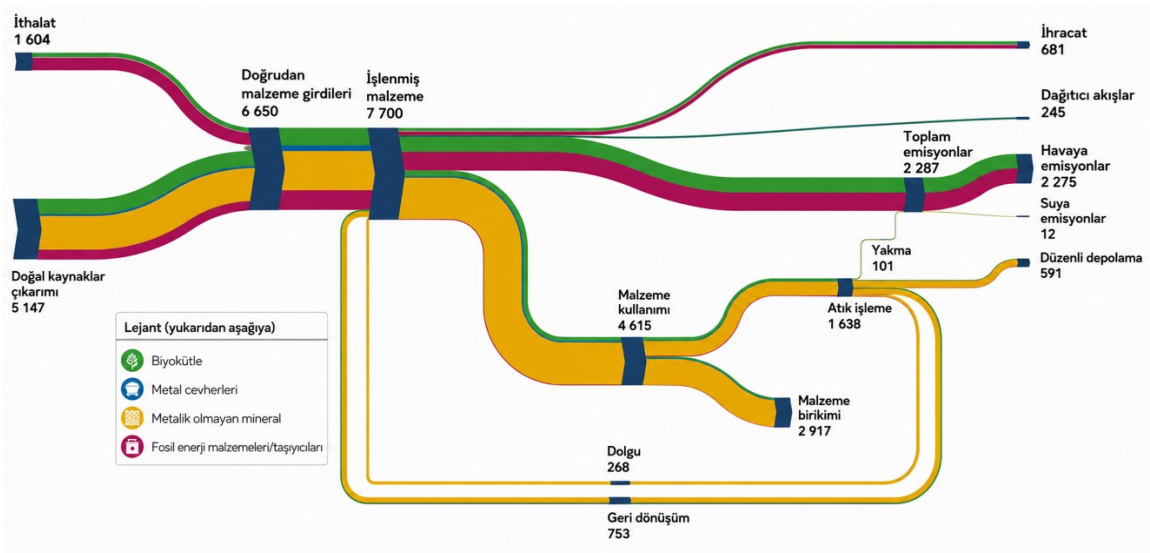
Bu zorluklara çözüm olarak, yeşil endüstriyel malzemeler kavramı, endüstriyel performansı korurken veya geliştirirken tüm yaşam döngüleri boyunca çevresel etkileri azaltan malzemeleri kapsayan kapsamlı bir çerçeve olarak ortaya çıkmıştır. Yeşil endüstriyel malzemeler, tek bir malzeme kategorisini ifade etmek yerine, geri dönüştürülmüş metalleri, ikincil kaynaklardan geri kazanılan döngüsel malzemeleri, sürdürülebilir polimerleri, biyobazlı kompozitleri, mühendislik ürünü biyomalzemeleri, düşük karbonlu çimentolu bağlayıcıları, geri dönüştürülmüş inşaat malzemelerini ve gelişmiş geri dönüşüm teknolojileri yoluyla geri kazanılan kritik hammaddeleri kapsamaktadır. IEA Kritik Mineraller Piyasa İncelemesi 2024'e göre, açıklanan politika senaryoları kapsamında temiz enerji teknolojileri için gerekli minerallere yönelik küresel talebin 2040 yılına kadar iki kattan fazla artması beklenmektedir ve bu durum arz yoğunlaşması, jeopolitik riskler, fiyat dalgalanmaları ve uzun vadeli kaynak mevcudiyeti konusunda artan endişelere yol açmaktadır. Sonuç olarak, ikincil hammadde piyasalarının genişletilmesi, kentsel madenciliğin geliştirilmesi, endüstriyel atık akışlarından değerli malzemelerin geri kazanılması ve geri dönüşüm verimliliğinin artırılması, endüstriyel rekabet gücünü güçlendirirken ithalata bağımlılığın azaltılması için temel stratejiler hâline gelmiştir.

Şekil 4.3, Avrupa Birliği'nin 2010 ve 2024 yıllarına ait Ekonomi Genelinde Malzeme Akış Analizi'ni göstermekte ve biyokütle, metal cevherleri, metalik olmayan mineraller ve fosil enerji malzemelerinin ekonomi genelindeki fiziksel akışlarını ortaya koymaktadır. Sankey diyagramları; malzemelerin yerel çıkarım ve ithalattan başlayarak endüstriyel işleme, malzeme kullanımı, stok birikimi, geri dönüşüm, atık işleme ve çevresel emisyonlara kadar olan hareketini nicel olarak göstermekte ve AB'nin kaynak verimliliği ve döngüsellik yönündeki ilerlemesine ilişkin kapsamlı bir genel bakış sunmaktadır. Örneğin, 2010 ile 2024 yılları arasında yerel çıkarım 5.147 Mt'den 5.427 Mt'ye yükselirken, ithalat 1.504 Mt'den 1.589 Mt'ye yükselmiş ve bunun sonucunda doğrudan malzeme girdileri 6.650 Mt'den 7.016 Mt'ye çıkmıştır (Şekil 4.3a). Benzer şekilde, işlenmiş malzeme miktarı 7.700 Mt'den 7.925 Mt'ye yükselmiş ve bu durum, döngüsel ekonomi politikalarının uygulanmasına rağmen endüstriyel üretimin hâlen büyük ölçüde birincil ham maddelere bağımlı olduğunu göstermiştir. Malzeme kullanımı, kaynak verimliliğindeki iyileşmeleri yansıtacak şekilde 4.615 Mt'den 4.507 Mt'ye hafifçe azalmış olsa da Avrupa ekonomisi, endüstriyel faaliyetleri sürdürmek için hâlen önemli miktarda işlenmemiş malzemeye ihtiyaç duymaktadır.

Şekil 4.3b'de gösterilen en önemli göstergelerden biri, 2010 yılında 753 Mt iken 2024 yılında 710 Mt'ye gerileyen geri dönüşüm akışıdır. Avrupa Birliği son on yılda geri dönüşüm altyapısını ve atık yönetimi politikalarını önemli ölçüde güçlendirmiş olsa da bu sonuçlar, üretime yeniden dâhil olan ikincil malzeme miktarının artan malzeme talebine ayak uyduramadığını göstermektedir. Sonuç olarak, geri dönüştürülmüş malzemeler toplam malzeme girdilerinin yalnızca küçük bir bölümünü oluşturmaya devam etmekte ve bu durum endüstriyel üretimin ağırlıklı olarak işlenmemiş kaynaklara bağımlı olmaya devam ettiğini göstermektedir. Bu bulgular, yalnızca geri dönüşüm kapasitesinin artırılmasının malzeme döngüselliğine ulaşmak için yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, eko-tasarım, ürün dayanıklılığı, yeniden imalat, endüstriyel simbiyoz ve yüksek kaliteli ikincil ham maddelerin kullanımının artırılmasına daha fazla önem verilmelidir.



(a)



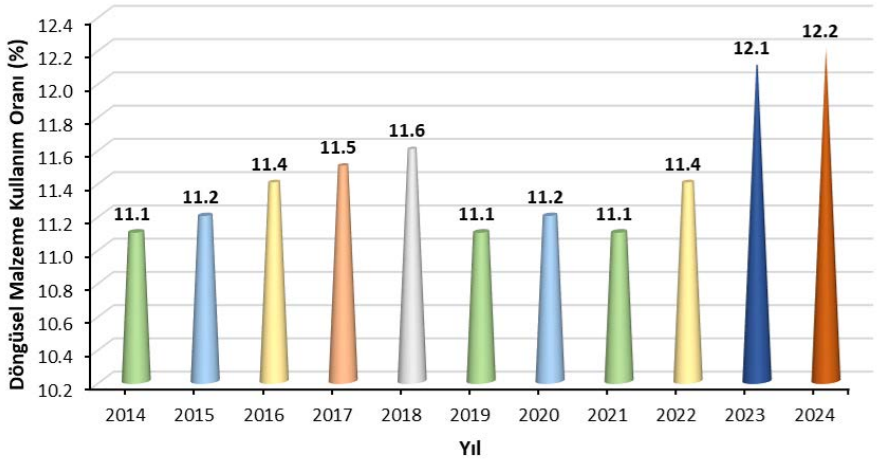
(b)

Şekil 4.3 *Avrupa Birliği'nin (a) 2010 ve (b) 2024 yıllarına ait malzeme akış diyagramları (milyon ton) (Kaynak: Eurostat, 2024)*

Şekil 4.3'te sunulan malzeme akış analizi, malzemelerin Avrupa ekonomisi genelindeki ilerleyişine ilişkin kapsamlı bir genel bakış sağlarken, ikincil malzemelerin endüstriyel üretimde işlenmemiş hammaddelerin yerini ne ölçüde aldığını doğrudan nicel olarak ortaya koymamaktadır. Döngüselliğin bu yönünü değerlendirmek için en yaygın kullanılan göstergelerden biri, malzeme talebinin ekonomiye yeniden giren geri dönüştürülmüş malzemeler tarafından karşılanan oranını ölçen DMKO'dur. Avrupa Birliği Döngüsel Ekonomi İzleme Çerçevesi'nin temel göstergelerinden biri olan DMKO, geri dönüşüm sistemlerinin, ikincil hammadde piyasalarının ve kaynak verimliliği politikalarının etkinliğini yansıtmakta ve böylece döngüsel ekonomiye yönelik ilerlemenin önemli bir ölçütünü sunmaktadır. Şekil 4.4, Avrupa Birliği'nde DMKO'nun 2014 ile 2024 yılları arasındaki değişimini göstermektedir.

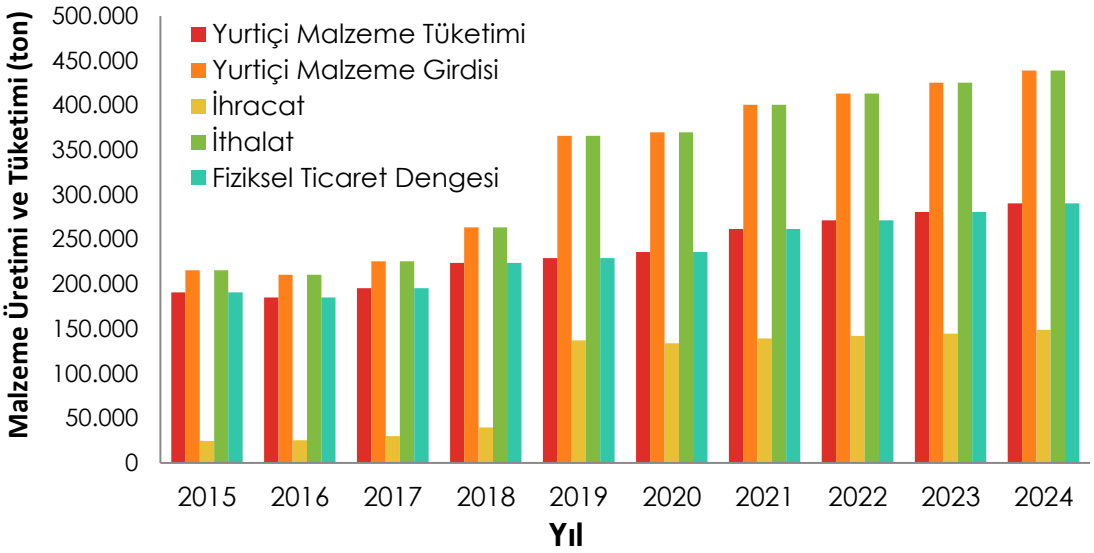
Genel olarak gösterge, 2014 yılında %11,1'den 2024 yılında %12,2'ye yükselerek kademeli bir artış eğilimi göstermiş ve incelenen dönem boyunca yaklaşık %10'luk genel bir iyileşmeye karşılık gelmiştir. Bu artış, Avrupa Birliği'nin atık toplama, geri dönüşüm altyapısı ve döngüsel ekonomi politikalarındaki iyileştirmeler yoluyla ikincil hammaddelerin endüstriyel üretime entegrasyonunu kademeli olarak geliştirdiğini göstermektedir. 2014 ile 2018 yılları arasında döngüsel malzeme kullanım oranı %11,1'den %11,6'ya istikrarlı bir şekilde yükselmiş ve kaynak geri kazanımı ile geri dönüşüm performansında sürekli ilerleme kaydedildiğini göstermiştir. Ancak bu olumlu eğilim, göstergenin %11,1-11,2 seviyelerine gerilediği 2019 ile 2021 yılları arasında kesintiye uğramıştır. Bu geçici durgunluğun, COVID-19 pandemisi sırasında endüstriyel üretim, uluslararası tedarik zincirleri ve atık yönetim sistemlerinde yaşanan ve Avrupa genelinde ikincil hammaddelerin hem mevcudiyetini hem de kullanımını etkileyen aksaklıklarla ilişkili olması muhtemeldir. Bu dönemin ardından DMKO önemli ölçüde toparlanarak 2023 yılında %12,1'e ve 2024 yılında %12,2'ye ulaşmış ve gözlemlenen dönem boyunca kaydedilen en yüksek değere erişmiştir. Son dönemdeki artış, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın ve Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nın giderek daha fazla uygulanmasını ve ikincil hammadde piyasalarına yapılan yatırımların artmasını yansıtmaktadır. Bu politika girişimleri, endüstrileri geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımını artırmaya teşvik ederken, işlenmemiş kaynakların çıkarımına olan bağımlılığın azaltılmasını da desteklemiştir.

Bu olumlu ilerlemeye rağmen, Avrupa ekonomisi ağırlıklı olarak birincil hammaddelere bağımlı olmaya devam etmektedir. 2024 yılında bile toplam malzeme talebinin yalnızca %12,2'si ikincil malzemeler aracılığıyla karşılanmış, bu da malzeme girdilerinin yaklaşık %88'inin hâlen ham kaynaklardan sağlandığı anlamına gelmektedir. Bu bulgu, geri dönüşümdeki gelişmelere rağmen birincil kaynak çıkarımının toplam malzeme girdilerine hâkim olmaya devam ettiğini gösteren malzeme akış analiziyle uyumludur. Bu nedenle, DMKO'nun artırılması, kaynak verimli ve düşük karbonlu endüstriyel sistemlere ulaşmak için en önemli önceliklerden biri olmaya devam etmektedir.



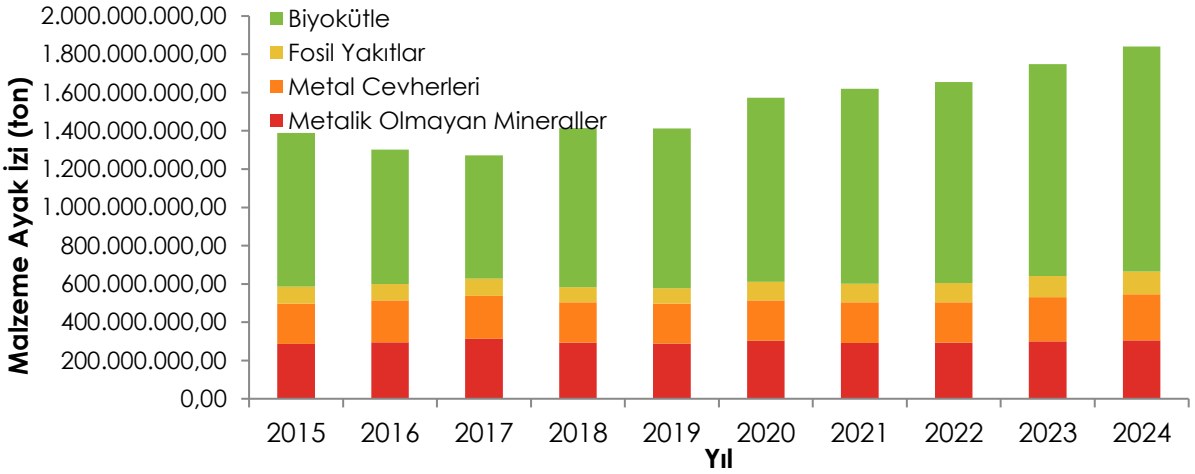
Şekil 4.4 *Avrupa Birliği ülkelerinde döngüsel malzeme kullanım oranı (veriler Eurostat, 2026'dan alınmıştır)*

Tek bir göstergeye dayanmak yerine, yeşil sanayileşmeye yönelik ilerlemenin değerlendirilmesi, endüstriyel sürdürülebilirliğin farklı boyutlarını kapsayan tamamlayıcı göstergelerden oluşan bir bütün gerektirmektedir. DMKO ikincil malzemelerin yeniden dolaşıma kazandırılmasını yansıtırken, malzeme akış analizi, malzeme ayak izi, kaynak verimliliği, atık geri kazanımı ve endüstriyel emisyonlar gibi diğer göstergeler, kaynak verimliliği ve endüstriyel sistemlerin daha geniş kapsamlı dönüşümü hakkında ek bilgiler sağlamaktadır. Bu çok boyutlu bakış açısı, Türkiye de dâhil olmak üzere resmi DMKO istatistiklerinin henüz mevcut olmadığı ülkeler için özellikle önemlidir. Ayrıca, Avrupa Birliği'nin malzeme döngüselliğinin değerlendirilmesinin ardından Şekil 4.5, Türkiye'nin 2015 ile 2024 yılları arasındaki başlıca malzeme akış göstergelerinin gelişimini sunmaktadır. Bu göstergeler; yurtiçi malzeme tüketimi, doğrudan malzeme girdisi, ithalat, ihracat ve fiziksel ticaret dengesini kapsamaktadır. Bu göstergeler, endüstriyel büyüme, kaynak tüketimi ve malzeme kullanım verimliliği arasındaki ilişkiye kapsamlı bir genel bakış sağlamaktadır. Sonuçlar, incelenen dönem boyunca tüm temel malzeme akış göstergelerinde belirgin bir artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Doğrudan malzeme girdisi, 2015 yılında yaklaşık 190 Mt'den 2024 yılında 290 Mt'ye yükselirken, doğrudan malzeme girdisi yaklaşık iki katına çıkarak 220 Mt'den 440 Mt'ye yükselmiştir. İthalat ve ihracat da istikrarlı bir şekilde artmış olup, bu durum Türkiye'nin küresel tedarik zincirlerine giderek daha fazla entegre olduğunu ve endüstriyel üretim, kentleşme ve altyapı gelişiminin etkisiyle hammaddelere yönelik talebin arttığını göstermektedir. Benzer şekilde, fiziksel ticaret dengesindeki artış, daha fazla miktarda malzemenin yurtiçi ekonomide kaldığını ve bunun ekonomik büyümeyi desteklerken doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı da artırdığını göstermektedir. Genel olarak, Şekil 4.5 Türkiye'nin endüstriyel gelişiminin artan malzeme tüketimiyle yakından ilişkili olmaya devam ettiğini göstermektedir. Bu eğilim güçlü ekonomik ve endüstriyel büyümeyi yansıtırken, aynı zamanda kaynak verimliliğinin iyileştirilmesi, ikincil ham madde kullanımının artırılması ve geri dönüşüm ile döngüsel malzeme yönetiminin güçlendirilmesi gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Türkiye henüz resmi bir DMKO bildirmediğinden, ülkenin döngüselliğe yönelik ilerlemesi; Yurtiçi Malzeme Tüketimi, Doğrudan Malzeme Girdisi, Malzeme Ayak İzi, imalat sanayi atık oluşumu, atık geri kazanımı, geri dönüşüm performansı ve kaynak verimliliği dâhil olmak üzere tamamlayıcı göstergeler aracılığıyla değerlendirilmektedir. Bu göstergeler birlikte, endüstriyel kaynak verimliliğine ilişkin daha geniş kapsamlı bir değerlendirme sağlarken, döngüsel ekonomi performansının gelecekte izlenmesini de desteklemektedir.



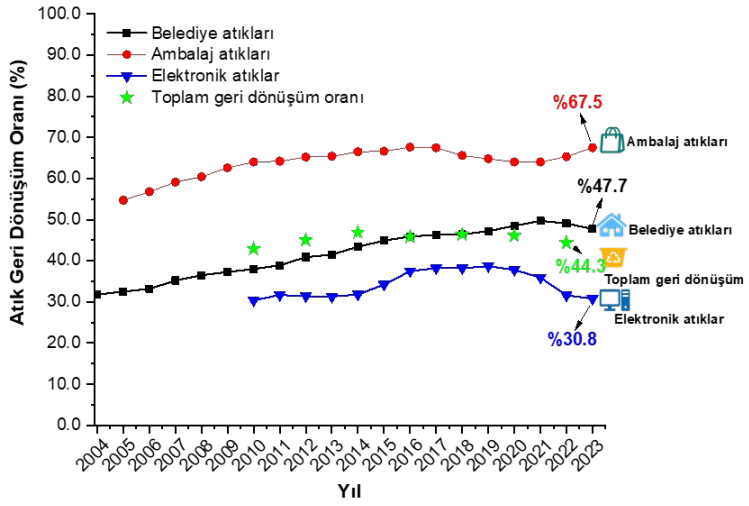
Şekil 4.5 *Türkiye'nin 2015-2024 yılları arasındaki malzeme akışı göstergeleri (veriler UNEP, 2026b'den alınmıştır)*

Şekil 4.6, Türkiye'nin 2015 ile 2024 yılları arasındaki malzeme ayak izinin başlıca malzeme kategorilerine göre gelişimini sunarak kaynak talebindeki son eğilimleri ortaya koymaktadır. Sonuçlar, malzeme ayak izinin 2015 yılında 1,4 Bt'den 2024 yılında 1,85 Bt'ye genel olarak arttığını göstermekte ve ekonomik büyüme ile endüstriyel gelişmenin malzeme tüketimini daha da artırmaya devam ettiğini ortaya koymaktadır. İncelenen dönem boyunca biyokütle, malzeme ayak izinin en büyük payını oluştururken, bunu metalik olmayan mineraller, metal cevherleri ve fosil yakıtlar takip etmektedir. Tüm malzeme kategorileri artış eğilimi gösterirken, en belirgin büyüme 2020 sonrasında gözlemlenmiş olup bu durum endüstriyel üretimdeki toparlanmayı, altyapı yatırımlarını ve hammaddelere yönelik artan talebi yansıtmaktadır. Metalik olmayan mineraller ve metal cevherlerindeki devam eden artış, inşaat ve imalat sektörlerinin artan malzeme gereksinimlerini ortaya koymaktadır. Malzeme akışı ve malzeme ayak izi göstergeleri kaynak tüketiminin büyüklüğünü tanımlarken, geri dönüşüm oranları, malzemelerin kullanım sonrasında ne ölçüde etkin bir şekilde geri kazanıldığını ve ekonomiye yeniden kazandırıldığını doğrudan ölçmektedir. Döngüsel malzeme kullanımının temel göstergelerinden biri olan geri dönüşüm performansı, atık toplama sistemlerinin, malzeme geri kazanım teknolojilerinin ve ikincil hammadde kullanımının verimliliğini yansıtmaktadır.



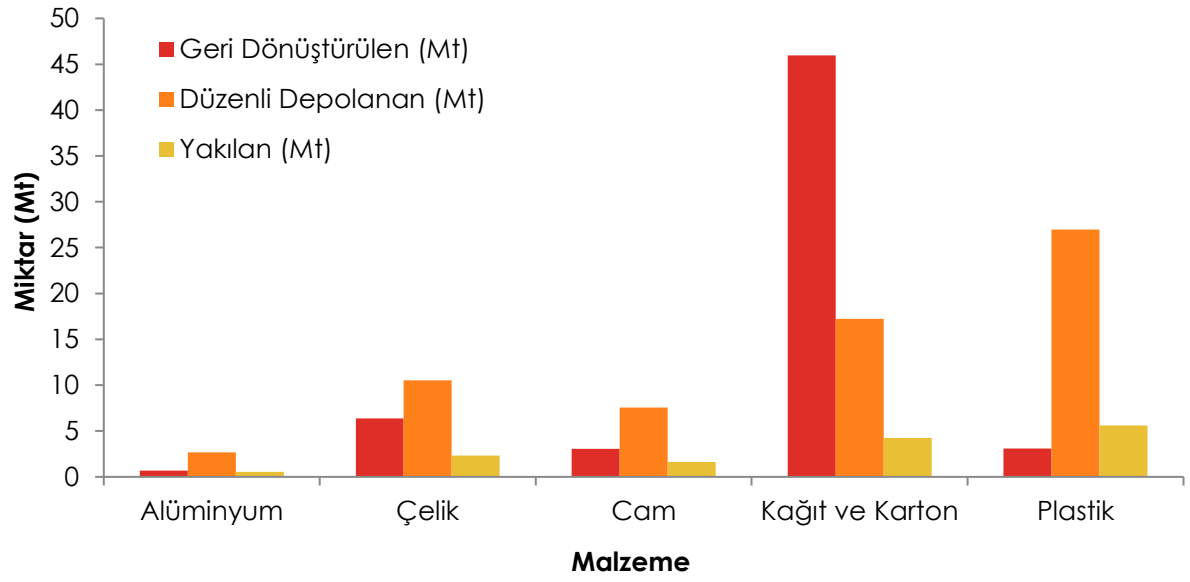
Şekil 4.6. *Türkiye'nin 2015-2024 yılları arasındaki malzeme kategorilerine göre malzeme ayak izi verileri (veriler UNEP, 2026b'den alınmıştır)*

Şekil 4.7'de gösterildiği üzere, ambalaj atıkları sürekli olarak en yüksek geri dönüşüm oranına ulaşmış ve bu oran 2010 yılında %64'ten 2022 yılında %66'ya yükselmiştir. Bu güçlü performans, Avrupa Birliği genelinde uygulanan yerleşik toplama sistemlerinin ve genişletilmiş üretici sorumluluğu politikalarının başarısını yansıtmaktadır. Belediye atıklarının geri dönüşümü de sürekli bir iyileşme göstererek %38'den %49'a yükselmiş ve atık ayrıştırma ile geri dönüşüm altyapısında önemli ilerleme kaydedildiğini göstermiştir. Buna karşılık, elektrikli ve elektronik atıkların geri dönüşüm oranı önemli ölçüde daha düşük kalmış, 2020 yılında yaklaşık %39'a yükseldikten sonra 2022 yılında yaklaşık %32'ye gerilemiştir. Elektrikli ve elektronik atıkların nispeten düşük geri kazanım oranı, elektronik ürünlerin giderek artan karmaşıklığını ve değerli metaller ile kritik hammaddelerin geri kazanılmasıyla ilişkili teknik zorlukları yansıtmaktadır.



Şekil 4.7. *Avrupa'da 2004-2023 yılları arasında atık türlerine göre geri dönüşüm oranları (veriler EEA, 2025'ten alınmıştır)*

Ayrıca, geri dönüşüm, düzenli depolama ve yakma dâhil olmak üzere kullanım ömrü sonu işleme yöntemleri, değerli malzemelerin ekonomi içerisinde tutulup tutulmayacağını veya üretken kullanımdan kalıcı olarak kaybedilip kaybedilmeyeceğini belirlemektedir. Şekil 4.8, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki başlıca malzeme kategorileri için kullanım ömrü sonu yönetim yöntemlerini sunmaktadır (DOE, 2024). Veriler; alüminyum, çelik, cam, kağıt ve karton ile plastikler için geri dönüştürülen, düzenli depolanan ve yakılan malzeme miktarlarını karşılaştırmaktadır. Kağıt ve karton, 46 Mt ile en yüksek geri dönüşüm miktarına sahip olup, düzenli depolama (17 Mt) ve yakma (4 Mt) miktarlarını önemli ölçüde aşmaktadır; bu durum yerleşik toplama ve geri kazanım sistemlerinin etkinliğini yansıtmaktadır. Buna karşılık plastikler, 27 Mt düzenli depolanan ve 6 Mt yakılan miktara kıyasla yalnızca yaklaşık 3 Mt geri dönüştürülerek en düşük döngüsellik düzeyini göstermekte ve düzenli depolamanın hâlen baskın kullanım ömrü sonu yöntemi olduğunu ortaya koymaktadır. Çelik ve cam da geri dönüşüme kıyasla daha yüksek düzenli depolama miktarları (sırasıyla 10 Mt ve 7 Mt) gösterirken, alüminyum tüm işleme yöntemlerinde nispeten düşük miktarlarda atık oluşturmaktadır. Bu veriler ABD'yi temsil etmesine rağmen, farklı malzeme akışlarının göreceli geri kazanım potansiyeline ilişkin değerli bilgiler sunmakta ve kaynak verimliliğini artırmak ve düzenli depolamaya olan bağımlılığı azaltmak için malzemeye özgü döngüsel ekonomi stratejilerine duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

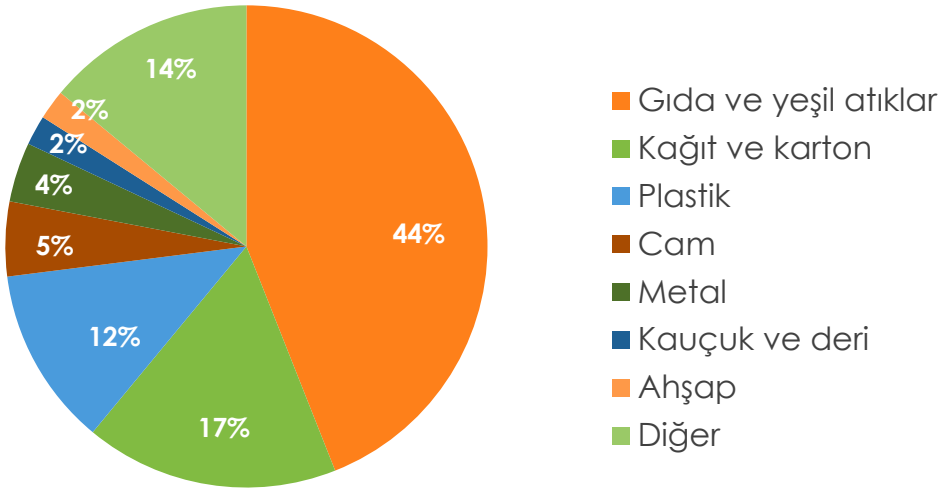


Şekil 4.8. *Amerika Birleşik Devletleri'nde seçili malzeme türlerinin geri dönüşüm, düzenli depolama ve yakma yöntemlerine göre dağılımı (veriler DOE, 2024'den alınmıştır)*

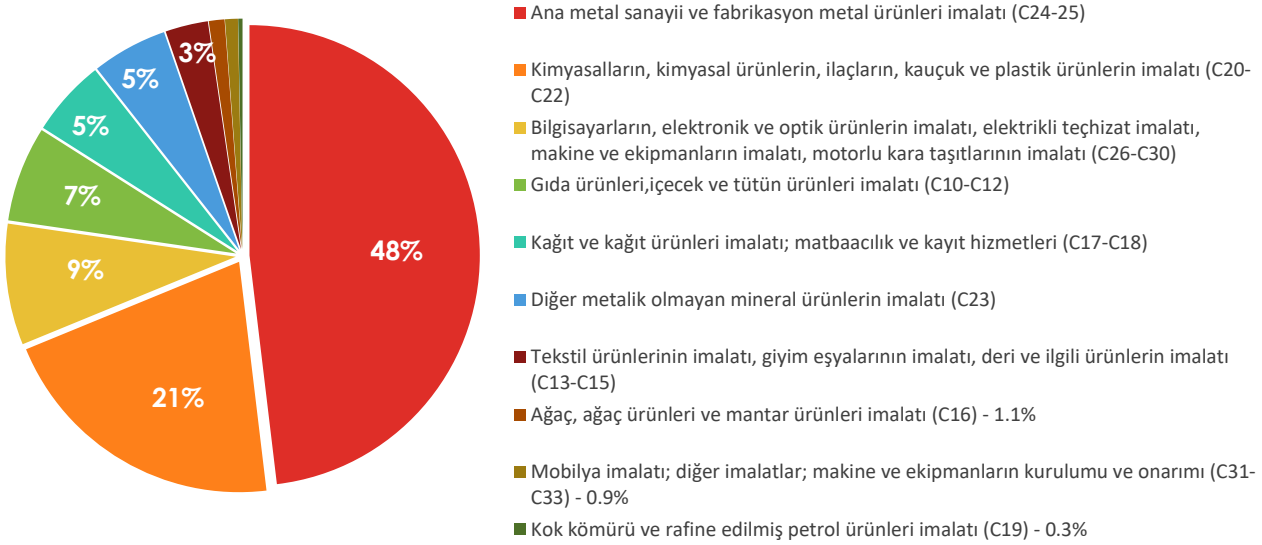
Şekil 4.9'da gösterildiği üzere, kağıt ve karton 46 Mt'ye ulaşarak en yüksek geri dönüşüm miktarını göstermekte ve düzenli depolanan (17 Mt) ve yakılan (4 Mt) miktarları önemli ölçüde aşmaktadır. Bu durum, yerleşik toplama sistemlerini ve yüksek geri dönüştürülebilirliklerini yansıtmaktadır. Buna karşılık, plastikler düzenli depolanan 27 Mt ve yakılan 6 Mt'ye kıyasla yalnızca yaklaşık 3 Mt'nin geri dönüştürülmesiyle en düşük döngüselliğe sahip malzeme olmaya devam etmektedir ve düzenli depolamanın plastik atıklar için baskın bertaraf yöntemi olmaya devam ettiğini göstermektedir. Çelik ve cam da düzenli depolamaya kıyasla daha düşük geri dönüşüm miktarları gösterirken, alüminyum nispeten düşük atık miktarına rağmen yüksek ekonomik değeri ve geri dönüştürülebilirliği nedeniyle kullanım ömrü sonunda nispeten dengeli bir dağılım göstermektedir. Dünya genelindeki belediye katı atıklarının malzeme dağılımı Şekil 4.9a'da gösterilmekte olup, gıda ve yeşil atıklar toplam oluşumun %44'ünü temsil etmekte ve organik atıklar en yaygın bileşeni oluşturmaktadır. Dünya genelindeki atık akışının %25'inden fazlası önemli geri dönüşüm potansiyeline sahip malzemelerden oluşmakta; kâğıt ve karton %17, diğer atıklar %14 ve plastikler %12 oranında paya sahiptir. Nispeten daha küçük oranlara sahip olmalarına rağmen cam (%5), metaller (%4), kauçuk ve deri (%2) ve ahşap (%2), döngüsel üretim süreçlerinde önemli ikincil kaynaklar olmaya devam etmektedir.

Ayrıca, Şekil 4.9b, Türkiye'de 2024 yılında endüstriyel alt sektörler tarafından üretilen imalat atıklarının dağılımını sunarak atık azaltımı, kaynak geri kazanımı ve döngüsel malzeme kullanımı açısından en yüksek potansiyele sahip sektörleri ortaya koymaktadır. Şekil 4.9b'de gösterildiği üzere, ana metal sanayii ve fabrikasyon metal ürünleri imalatı, toplam imalat atıklarının %48'ini oluşturarak endüstriyel atık oluşumuna en büyük katkıyı sağlamaktadır. Bunu kimya, ilaç, kauçuk ve plastik sektörleri (%21) takip ederken, bilgisayar, elektronik ve optik ürünler, elektrikli teçhizat, makine, motorlu taşıtlar ve ulaşım ekipmanları imalatı yaklaşık %9 oranında katkıda bulunmaktadır. Kağıt ve kâğıt ürünleri (%7), diğer metalik olmayan mineral ürünler (%5) ve tekstil (%5) dâhil olmak üzere diğer sektörler nispeten daha düşük paylara sahipken, ağaç ürünleri, mobilya ile kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünlerinin her biri toplam imalat atıklarının yalnızca yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır. Bu sonuçlar, Türkiye'de endüstriyel atık oluşumunun sınırlı sayıda malzeme yoğun sektörde yoğunlaştığını açıkça göstermektedir. Bu nedenle, özellikle metal, kimya ve mineral endüstrilerinde sektöre özgü döngüsel ekonomi stratejilerinin uygulanması; kaynak geri kazanımını artırmak, endüstriyel simbiyozu geliştirmek ve atık oluşumunu azaltmak açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu sektörlere öncelik verilmesi, Türkiye'nin daha kaynak verimli ve döngüsel bir endüstriyel sisteme geçişini desteklerken en büyük çevresel ve ekonomik faydaları sağlaması muhtemeldir.

(a)



(b)

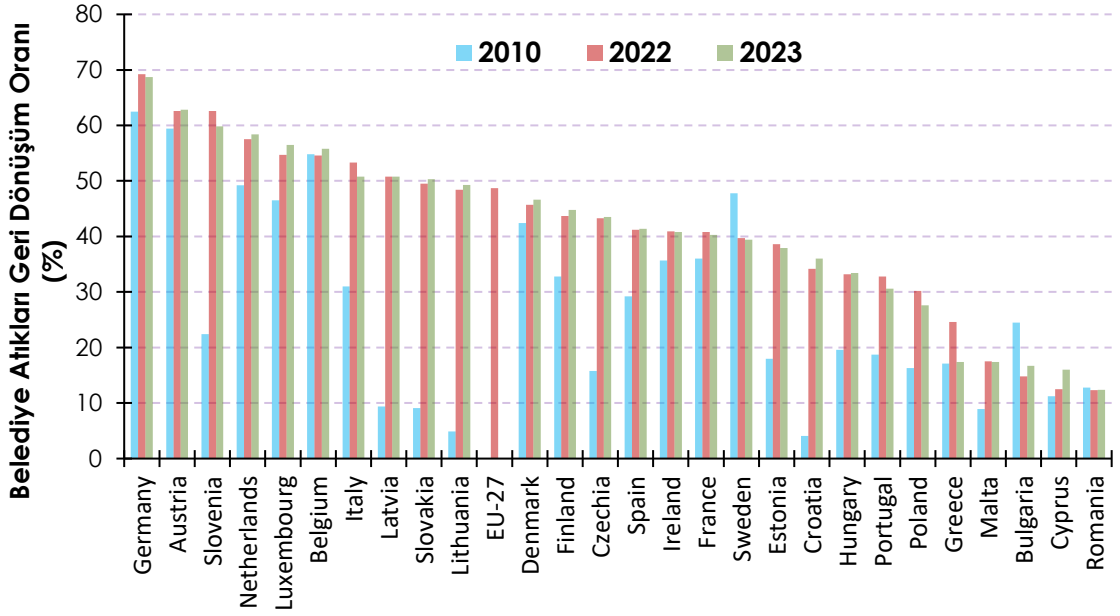


Şekil 4.9 *İmalat sanayii alt sektörlerine göre atık oluşum dağılımı: (a) dünya geneli (veriler WBG, 2026'den alınmıştır) ve (b) Türkiye (veriler TÜİK, 2024'den alınmıştır)*

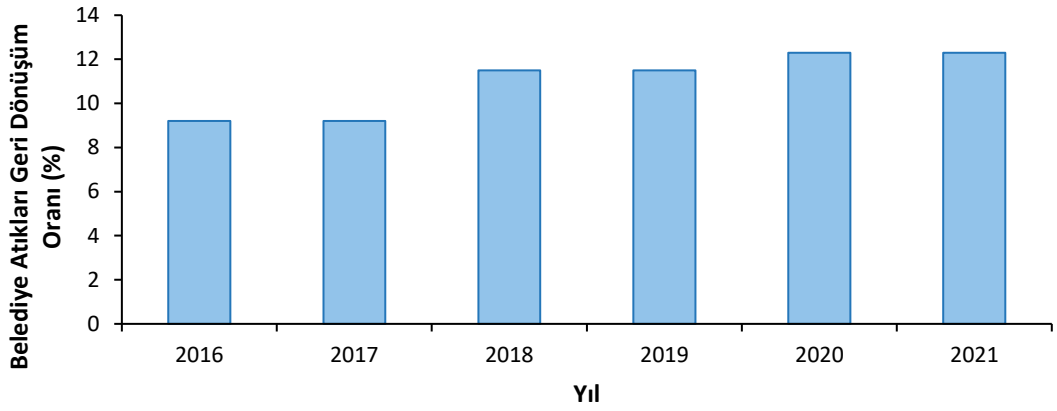
Şekil 4.10a'da gösterildiği üzere, Avrupa ülkelerinin çoğunda belediye atıklarının geri dönüşüm performansı 2010 ile 2023 yılları arasında belirgin şekilde iyileşmiş olup, bu durum standartlaştırılmış atık yönetimi tekniklerinin ve döngüsel ekonomi politikalarının giderek artan başarısını yansıtmaktadır. Doğu ve Güney Avrupa ülkelerinin çoğu geri dönüşüm oranlarını yaklaşık %30 seviyesinde korurken, Almanya, Avusturya ve Slovenya sürekli olarak %60'ın üzerinde en yüksek oranlara sahip olmuştur. Bu durum, geri dönüşüm altyapısı ve kaynak geri kazanım kapasitesinde önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir. Genel olumlu eğilime rağmen, döngüsel ekonomi hedeflerine yönelik daha dengeli bir gelişme sağlamak için politika uygulamalarının iyileştirilmesi, geri dönüşüm sistemlerine yatırım yapılması ve bütünleşik atık yönetimi uygulamalarının hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Ayrıca, Şekil 4.10b, Türkiye'nin 2016 ile 2021 yılları arasındaki belediye atıkları geri dönüşüm oranının gelişimini sunmaktadır. Şekil 4.10b'de, belediye atıkları geri dönüşüm oranı 2016-2017 döneminde %9,2'den 2018-2019 döneminde %11,5'e yükselmiş ve ardından 2020-2021 döneminde %12,3'e ulaşmıştır. Bu kademeli iyileşme, ayrı atık toplama sistemlerinin yaygınlaşmasını, geri dönüşüm altyapısının gelişmesini ve döngüsel ekonomi uygulamalarına yönelik farkındalığın artmasını yansıtmaktadır. Bununla birlikte, genel geri dönüşüm oranı nispeten düşük kalmaya devam etmekte ve bu durum belediye atıklarının önemli bir bölümünün geri dönüştürülmek yerine hâlen düzenli depolama veya diğer geri kazanım yöntemleri aracılığıyla bertaraf edildiğini göstermektedir. Daha güncel ulusal istatistikler de belediye atıklarının geri kazanımında devam eden ilerlemeye işaret etmektedir. Avrupa Çevre Ajansı'na (EEA, 2026) göre, Türkiye'nin belediye atıkları geri dönüşüm oranı Sıfır Atık Programı kapsamında 2023 yılında %34,9'dan 2024 yılında %36,1'e yükselmiş olup, 2035 yılına kadar %60'a ulaşılması ulusal hedef olarak belirlenmiştir.

Genel olarak, Türkiye belediye atıklarının geri dönüşümünde ölçülebilir ilerleme kaydetmiş olsa da iyileşme hızı, üretilen atık miktarındaki artışla karşılaştırıldığında sınırlı kalmaktadır. Bulgular, geri dönüşüm performansını artırmak ve Türkiye'nin daha döngüsel ve kaynak verimli bir ekonomiye geçişini desteklemek için kaynağında ayrıştırma, geri dönüşüm tesisleri, kamu farkındalığı ve yerel atık yönetim sistemlerine daha fazla yatırım yapılmasının gerekli olacağını göstermektedir.



(a)

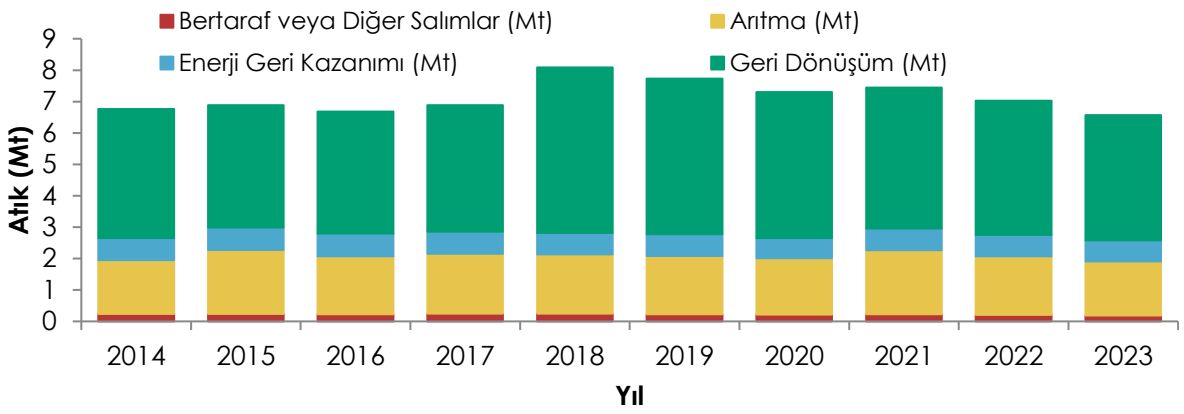


(b)

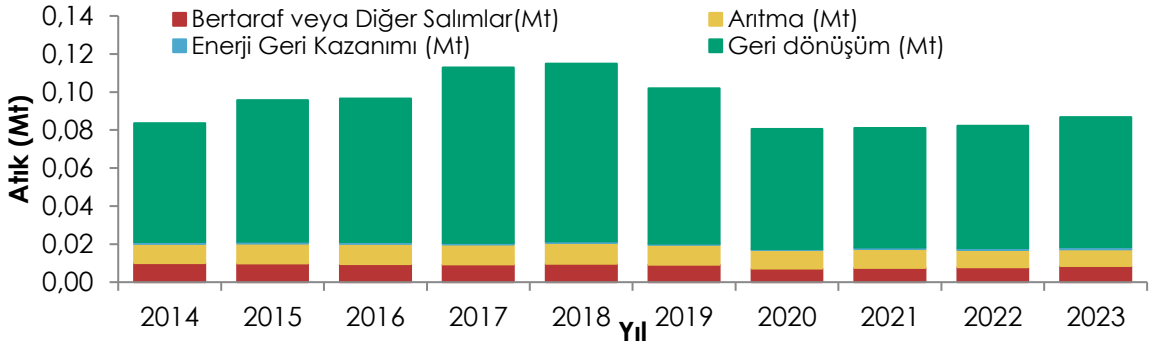
Şekil 4.10 *Belediye atıklarının geri dönüşüm oranı: (a) dünya geneli (veriler EEA, 2025'ten alınmıştır) ve (b) Türkiye (veriler Eurostat, 2026'dan alınmıştır)*

Şekil 4.11, 2014-2023 dönemi boyunca kimya, otomotiv, ağaç ürünleri ve elektrik hizmetleri sektörlerine özgü atık yönetimi eğilimlerini sunmaktadır. Kimyasal üretim sektöründe (Şekil 4.11a), geri dönüşüm sürekli olarak baskın atık yönetimi stratejisi olmaya devam etmiş ve yıllık 4,5-6,0 Mt düzeyinde gerçekleşirken, toplam atık oluşumu 6,8 ile 8,3 Mt arasında değişmiştir. Arıtma (1,8-2,2 Mt) ve enerji geri kazanımı (0,3-0,5 Mt) nispeten istikrarlı katkılar gösterirken, bertaraf yalnızca küçük bir payı (<0,2 Mt) oluşturmuş ve bu durum yerleşik bir kaynak geri kazanım çerçevesini yansıtmıştır. Benzer şekilde, otomotiv sektörü (Şekil 4.11b), sektörler arasında en yüksek geri dönüşüm payına ulaşmış; geri dönüşüm miktarı 2014 yılında 0,07 Mt'den 2018 yılında 0,10 Mt ile en yüksek seviyesine yükselmiş ve ardından 2020 sonrasında yaklaşık 0,07-0,08 Mt seviyelerinde istikrar kazanmıştır.

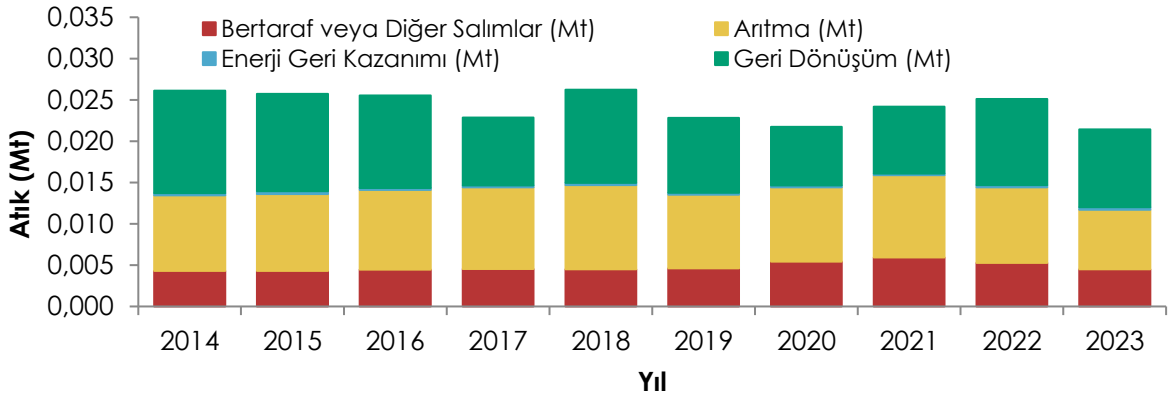
(a)



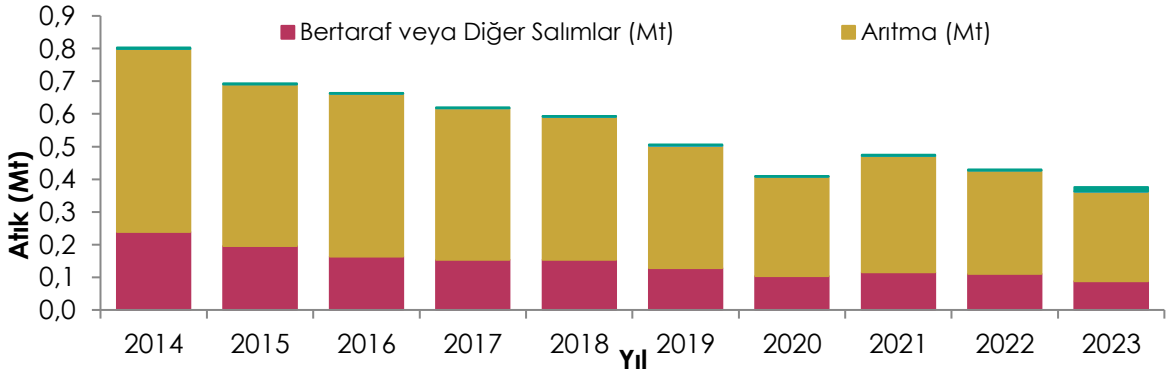
(b)



(c)

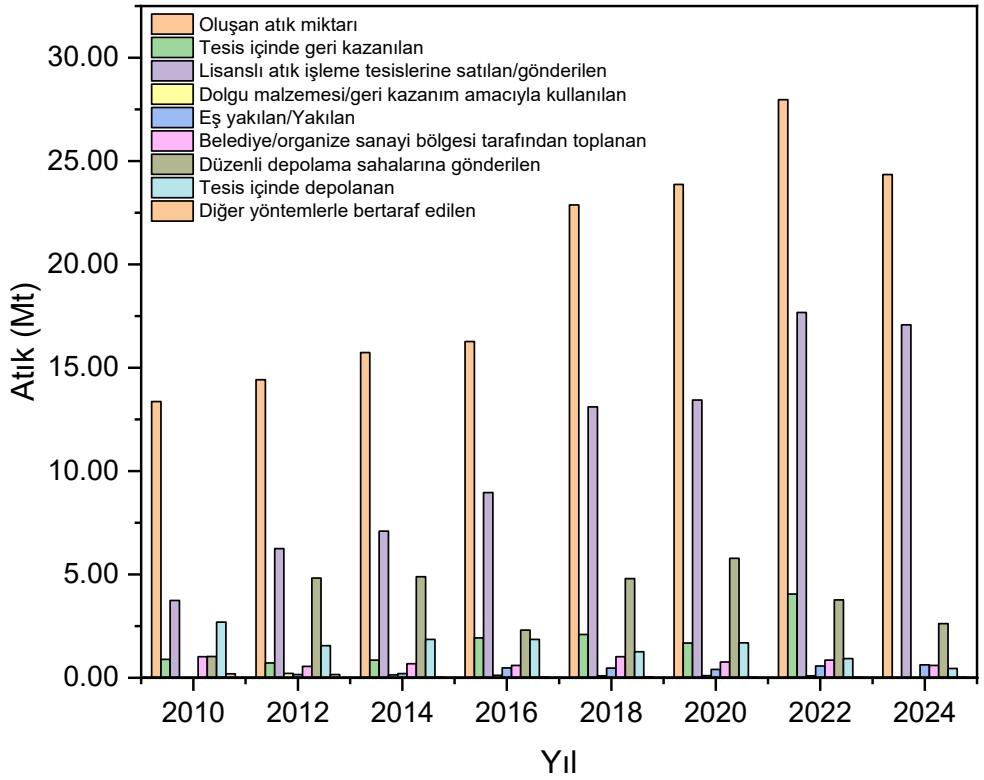


(d)



Şekil 4.11. *Çeşitli sektörlerde imalat atıklarının yönetim eğilimleri: (a) kimyasal üretim, (b) otomotiv üretimi, (c) ağaç ürünleri üretimi ve (d) elektrik hizmetleri (veriler EPA, 2026b'den alınmıştır)*

Ağaç ürünleri imalatı sektöründe (Şekil 4.11c), geri dönüşüm aynı zamanda en büyük atık yönetimi yöntemi olmuştur (0,01-0,012 Mt), ancak arıtma (0,008-0,010 Mt) ve bertaraf (0,003-0,006 Mt), kimya ve otomotiv sektörlerine kıyasla nispeten daha büyük bir pay oluşturmuş ve bu durum malzeme döngüselliğinin geliştirilmesi için ek fırsatlar bulunduğunu göstermiştir. Öte yandan, elektrik hizmetleri sektörü (Şekil 4.11d), toplam atık oluşumunda önemli bir düşüş göstermiş ve bu miktar 2014 yılında yaklaşık 0,80 Mt'den 2023 yılında 0,36 Mt'ye gerilemiştir. Bu düşüş büyük ölçüde arıtma ve bertaraf gerektiren atıklardaki önemli azalmalardan kaynaklanırken, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı nispeten sınırlı kalmıştır. Genel olarak, bu eğilimler, geri dönüşümün imalat sektörleri genelinde baskın atık yönetimi yaklaşımı hâline gelmiş olmasına rağmen, döngüsel kaynak kullanımının büyüklüğünün ve etkinliğinin endüstriyel sektörler arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ortaya koymakta ve kaynak verimliliğini daha da artırmak ve atık oluşumunu en aza indirmek için sektöre özgü stratejilere duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.



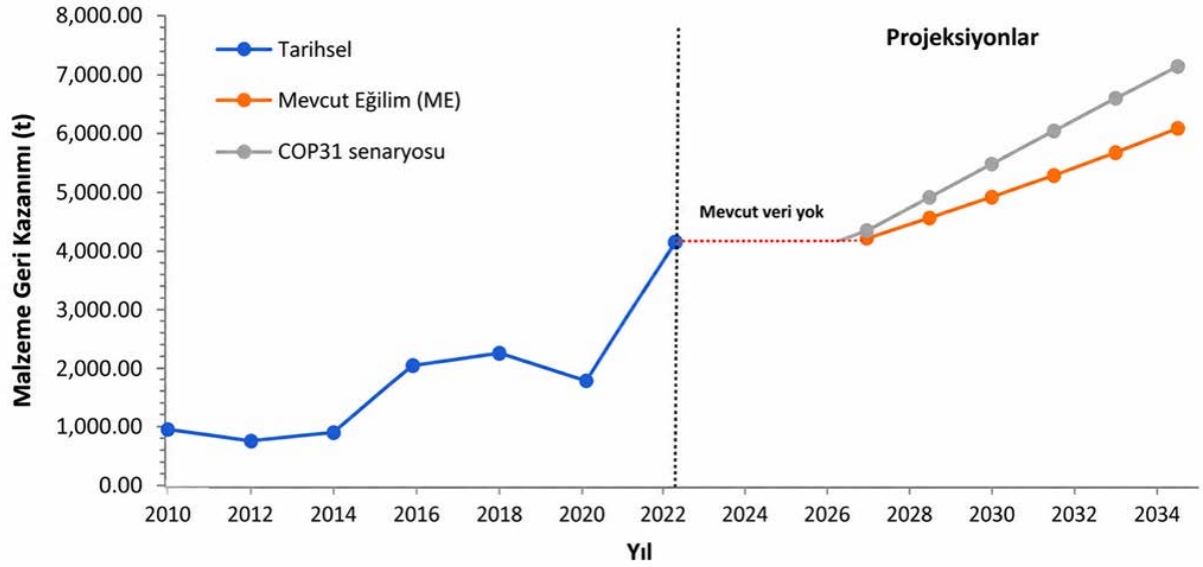
Şekil 4.12 *Türkiye'de imalat atığı oluşumu ve atık yönetimi yöntemlerinin tarihsel değişimi (2010-2024) (veriler TÜİK, 2024'den alınmıştır)*

Şekil 4.12, Türkiye'de 2010 ile 2024 yılları arasındaki imalat atığı oluşumunun ve atık işleme yöntemlerinin gelişimini göstermektedir. İmalat atığı oluşumu incelenen dönem boyunca önemli ölçüde artarak 2010 yılında 13.366 bin tondan 2024 yılında 24.350 bin tona yükselmiştir. Bu artışa rağmen, geri kazanım odaklı atık yönetimine doğru belirgin bir geçiş gözlemlenmektedir. 2024 yılında, 17.079 bin ton (%70,1) imalat atığı lisanslı geri kazanım ve atık işleme tesislerine gönderilmiş ve bu yöntem baskın atık yönetimi yöntemi olmuştur. Buna ek olarak, 2.946 bin ton (%12,1) atık endüstriyel tesisler içerisinde geri kazanılmış olup, bu

durum atıkların önemli bir bölümünün imalat tesisinden ayrılmadan doğrudan üretim süreçlerinde yeniden kullanıldığını göstermektedir. Daha küçük bir paya sahip olmasına rağmen, dolgu malzemesi veya arazi ıslahı amacıyla kullanılan atık miktarı da atıkların nihai bertaraftan yönlendirilerek yeniden üretken kullanıma kazandırılması açısından önemli bir kaynak geri kazanım yöntemi oluşturmaktadır. Öte yandan, atıkların yalnızca %10,8'i kontrollü düzenli depolama sahalarına gönderilirken, %2,6'sı yakma yoluyla işlenmiştir. Bu sonuçlar, imalat atıklarının beşte dördünden fazlasının geri kazanıma dayalı uygulamalar aracılığıyla yönetildiğini ve hem tesis dışı geri kazanımın hem de tesis içi malzeme kullanımının endüstriyel döngüselliğin geliştirilmesinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Bu artışa rağmen, geri kazanım odaklı atık yönetimine doğru belirgin bir geçiş gözlemlenmektedir. 2024 yılında, 17.079 bin ton (%70,1) imalat atığı lisanslı geri kazanım ve atık işleme tesislerine gönderilmiş ve bu yöntem baskın atık yönetimi yöntemi olmuştur. Buna ek olarak, 2.946 bin ton (%12,1) atık endüstriyel tesisler içerisinde geri kazanılmış olup, bu durum atıkların önemli bir bölümünün imalat tesisinden ayrılmadan doğrudan üretim süreçlerinde yeniden kullanıldığını göstermektedir. Daha küçük bir paya sahip olmasına rağmen, dolgu malzemesi veya arazi ıslahı amacıyla kullanılan atık miktarı da atıkların nihai bertaraftan yönlendirilerek yeniden üretken kullanıma kazandırılması açısından önemli bir kaynak geri kazanım yöntemi oluşturmaktadır. Öte yandan, atıkların yalnızca %10,8'i kontrollü düzenli depolama sahalarına gönderilirken, %2,6'sı yakma yoluyla işlenmiştir. Bu sonuçlar, imalat atıklarının beşte dördünden fazlasının geri kazanıma dayalı uygulamalar aracılığıyla yönetildiğini ve hem tesis dışı geri kazanımın hem de tesis içi malzeme kullanımının endüstriyel döngüselliğin geliştirilmesinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Ayrıca, projeksiyon 2035 yılına doğru endüstriyel malzeme geri kazanımı ve yeniden kullanım uygulamalarında istikrarlı bir iyileşmeye işaret etmektedir (Şekil 4.13). Şekil 4.13, 2010-2022 dönemindeki tarihsel geri kazanım eğilimini, 2026-2035 dönemine yönelik mevcut eğilimlerin devamı ve COP31 senaryolarıyla birlikte sunmaktadır. ME yaklaşımı, ek politika müdahaleleri olmaksızın uzun vadeli tarihsel eğilimin devam edeceği varsayımıyla, mevcut tarihsel geri kazanım verilerine (2010-2022) uygulanan sıradan en küçük kareler doğrusal regresyon modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. COP31 senaryosu ise daha sonra mevcut eğilimine politika odaklı kademeli bir iyileşme uygulanarak geliştirilmiş; ek geri kazanım miktarı 2026 yılından itibaren kademeli olarak artırılarak 2035 yılında ME seviyesinin %15 üzerine çıkarılmıştır. ME senaryosu kapsamında geri kazanılan malzeme miktarının 2035 yılında 6.046,53 seviyesine ulaşacağı öngörülürken, COP31 senaryosunda bu değer 6.953,51 seviyesine yükselmekte ve yaklaşık 906,98 tonluk ek geri kazanıma karşılık gelmektedir.



Şekil 4.13 *Türkiye'de %15 döngüsel malzeme geri kazanım senaryosu kapsamında malzeme geri kazanımı ve yeniden kullanımının tarihsel eğilimleri ve 2035 yılı projeksiyonu (veriler TÜİK, 2024'den alınmıştır)*

4.4. Endüstriyel Simbiyoz ve Organize Sanayi Bölgeleri

Endüstriyel simbiyoz, birbiriyle doğrudan ilişkili olmayan tesisler arasında yan ürünlerin, atık akışlarının, enerjinin, suyun ve altyapının paylaşımını içermekte olup; geri dönüşüm ve malzeme geri kazanımına ek olarak, atık oluşumunu ve işleme maliyetlerini azaltırken birincil malzeme ve enerji talebini düşürmek için ilave bir yöntem sunmaktadır. Klasik Kalundborg Simbiyozu örneğinde, bir kâğıt fabrikasından kaynaklanan besin açısından zengin çamur kompostlama ve biyogaz üretimi amacıyla geri kazanılmakta, gıda sektöründen kaynaklanan artıklar ise biyoyakıt ve biyoplastik üretimi için hammadde sağlamaktadır. Böylece, beşikten beşiğe tasarım yaklaşımı doğrultusunda malzemelerin düzenli depolama sahalarına gönderilmesi önlenmektedir. Bu sinerjiler, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) 8, 9, 10, 12 ve 17'yi doğrudan; SKA 6, 7 ve 13'ü ise dolaylı olarak desteklemektedir (Saraç vd., 2025). Endüstriyel simbiyoz, gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomiler tarafından farklı ancak birbirini tamamlayan nedenlerle teşvik edilmektedir. Gelişmiş ekonomilerde temel amaçlar hammadde temin etmek ve maliyetleri azaltmak iken, gelişmekte olan ekonomilerde sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak ön plana çıkmakta; her iki durumda da eş zamanlı ekonomik ve çevresel faydalar sağlanmaktadır (Saraç vd., 2025).

Organize Sanayi Bölgeleri (OSB), Türkiye'de bu tür bir simbiyozun büyük ölçekte uygulanmasını sağlayan temel kurumsal araçlardır (Aydın vd., 2025; Saraç vd., 2025). Türkiye'de sanayi parklarının karşılığı olarak 1960'lı yıllardan bu yana faaliyet gösteren OSB'ler, planlı sanayileşme ve istihdam yaratılmasında önemli bir rol oynamıştır. OSB'lerin yeşil dönüşümü, Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü'nün (UNIDO) yeşil sanayi tanımı

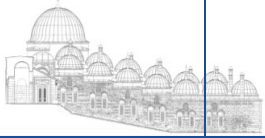
çerçevesinde şekillenmektedir. Bu yaklaşım; ekonomik büyümeyi kaynak kullanımı ve kirlilikten ayrıştırırken atıkların en aza indirilmesini, yenilenebilir kaynakların yakıt ve ham madde olarak kullanılmasını ve çalışanların, toplumların ve çevrenin korunmasını kapsamaktadır (Aydın vd., 2025). OSB'lerde atık ısı geri kazanımı, suyun yeniden kullanımı ve yan ürün değişimine yönelik ortak altyapının geliştirilmesi, Türkiye'nin 2035 hedefine doğru döngüsel malzeme kullanım oranını artırmak için kısa vadede uygulanabilecek en yönetilebilir araçlardan biridir (Aydın vd., 2025). Çevresel sürdürülebilirlik, yeşil sanayi yaklaşımı aracılığıyla uluslararası entegrasyonu hedefleyen 2015-2018 Sanayi Strateji Belgesi'nde de sektör açısından öncelikli bir hedef olarak konumlandırılmıştır.

4.5. Döngüsel Ekonomi

Yeşil dönüşüm, iklim değişikliği ve kaynakların tükenmesi gibi küresel sorunları ele almanın yanı sıra sürdürülebilir ve yeşil bir ekonomi geliştirmeyi amaçlayan bir kalkınma stratejisidir. Bu dönüşümün gerçekleştirilmesinde enerji verimli çözümler, sürdürülebilir teknolojiler, düşük karbonlu kaynaklar ve yeşil yatırımlar kullanılmaktadır. Enerji sektörü, emisyon azaltım faaliyetlerinde önemli bir role sahip olduğundan, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş bu süreçte temel unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, küresel ölçekte mevcut ekonomik yapı büyük ölçüde doğrusal ekonomi modeline dayanmaktadır. Temel olarak kaynaklar çıkarılmakta, ürünler üretilmekte, kullanılmakta ve son olarak bertaraf edilmektedir. Başka bir ifadeyle, "hammadde temini-üret-satın al-bertaraf et" doğrusal ekonomi modeli, yüksek miktarda malzeme ve enerji gerektirmekte, kesintiler sonrasında uyum sağlamakta güçlük çeken küresel tedarik ağlarına bağımlı olmakta ve önemli miktarda atığa ve çevre üzerinde olumsuz etkilere yol açan sınırlı kullanımlı ürünlere öncelik vermektedir.

Öte yandan, döngüsel ekonomi, kapalı döngü bir sistem geliştirmek amacıyla kaynakların geri dönüştürülmesine, malzemelerin yeniden kullanılmasına ve atıkların en aza indirilmesine daha fazla öncelik vermektedir. Bu strateji, sera gazı emisyonlarını azaltmakta, ürünlerin kullanım ömrünü uzatmakta ve doğal kaynakları korumaktadır. Döngüsel ekonomiye geçiş için atıkların önlenmesi, yeşil tasarım ve ileri geri dönüşüm teknolojileri gibi çevre dostu atık yönetimi yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Başka bir ifadeyle, farklı tanımlar ve uygulama standartları bulunmasına rağmen, döngüsel ekonominin genel olarak üç temel kavrama dayandığı kabul edilmektedir: atık ve kirliliğin ortadan kaldırılması, ürün ve kaynakların kullanımda tutulması ve doğal süreçlerin yenilenmesi. Doğrusal modelden uzun vadeli kaynak verimliliğine önem veren daha sürdürülebilir bir sisteme geçiş yapılabilmesi için bu kavramlar kritik öneme sahiptir.

Döngüsel ekonomi politikasının neden yalnızca atık yönetimiyle sınırlandırılamayacağını anlamanın anahtarı, bu dönüşümün sistemik niteliğinde yatmaktadır. Bireysel teknik çözümler bütünü olmaktan ziyade üretim, tüketim ve yönetişim sistemlerinde koordineli bir değişim



olarak ele alınan döngüsel ekonomi, kaynak verimliliği politikasını iklim değişikliğinin azaltılmasıyla doğrudan ilişkilendirmektedir. Üretici sorumluluğunun genişletilmesi, ikincil malzeme piyasalarının güçlendirilmesi ve değer zincirlerinin sürdürülebilirlik ile yeniden kullanım temelinde yapılandırılması; yalnızca üretim ve faaliyet süreçlerinin karbonsuzlaştırılmasıyla elde edilemeyecek ölçüde emisyon azaltımı sağlamakta ve döngüsel ekonomi politikasını iklim politikasına paralel bir hedef olmaktan çıkararak temel bir yaklaşım hâline getirmektedir (Uyduranoğlu, 2025; Güloğlu vd., 2025).

Ayrıca, döngüsel ekonomi girişimleri Türkiye'de önemli bir ivme kazanmıştır. 2053 Net Sıfır Emisyon hedefi doğrultusunda, kaynak verimliliğini artırmak, atık oluşumunu azaltmak, döngüsel iş modellerini desteklemek ve sürdürülebilir üretim ve tüketim uygulamalarını güçlendirmek amacıyla Ulusal Döngüsel Ekonomi Stratejisi ve Eylem Planı (2025-2028) uygulamaya konulmuştur. Bunun yanı sıra, Türkiye'nin Döngüsel Ekonomiye Geçiş Potansiyelinin Değerlendirilmesi Teknik Destek Projesi (DEEP/UDESEP) kapsamında, döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanmasını desteklemek amacıyla Tek Kullanımlık Plastikler, Deniz Çöpleri ve Mikroplastikler Yol Haritası geliştirilmiştir. Yol haritası; 2025-2027 (kısa vadeli), 2028-2032 (orta vadeli) ve 2033 ve sonrası (uzun vadeli) olmak üzere üç uygulama dönemine ayrılmış toplam 44 stratejik eylem ortaya koymaktadır. Bu eylemler: tek kullanımlık plastik tüketiminin azaltılmasına, ayrı toplanan ve geri dönüştürülen plastik atıkların miktar ve kalitesinin artırılmasına, deniz atıklarının ve mikroplastiklerin ekosistemlere sızmasının önlenmesine, eko-tasarım ve yeniden kullanılabilir ürünlerin teşvik edilmesine, genişletilmiş üretici sorumluluğunun güçlendirilmesine ve eğitim ile davranış değişikliği yoluyla kamu farkındalığının artırılmasına odaklanmaktadır. Bu politika araçları bir bütün olarak plastik döngüselliğinin geliştirilmesi ve Türkiye'nin kaynak verimli ve döngüsel bir ekonomiye geçişinin hızlandırılması için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır (MoEUCC, 2025).

4.6. Endüstriyel Süreçlerin Karbonsuzlaştırılması

Endüstriyel karbonsuzlaştırma, endüstriyel rekabet gücünü ve uzun vadeli ekonomik dayanıklılığı korurken iklim nötrlüğüne ulaşmanın temel önceliklerinden biri hâline gelmiştir. Enerji verimliliğindeki iyileştirmeler yoluyla önemli ilerlemeler kaydedilmiş olmasına rağmen, endüstriyel emisyonlar büyük ölçüde fosil yakıtlara bağımlılık, enerji yoğun üretim süreçleri ve ham maddelerin sürekli kullanımından kaynaklanmaya devam etmektedir. Dolayısıyla, endüstriyel karbon emisyonlarının azaltılması, enerji ikamesinin ötesine geçen ve endüstriyel değer zincirleri genelinde daha temiz üretim teknolojilerini, döngüsel malzeme kullanımını, süreç optimizasyonunu ve dijital inovasyonu kapsayan kapsamlı bir dönüşüm gerektirmektedir. Demir-çelik, çimento, kimya, alüminyum, madencilik ve mineral işleme dâhil olmak üzere ağır sanayiler, yüksek sıcaklık gerektiren süreçleri ve önemli miktardaki malzeme talepleri nedeniyle endüstriyel sera gazı emisyonlarının büyük bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle, söz konusu sektörler teknolojik modernizasyon yoluyla emisyon azaltımı açısından en büyük

fırsatları sunmaktadır. Yenilenebilir elektrik kullanılarak endüstriyel ısının elektrifikasyonu, yeşil hidrojenin indirgeyici madde ve yakıt olarak kullanılması, atık ısı geri kazanım sistemleri ve gelişmiş enerji yönetimi teknolojileri, genel süreç verimliliğini artırırken fosil yakıt tüketimini önemli ölçüde azaltabilir. Buna paralel olarak, geri dönüştürülmüş girdilerin ve ikincil hammaddelerin payının artırılması, birincil kaynakların çıkarılması ve malzeme işlenmesiyle ilişkili karbon yoğunluğunu azaltmaktadır.

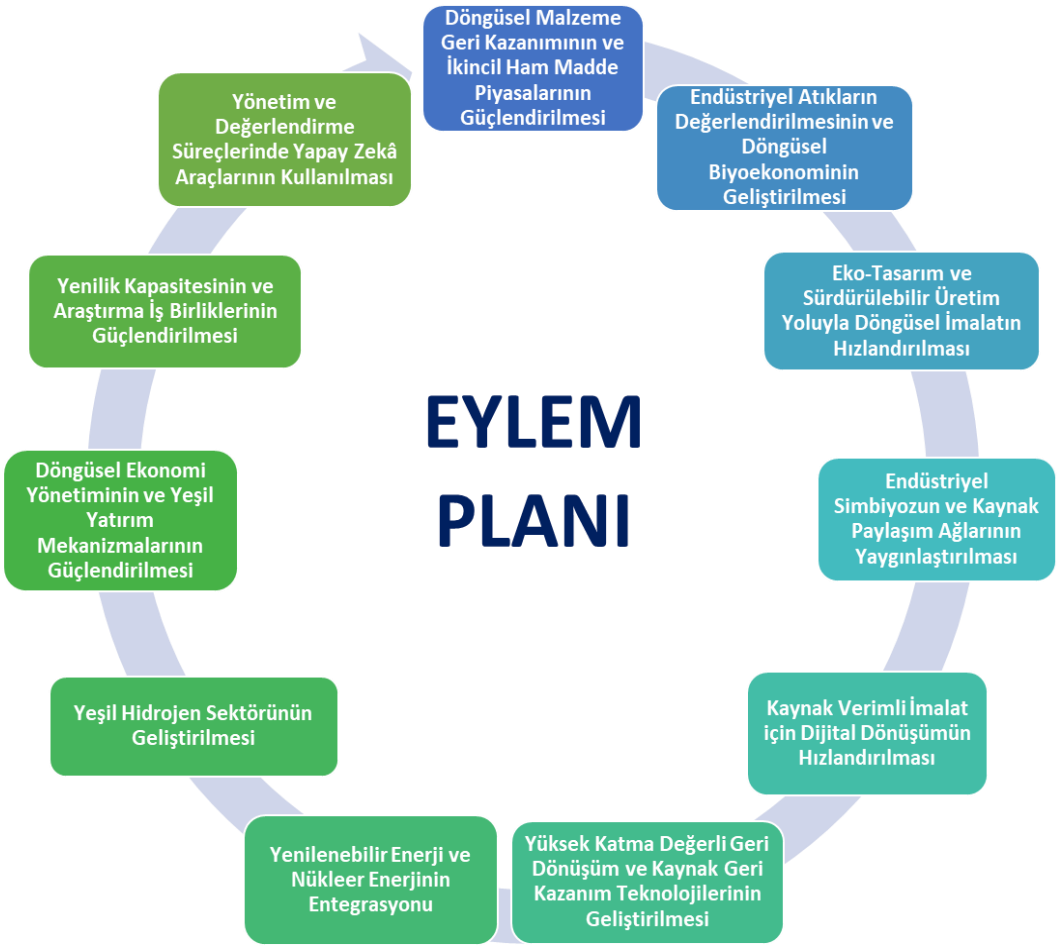
Malzeme verimliliği, endüstriyel karbonsuzlaştırmanın temel bir bileşeni olarak giderek daha fazla kabul görmektedir. Üretime dâhil edilen her bir ton geri dönüştürülmüş çelik, alüminyum, kâğıt, cam veya plastik; madencilik, taşımacılık ve birincil üretimle ilişkili önemli miktardaki üretim öncesi emisyonların önlenmesini sağlamaktadır. Benzer şekilde, onarım, yenileme, yeniden imalat ve bileşen geri kazanımı yoluyla ürünlerin kullanım ömürlerinin uzatılması, yeni malzemelere olan talebi azaltırken ürün yaşam döngüleri boyunca gömülü enerjinin korunmasını sağlamaktadır. Bu döngüsel stratejiler eşzamanlı olarak emisyonları azaltmakta, kaynak verimliliğini artırmakta ve tedarik zincirlerinin dayanıklılığını güçlendirmektedir. Dijital dönüşüm, enerji tüketiminin, malzeme akışlarının, süreç emisyonlarının ve ekipman performansının gerçek zamanlı olarak izlenmesine olanak sağlayarak endüstriyel karbonsuzlaştırmayı daha da hızlandırmaktadır. YZ, endüstriyel nesnelerin interneti, dijital ikizler ve blok zincir tabanlı izlenebilirlik sistemleri veriye dayalı karar alma süreçlerini desteklemekte, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamakta, üretim kayıplarını azaltmakta ve üretim süreçlerinin verimliliğini artırmaktadır. Bu bağlamda endüstriyel karbonsuzlaştırmanın gerçekleştirilmesi, destekleyici politika araçlarına ve finansal mekanizmalara da bağlıdır. Karbon fiyatlandırması, yeşil kamu alımları, eko-tasarım düzenlemeleri, asgari geri dönüştürülmüş içerik standartları, sürdürülebilir finansman, araştırma ve yenilik teşvikleri ile kamu-özel sektör ortaklıkları, düşük karbonlu yatırımların hızlandırılmasında ve teknolojik risklerin azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır (Engin, 2025). Bu nedenle, büyük ölçekli endüstriyel dönüşüm için uygun bir ortam oluşturulmasında hükümetler, sanayi, akademi ve finans kuruluşları arasındaki koordineli iş birliği büyük önem taşımaktadır. Türkiye açısından endüstriyel karbonsuzlaştırma yalnızca çevresel bir yükümlülük değil, aynı zamanda stratejik bir ekonomik fırsat oluşturmaktadır. Yerel döngüsel malzeme piyasalarının güçlendirilmesi, yenilenebilir enerji entegrasyonunun yaygınlaştırılması, endüstriyel elektrifikasyonun artırılması ve düşük karbonlu üretim teknolojilerinin benimsenmesi, ulusal 2053 Net Sıfır Emisyon hedefini desteklerken "Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması" gibi mekanizmalar kapsamında ihracat rekabetçiliğini artıracaktır. Bu önlemlerin uzun vadeli sanayi politikalarına entegre edilmesi, dayanıklı, kaynak verimli ve küresel ölçekte rekabetçi bir yeşil sanayi ekonomisine geçişi hızlandıracaktır.

Ayrıca, karma ve imtiyazlı finansmana erişim, Türkiye'nin sanayi altyapısının bu dönüşümü gerçekleştirmesinde belirleyici bir kolaylaştırıcıdır (Azbar, 2025; Özcan, 2025). Türk sanayisi; Katılım Öncesi Yardım Aracı, Türkiye Yatırım Platformu, Sınır Ötesi İş Birliği Programları ve Birlik Programları dâhil olmak üzere çeşitli AB araçlarından yararlanabilmektedir. Bu araçlar;

yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği altyapısını, akıllı ulaşım sistemlerini, KOBİ'lerin yeşil üretim teknolojilerine geçişini ve dijital kapasitelerinin geliştirilmesini, iklim-akıllı tarımı ve yeşil kentsel altyapıyı desteklemektedir. Bu finansman araçları, kamu ve özel sektör kaynaklarının etkin biçimde bir araya getirilmesini sağlayarak yeşil dönüşüme yönelik yatırımların artırılmasına ve daha geniş ölçekte hayata geçirilmesine önemli katkı sağlamaktadır. Bu kaldıraç etkisinin hayata geçirilmesi, AB'ye uyumun yalnızca bir mevzuata uyum süreci olarak değerlendirilmesi yerine, özel sektörün kamu kurumlarıyla koordinasyon içerisinde bu mekanizmalara doğrudan katıldığı bütüncül ve proaktif bir yaklaşımı gerektirmektedir (Özcan, 2025). Küçük ve orta büyüklükteki işletmelere özellikle önem verilmesi gerekmektedir. LED aydınlatma, atık ısı geri kazanımı ve verimli motor sistemleri gibi enerji verimliliği yatırımları %20'ye varan enerji tasarrufu sağlayabilirken, "Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması" ile ilişkili karbon maliyetlerinden kaçınılması, KOBİ'lerin düşük karbonlu ve döngüsel üretim uygulamalarını erken dönemde benimsemeleri için doğrudan bir rekabet avantajı sağlamaktadır (Azbar, 2025).

4.7. Sürdürülebilir Malzeme Döngüselliği Eylem Planı

Yeşil sanayileşmenin gerçekleştirilmesi, döngüsel malzeme kullanımının geliştirilmesinin birbirini tamamlayan çeşitli stratejik önceliklerden birini oluşturduğu, endüstriyel üretim sistemlerinin kapsamlı bir dönüşümünü gerektirmektedir. Bu nedenle ilerleme; endüstriyel karbonsuzlaştırma, temiz üretim, yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması, dijital dönüşüm, endüstriyel simbiyoz, kaynak verimliliği ve sürdürülebilir malzeme yönetimini kapsayan bütünleşik eylemlerle desteklenmelidir. Yeşil sanayileşmeye ve döngüsel ekonomiye geçişi hızlandırmak amacıyla önerilen stratejik öncelikler Şekil 4.14'te özetlenmektedir. Aşağıdaki stratejik eylemler, döngüsel bir sanayi ekonomisine geçişin hızlandırılması açısından en kritik öncelikleri temsil etmektedir:



Şekil 4.14 *Yeşil sanayileşmeye yönelik stratejik temel alanlar ve olası eylem planları*

Eylem Planı 1

Döngüsel Malzeme Geri Kazanımının ve İkincil Ham Madde Piyasalarının Güçlendirilmesi

Döngüsel bir sanayi ekonomisine geçiş, ikincil hammadde piyasalarının güçlendirilmesi ve geri kazanılmış malzemelerin kalitesinin, erişilebilirliğinin ve kullanımının artırılmasıyla başlamalıdır. Türkiye, gelişmiş toplama, ayrıştırma ve geri dönüşüm altyapısına yönelik yatırımlara öncelik verirken, ikincil malzemelere yönelik endüstriyel güveni artıracak ulusal kalite standartları ve sertifikasyon sistemleri oluşturmalıdır. Özellikle OSB'ler bünyesinde bölgesel malzeme değişim platformlarının yaygınlaştırılması, endüstriyel yan ürünlerin ve geri kazanılmış kaynakların üreticiler arasında etkin bir şekilde dolaşımını kolaylaştıracaktır. Aynı zamanda, yeşil kamu alım politikaları ve finansal teşvikler, sanayi kuruluşlarını birincil hammaddeler yerine sertifikalı geri dönüştürülmüş alternatifleri kullanmaya teşvik etmelidir. Böylece ithalata bağımlılık azaltılabilir, kaynak güvenliği güçlendirilebilir ve DMKO artırılabilir.

Eylem Planı 2

Endüstriyel Atıkların Değerlendirilmesinin ve Döngüsel Biyoekonominin Geliştirilmesi

Endüstriyel atıklar, tüm sanayi sektörlerinde yenilikçi atık değerlendirme yöntemlerinin teşvik edilmesiyle, bir bertaraf sorunu olmaktan ziyade giderek daha fazla değerli bir ikincil kaynak olarak değerlendirilmelidir. Organik artıklar, tarımsal yan ürünler, gıda işleme atıkları, çamurlar, endüstriyel biyokütle ve karbon açısından zengin diğer atık akışları; termokimyasal, biyolojik ve elektrokimyasal dönüşüm teknolojileri aracılığıyla biyokömür, aktif karbon, biyoyakıtlar, yeşil hidrojen, biyoplastikler, yapı malzemeleri ve ileri fonksiyonel malzemeler gibi yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülmelidir. Atık değerlendirme süreçlerinin endüstriyel üretim sistemlerine entegre edilmesi; düzenli depolamaya gönderilen atık miktarını azaltırken, sera gazı emisyonlarını düşürecek, kritik kaynakların geri kazanılmasını sağlayacak ve yeni gelir kaynakları oluşturacaktır. Pilot ölçekli uygulama tesislerine, endüstriyel biyoteknolojiye ve atıklardan elde edilen ürünlerin ticarileştirilmesine yönelik yatırımların güçlendirilmesi; endüstriyel rekabet gücünü artırıp ulusal karbonsuzlaştırma hedeflerini desteklerken, kaynak verimli döngüsel biyoekonomiye geçişi de hızlandıracaktır.

Eylem Planı 3

Eko-Tasarım ve Sürdürülebilir Üretim Yoluyla Döngüsel İmalatın Hızlandırılması

Endüstriyel üretim, sürdürülebilirliği ürünün tüm yaşam döngüsüne entegre eden döngüsel üretim sistemlerine doğru, geleneksel doğrusal üretim modelinden aşamalı olarak geçiş yapmalıdır. Ürünler; üretim sırasında malzeme kayıplarını en aza indirirken dayanıklılığı, onarılabilirliği, modülerliği, yeniden üretilebilirliği ve geri dönüştürülebilirliği en üst düzeye çıkaracak şekilde tasarlanmalıdır. YDD, elektronik ürün pasaportları ve sürdürülebilir malzeme seçim yöntemlerinin yaygın olarak benimsenmesi, kaynak verimliliğini artırırken çevresel performansın iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır. Üreticilerin ürünlerini döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda yeniden tasarlamalarının teşvik edilmesi; atık oluşumunu önemli ölçüde azaltacak, ürünlerin kullanım ömrünü uzatacak ve endüstriyel sistemler içerisinde korunan değeri artıracaktır.

Eylem Planı 4

Endüstriyel Simbiyozun ve Kaynak Paylaşım Ağlarının Yaygınlaştırılması

Endüstriyel simbiyoz, endüstriyel atık akışlarının değerli üretim kaynaklarına dönüştürülmesi yoluyla Türkiye'nin yeşil sanayileşme stratejisinin temel unsurlarından biri hâline gelmelidir. OSB'ler; atık ısı, atık su, endüstriyel yan ürünler, geri kazanılmış malzemeler ve ortak altyapının komşu sanayi kuruluşları arasında paylaşıldığı bütünleşik döngüsel endüstriyel ekosistemlere dönüştürülmelidir. Bu tür iş birliğine dayalı kaynak paylaşım ağları; bertaraf

maliyetlerini azaltırken malzeme verimliliğini artıracak, sera gazı emisyonlarını düşürecek ve yüksek katma değerli kaynak geri kazanımı yoluyla yeni ekonomik fırsatlar yaratacaktır. Kamu kurumları, sanayi kuruluşları ve yerel yönetimler arasındaki iş birliğinin güçlendirilmesi, endüstriyel simbiyoz projelerinin ülke genelinde büyük ölçekte uygulanmasını daha da hızlandıracaktır.

Eylem Planı 5

Kaynak Verimli İmalat için Dijital Dönüşümün Hızlandırılması

Dijital teknolojiler, kaynak kullanımını optimize etmek ve operasyonel verimliliği artırmak amacıyla endüstriyel malzeme yönetimine tam olarak entegre edilmelidir. Yapay zekâ, blokzincir tabanlı malzeme izlenebilirliği ve gerçek zamanlı izleme sistemleri, malzeme akışlarını takip etmek, verimsizlikleri belirlemek, bakım gereksinimlerini öngörmek ve üretim kayıplarını en aza indirmek amacıyla kullanılmalıdır. Veriye dayalı üretim sistemleri, döngüsel ekonomi performansının şeffaf bir şekilde izlenmesini desteklerken sanayi kuruluşlarının kaynak verimliliğini sürekli olarak geliştirmelerine olanak sağlayacaktır. Ayrıca, ulusal bir dijital malzeme bilgi platformunun oluşturulması, veriye dayalı politika geliştirme süreçlerini kolaylaştıracak ve endüstriyel karar alma mekanizmalarını güçlendirecektir.

Eylem Planı 6

Yüksek Katma Değerli Geri Dönüşüm ve Kaynak Geri Kazanım Teknolojilerinin Geliştirilmesi

Gelecekte endüstriyel üretimin ekonomik sürdürülebilirliği, ileri geri dönüşüm teknolojileri aracılığıyla karmaşık atık akışlarından değerli malzemelerin geri kazanılabilmesine giderek daha fazla bağlı olacaktır. Bu nedenle yatırımlarda metaller, plastikler, bataryalar, elektronik atıklar, yapı malzemeleri ve kritik hammaddeler için yüksek verimli geri kazanım sistemlerine öncelik verilmelidir. Buna paralel olarak, stratejik kaynakların geri kazanımını en üst düzeye çıkarırken düzenli depolamaya gönderilen atık miktarını en aza indirmek amacıyla kentsel madencilik, kimyasal geri dönüşüm, endüstriyel biyoteknoloji ve atık değerlendirme teknolojileri yaygınlaştırılmalıdır. Geleneksel atık yönetiminden kaynak geri kazanımına geçiş, malzeme arz güvenliğini önemli ölçüde güçlendirecek ve yerli ikincil kaynak endüstrilerinin gelişimini destekleyecektir.

Eylem Planı 7

Yenilenebilir Enerji ve Nükleer Enerjinin Entegrasyonu

Endüstriyel karbonsuzlaştırma ve malzeme döngüselliği, çevresel faydaları en üst düzeye çıkarmak amacıyla eş zamanlı olarak uygulanmalıdır. İmalat sanayileri, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak için yenilenebilir elektrik kullanımını, endüstriyel elektrifikasyonu, nükleer enerjiyi, atık ısı geri kazanımını ve diğer düşük karbonlu üretim süreçlerini hızla yaygınlaştırmalıdır. Nükleer enerji, özellikle ileri reaktör teknolojileri ve küçük modüler reaktörler aracılığıyla, enerji yoğun sektörler için güvenilir ve düşük karbonlu işletme ısısı sağlayabilir. Böylece derin karbonsuzlaştırmayı desteklerken endüstriyel dayanıklılığın artırılmasına katkıda bulunabilir. Özellikle çelik, çimento, kimya, madencilik ve alüminyum üretimi gibi sektörlere öncelik verilmelidir. Bu sektörlerde yenilenebilir ve nükleer enerjinin döngüsel malzeme kullanımıyla bütünleştirilmesi, yaşam döngüsü boyunca oluşan sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir.

Eylem Planı 8

Yeşil Hidrojen Sektörünün Geliştirilmesi

Yeşil hidrojen sektörünün geliştirilmesi; endüstriyel karbonsuzlaştırmayı, enerji sistemlerinin esnekliğini ve uzun vadeli enerji güvenliğini desteklemek amacıyla hızlandırılmalıdır. Hidrojen değer zincirinin geliştirilmesi, yenilenebilir enerjiyle çalışan su elektrolizi, hidrojen depolama, taşıma ve dağıtım altyapısı ile son kullanım uygulamalarına yönelik koordineli yatırımları gerektirmektedir. Elektrolizör verimliliğinin artırılmasına, üretim maliyetlerinin düşürülmesine ve üretim tesislerini sanayi ve ulaşım sektörleriyle bir araya getiren entegre hidrojen merkezlerinin oluşturulmasına öncelik verilmelidir. Yeşil hidrojen öncelikli olarak; doğrudan elektrifikasyonun teknik veya ekonomik açıdan güç olduğu çelik, çimento, kimya, rafineri, madencilik, ağır yük taşımacılığı, deniz taşımacılığı, havacılık yakıtları ve uzun süreli enerji depolama gibi alanlarda kullanılmalıdır. Uyumlu sertifikasyon sistemlerinin, karbon yoğunluğu standartlarının, destekleyici düzenleyici çerçevelerin ve finansal teşviklerin oluşturulması ile uluslararası iş birliklerinin geliştirilmesi, hidrojen piyasasının gelişimini destekleyecek ve ticarileşme sürecini hızlandıracaktır. Araştırma ve yenilik faaliyetlerinin yanı sıra büyük ölçekli projelerin geliştirilmesi, teknolojik olgunluğun artırılmasına ve tedarik zincirlerinin güçlendirilmesine katkı sağlayarak yeşil hidrojenin düşük karbonlu ve döngüsel bir sanayi ekonomisine yönelik küresel dönüşümün temel unsurlarından biri hâline gelmesini destekleyecektir.

Eylem Planı 9

Döngüsel Ekonomi Yönetiminin ve Yeşil Yatırım Mekanizmalarının Güçlendirilmesi

Endüstrinin döngüselliğe geçişini hızlandırmak için kapsamlı bir düzenleyici ve finansal çerçevenin oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Ulusal politikalar, asgari geri dönüştürülmüş içerik gerekliliklerini belirlemeli, düzenli depolama yoluyla bertarafı aşamalı olarak sınırlandırmalı ve stratejik sanayi sektörlerinde yeşil kamu alımı uygulamalarını yaygınlaştırmalıdır. Aynı zamanda, yatırım risklerini azaltmak ve sanayi kuruluşlarını döngüsel üretim teknolojilerini benimsemeye teşvik etmek amacıyla özel yeşil yatırım fonları, vergi teşvikleri ve kamu-özel sektör ortaklıkları geliştirilmelidir. İstikrarlı bir yönetişim yapısı ve öngörülebilir finansal destek mekanizmaları, uzun vadeli endüstriyel dönüşümün geniş ölçekte hayata geçirilmesi açısından kritik öneme sahip olacaktır.

Eylem Planı 10

Yenilik Kapasitesinin ve Araştırma İş Birliklerinin Güçlendirilmesi

Uzun vadeli endüstriyel dönüşümün gerçekleştirilmesi, sürekli teknolojik yenilik ve gelişmekte olan döngüsel ekonomi teknolojilerini destekleyebilecek yüksek nitelikli bir iş gücünü gerektirmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir malzemeler, endüstriyel biyoteknoloji, ileri imalat teknolojileri, yeşil kimya, karbon kullanımı ve kaynak verimli üretim sistemlerine yönelik araştırma ve geliştirme faaliyetlerine daha fazla yatırım yapılmalıdır. Bu bağlamda, teknoloji transferini ve ticarileşme süreçlerini hızlandırmak amacıyla üniversiteler, araştırma kuruluşları, kamu kurumları, teknoloji merkezleri ve sanayi arasındaki iş birliği güçlendirilmelidir.

Eylem Planı 11

Yönetim ve Değerlendirme Süreçlerinde YZ Araçlarının Kullanılması

YZ, işletim verimliliği, kaynak optimizasyonunu ve çevresel performans değerlendirmesini geliştirmek amacıyla endüstriyel yönetim sistemlerine entegre edilmelidir. YZ destekli analizler, makine öğrenmesi algoritmaları ve tahmine dayalı modeller; malzeme akışlarının, enerji tüketiminin, atık oluşumunun, ekipman performansının ve sera gazı emisyonlarının gerçek zamanlı olarak izlenmesini destekleyebilir. Bu teknolojiler, sanayi kuruluşlarının üretim süreçlerini optimize etmesine, geri dönüşüm verimliliğini artırmasına ve ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca veriye dayalı karar alma süreçlerini güçlendirmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, döngüsel ekonomi performansını, kaynak verimliliğini, karbon ayak izini ve sürdürülebilirlik göstergelerini değerlendirmek amacıyla YZ tabanlı değerlendirme araçları kullanılmalıdır. Böylece yeşil endüstriyel dönüşüm kapsamında sürekli iyileştirme, şeffaf raporlama ve kanıta dayalı politika geliştirme süreçleri desteklenebilir.

4.7. Sonuçlar

Yeşil sanayileşmeye geçiş, artık yalnızca çevresel bir hedef değil; uzun vadeli endüstriyel rekabet gücünün, kaynak güvenliğinin ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanması açısından stratejik bir gerekliliktir. Bu rapor kapsamında sunulan analizler, artan malzeme tüketiminin, birincil kaynaklara devam eden bağımlılığın ve yükselen endüstriyel atık oluşumunun iklim sürdürülebilirliğine ulaşmanın önündeki önemli engeller olmaya devam ettiğini göstermektedir. Geri dönüşüm performansı, malzeme geri kazanımı ve döngüsel ekonomi uygulamalarında iyileşmeler gözlemlenmiş olmakla birlikte, mevcut ilerleme gelecekteki kaynak verimliliği ve karbonsuzlaştırma hedeflerine ulaşmak için yetersiz kalmaktadır. Bulgular, endüstriyel sürdürülebilirliğin yalnızca atık yönetimindeki iyileştirmeler yoluyla sağlanamayacağını göstermektedir. Bunun yerine; döngüsel malzeme kullanımı, temiz üretim teknolojileri, yenilenebilir enerji entegrasyonu, dijital üretim, endüstriyel simbiyoz ve sürdürülebilir ürün tasarımının bütünleşik bir sanayi stratejisinin birbirini tamamlayan bileşenleri olarak işlediği sistemik bir dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır. İkincil ham maddelerin kullanımının yaygınlaştırılması, geri kazanım verimliliğinin artırılması, malzemelerin yaşam döngülerinin uzatılması ve süreç kaynaklı emisyonların en aza indirilmesi; çevresel etkileri azaltırken aynı zamanda kaynak kıtlığına ve küresel tedarik zinciri kesintilerine karşı endüstriyel dayanıklılığı güçlendirecektir.

Sonuç olarak, döngüsel malzeme kullanımının geliştirilmesi, tek başına bir hedef olmaktan ziyade yeşil sanayileşmeyi mümkün kılan temel bileşenlerden biri olarak değerlendirilmelidir. Sürdürülebilir endüstriyel dönüşüm; endüstriyel karbonsuzlaştırma, temiz üretim, yenilenebilir enerji entegrasyonu, endüstriyel simbiyoz, dijital üretim, sürdürülebilir malzeme yönetimi ve döngüsel ekonomi uygulamalarının eş zamanlı olarak hayata geçirilmesini gerektirmektedir. Bu doğrultuda, döngüsellik göstergeleri her zaman tamamlayıcı çevresel ve endüstriyel performans göstergeleriyle birlikte değerlendirilmelidir. Bu kapsamda, sürdürülebilir yeşil sanayileşmenin gerçekleştirilmesi için aşağıda sıralanan çeşitli stratejik önceliklerin dikkate alınması ve buna uygun şekilde uygulanması gerekmektedir:

- Gelişmiş bir yeşil sanayileşme artık bir seçenek değil, stratejik bir gerekliliktir. Küresel malzeme çıkarımı 1970 yılında 30 milyar ton iken 2024 yılında 106 milyar tonun üzerine çıkmış, buna karşılık küresel ekonomiye giren malzemelerin yalnızca %6,9'u ikincil kaynaklardan sağlanmıştır. Bu durum, döngüsel malzeme kullanımının hızlandırılmasına yönelik acil ihtiyacı ortaya koymaktadır.

- Eko-tasarım ilkeleri yaygınlaştırılarak ürünlerin daha dayanıklı, onarılabilir, modüler ve geri dönüştürülebilir şekilde tasarlanması teşvik edilmelidir.

- Endüstriyel döngüselliğin gelişimi umut verici olmakla birlikte hala yetersizdir. AB Döngüsel Malzeme Kullanım Oranı 2014 yılında %11,1'den 2024 yılında %12,2'ye

yükselmiş olmasına rağmen, malzeme talebinin yaklaşık %88'i hâlen birincil hammaddelere dayanmaktadır. COP31-2035 kapsamında en az %15 döngüsel malzeme kullanımı hedefi, endüstriyel dönüşümün hızlandırılması için uygulanabilir bir ölçüt oluşturmaktadır.

- Döngüsel malzeme kullanımı ve endüstriyel karbonsuzlaştırma birlikte ilerlemelidir. Başka bir ifadeyle, yenilenebilir elektrik, endüstriyel elektrifikasyon, yeşil hidrojen ve ikincil hammaddelerin kullanımı; endüstriyel etkinliği ve kaynak güvenliğini güçlendirirken sera gazı emisyonlarının azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır.

- Geri kazanım odaklı üretim, giderek baskın bir endüstriyel yaklaşım hâline gelmektedir. Türkiye'de 2024 yılında imalat atıklarının %70,1'i geri kazanım ve işleme tesislerine gönderilirken yalnızca %10,8'i düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmiştir. Bu durum, kaynak geri kazanımının endüstriyel sürdürülebilirlik açısından giderek artan rolünü ortaya koymaktadır.

- Dijitalleşme, endüstriyel simbiyoz ve yenilik, dönüşümün stratejik itici güçleridir. YZ, dijital üretim, endüstriyel simbiyoz ve ileri geri dönüşüm teknolojileri; malzeme verimliliğinin artırılması ve döngüsel üretimin hızlandırılması için temel oluşturmaktadır.

- YDD'si, malzeme akış analizi ve döngüsellik göstergelerinin, endüstriyel planlama ve performans izlemede karar destek araçları olarak bütünleştirilmesine kritik düzeyde ihtiyaç duyulmaktadır.

- Yeşil sanayileşmeyi desteklemek amacıyla yenilenebilir kaynaklardan sürdürülebilir malzeme üretimine yönelik yatırımlar son derece sınırlıdır. Bu nedenle biyobazlı malzemeler, ileri imalat teknolojileri, sürdürülebilir kimyasallar, endüstriyel biyoteknoloji ve düşük karbonlu üretim teknolojilerine yönelik yatırımların artırılması gerekmektedir.

- Kamu kurumları, sanayi kuruluşları, akademi, finans kuruluşları ve teknoloji sağlayıcıları, yenilik ve teknoloji transferini hızlandırmak amacıyla iş birliği içerisinde çalışmalıdır.

- 2035 yılına yönelik hedef açık ve ölçülebilir bir şekilde tanımlanmıştır. Bu bölümde önerilen 11 stratejik eylem, 2035 yılına kadar en az %15 döngüsel malzeme kullanımına ulaşılması için uygulanabilir bir çerçeve sunarken, kaynak verimli ve düşük karbonlu endüstriyel kalkınma yoluyla Türkiye'nin 2053 Net Sıfır Emisyon hedefini de desteklemektedir.

Genel olarak, yeşil sanayileşme, birbirinden bağımsız çevresel önlemler bütünü olarak değil, endüstriyel sistemlerin kapsamlı bir dönüşümü olarak değerlendirilmelidir. Döngüsel malzeme kullanımı, düşük karbonlu teknolojiler, kaynak verimliliği, dijital yenilik ve sürdürülebilir sanayi politikalarının bütünleştirilmesiyle Türkiye, daha düşük çevresel etkiyle daha yüksek ekonomik değer üretebilen dayanıklı bir imalat sektörü oluşturma fırsatına sahiptir. Bu stratejilerin başarılı bir şekilde uygulanması; endüstriyel rekabet gücünü artıracak, sera gazı emisyonlarını azaltacak, kaynak güvenliğini güçlendirecek ve Türkiye'nin sürdürülebilir, çevre dostu ve döngüsel bir ekonomiye geçiş sürecindeki konumunu güçlendirecektir.

Referanslar

Aydın, A., Güler, T., & Hakseven, K. N. (2025). Yeşil Mutabakat ve organize sanayi bölgeleri. In M. E. Aydın & E. Debik (Eds.), Endüstride yeşil dönüşüm (TÜBA Raporlar No: 66) (pp. 256-282). Türkiye Bilimler Akademisi.

Aydın, M. E., & Aydın, S. (2025). Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye. In M. E. Aydın & E. Debik (Eds.), Endüstride yeşil dönüşüm (TÜBA Raporlar No: 66) (pp. 43-58). Türkiye Bilimler Akademisi.

Azbar, N. (2025). Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında risklerin ve fırsatların değerlendirilmesi: KOBİ'lerin stratejik rolü. In M. E. Aydın & E. Debik (Eds.), Endüstride yeşil dönüşüm (TÜBA Raporlar No: 66) (pp. 225-238). Türkiye Bilimler Akademisi.

CEF (Circle Economy Foundation), 2024, The Circularity Gap Reports, Available: https://circularity-gap.world/report/2024. Access Date: 10 July 2026.

DOE (U.S. Department of Energy), 2024, Circularity for Secure and Sustainable Products and Materials: A Draft Strategic Framework.

EEA (Europen Environment Agency), Waste recycling in Europe, Available: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/waste-recycling-in-europe. Access Date: 10 July 2026.

Engin, T. (2025). Yeşil Mutabakat çerçevesinde üniversite-sanayi iş birliği. In M. E. Aydın & E. Debik (Eds.), Endüstride yeşil dönüşüm (TÜBA Raporlar No: 66) (pp. 283-302). Türkiye Bilimler Akademisi.

EPA (Environmental Protection Agency), 2025a, Overview of greenhouse gases. Available: https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-overview. Access Date: 10 July 2026.

EPA (Environmental Protection Agency), 2026b, Trends in Waste Management. Available: https://www.epa.gov/trinationalanalysis/trends-waste-management. Access Date: 10 July 2026.

ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı), 2026, TC. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Available: https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-bm-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi. Access Date: 10 July 2026.

Eurostat, 2024, Material flow diagram, Available: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/sankey/circular_economy. Access Date: 10 July 2026.

Eurostat, 2026, Circular material use rate, Available: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_srm030/default/table?lang=en. Access Date: 10 July 2026.

Güloğlu, B., Atik, Z., Benotsmane, R., & Benbouziane, R. M. (2025). Döngüsel ekonomi: Sürdürülebilir kalkınma için sistemik bir geçişin dinamikleri. In M. E. Aydın & E. Debik (Eds.), Endüstride yeşil dönüşüm (TÜBA Raporlar No: 66) (pp. 303-334). Türkiye Bilimler Akademisi.

IEA (International Energy Agency), 2020, Technology needs for heavy industries, Available: https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020/technology-needs-for-heavy-industries. Access Date: 10 July 2026.

Özcan, B. (2025). Türkiye'de sanayinin yeşil dönüşümü için AB fonları: Kazanımlar, fırsatlar ve stratejik yaklaşımlar. In M. E. Aydın & E. Debik (Eds.), Endüstride yeşil dönüşüm (TÜBA Raporlar No: 66) (pp. 335-352). Türkiye Bilimler Akademisi.

Saraç, G., Engin, G., & Koca Akkaya, E. (2025). Yeşil dönüşüm ve döngüsel ekonomi kapsamında endüstriyel simbiyoz temelli çözümler. In M. E. Aydın & E. Debik (Eds.), Endüstride yeşil dönüşüm (TÜBA Raporlar No: 66) (pp. 353-376). Türkiye Bilimler Akademisi.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2024, Atık İstatistikleri, Available: https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/54134. Access Date: 10 July 2026.

UNEP (United Nations Environment Programme), 2026a, World Environment Situation Room, Available: https://wesr.unep.org/data-analysis. Access Date: 10 July 2026.

UNEP (United Nations Environment Programme), 2026b, Global Material Flows Database, Available: https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database. Access Date: 10 July 2026.

UNEP-IRP (United Nations Environment Programme-International Resource Panel), 2024, Global Resources Outlook 2024. Available: https://www.unep.org/resources/Global-Resource-Outlook-2024. Access Date: 10 July 2026.

Uyduranoğlu, A. (2025). İklim değişikliği ve döngüsel ekonomi. In M. E. Aydın & E. Debik (Eds.), Endüstride yeşil dönüşüm (TÜBA Raporlar No: 66) (pp. 23-42). Türkiye Bilimler Akademisi.

WBG (World Bank Group), 2026, Global Snapshot of Solid Waste Management toward Circularity until 2050. Available: https://www.worldbank.org/en/publication/what-a-waste. Access Date: 10 July 2026.



BÖLÜM 5

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KONUSUNDA

EĞİTİM VE FARKINDALIĞI ARTIRMA

Özet

İklim değişikliğiyle mücadele ve uyum çabalarının başarısı, insanların ne bildiğine, neye inandığına ve ne yapmaya donanımlı olduğuna bağlıdır. Bu bölüm, iklim eğitimi ile iklime dirençli tarım eğitimini tek ve bütünleşik bir uygulama hedefi olarak ele almanın gerekçesini ortaya koymaktadır. 2035 yılına kadar iklim değişikliği ve iklime dirençli tarım eğitiminin; örgün eğitim, mesleki yayım hizmetleri ve yaşam boyu öğrenmeyi kapsayan koordineli bir mimari aracılığıyla toplumun %100'üne ulaştırılması gerekmektedir. Bu bölüm, özellikle çocuklara, gençlere, öğretmenlere ve mesleki ve teknik eğitime özel bir önem atfetmekte; yeşil becerilerin, anlamlı gençlik katılımının ve iklime dirençli eğitim sistemlerinin bu hedefin isteğe bağlı eklentileri değil ön koşulları olduğunu savunmaktadır. Türkiye'nin gelişmekte olan kurumsal çerçevesi on tematik alanı kapsayan Millî Eğitim Bakanlığı iklim eylem planı, bir pilot uygulamaya dayanan sağlık sektörü iklim müfredatı ve kapasite geliştirme ile farkındalığı her ekonomik sektör genelinde bağımsız bir sütun olarak tanımlayan bir Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi operasyonel bir şablon olarak sunmaktadır. Bu ulusal şablon; tarımsal bilgi ile arazi düzeyinde benimseme arasındaki süregelen boşluğa ilişkin uluslararası çerçevelerin belgelediği müfredat reformu, öğretmen hazırlığı ve gençlik katılımı arasındaki küresel boşlukla birlikte değerlendirilmektedir. Bölüm, "%100"ün dört farklı anlamı etrafında kurgulanmış bir eylem planıyla sona ermektedir. Bunlar evrensel erişim, kurumsal kapsama, öncelikli meslek tamamlama oranı ve ölçülebilir davranış değişikliğidir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği eğitimi, İklime dirençli tarım, Kamuoyu farkındalığı, Tek Sağlık, Afet ve çatışma dirençliliği

5.1. Giriş

Bu Eylem Planı'nın önceki bölümleri, ağırlıklı olarak teknoloji, sermaye ve mevzuat tarafından tanımlanan dört dönüşümü, elektrifikasyonu, sıfır atık ve metanı, dirençli bina ve şehirleri ve yeşil sanayileşmeyi ele almaktadır. Bu bölüm, söz konusu dört dönüşümün nihai olarak bağlı olduğu dönüşümü ele almaktadır. Bunlar sistemleri işleten, düzenleyen, finanse eden ve kullanan insanların ne yapmaları gerektiğini bilip bilmediği, kendilerine sunulan bilgiye güvenip güvenmediği ve bu bilgi doğrultusunda harekete geçip geçemediğidir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve UNFCCC'nin İklim Gücünü Artırmaya Yönelik Eylem (Action for Climate Empowerment - ACE) çerçevesi; eğitim, öğretim, kamuoyu farkındalığı, kamuoyu katılımı, bilgiye erişim ve uluslararası iş birliğini, uyum ve azaltım tedbirlerinin ölçek düzeyinde sürdürülebilmesi için vazgeçilmez altı unsur olarak tanımlamaktadır (UNESCO & UNFCCC, 2016; UNESCO, 2020). ACE'nin öncülü 1992 UNFCCC metnine yazıldığından bu yana yirmi dokuz yıl geçmiş olmasına rağmen, bu unsur çok taraflı iklim rejiminin en az kaynak ayrılan ve en az ölçülen boyutlarından biri olmayı sürdürmektedir.

Buradaki boşluk, bir teknolojinin veya uygulamanın var olması ile bunun önem taşıyacak ölçekte benimsenmesi arasındadır. BM Gıda ve Tarım Örgütü, Uluslararası Tarımsal Kalkınma Fonu ve İslam Kalkınma Bankası; Türkiye'nin de aralarında bulunduğu on ülke genelinde küçük ölçekli çiftçiler için uygun maliyetli ve aktarılabilir iklim-akıllı teknolojileri haritalandırdıkları çalışmalarında, bir teknoloji deneme koşullarında ne kadar iyi performans gösterirse göstersin, eğitim ve yayım desteğinin bulunmadığı her yerde benimsenmenin sınırlı kaldığını tespit etmişlerdir (FAO, IFAD, & IsDB, 2024). Aynı örüntü bu Eylem Planı boyunca tekrarlanmaktadır: hayvan gübresi asitlendirmesi, sıvı gübrenin pH değeri 5,5 veya altında tutulduğunda metan emisyonlarını %82-86 oranında azaltabilmekte, ancak buna eşlik eden eğitim, izin desteği ve bölgesel uyarlama olmadığında benimsenme düşük kalmaktadır; bu bulgu, gübre yönetimi konusundaki benimseme literatüründe disiplinler arası olarak da yankı bulmaktadır (Larson vd., 2026). Buradan çıkan ders geneldir: eğitim ve yayım, doğrulanmış bir uygulama ile bir çiftlik, bir sınıf veya bir hane arasındaki anlayış farkını kapatmadıkça, hiçbir sübvansiyon, yönetmelik veya karbon fiyatı kombinasyonu bu farkı kendi başına kapatamamaktadır.

Bu doğrultuda bu bölüm, diğer dört hedefle birlikte ele alınmak üzere beşinci bir 2035 Küresel Uygulama Hedefi önermektedir: iklim değişikliği ve iklime dirençli tarım eğitiminin, 2035 yılına kadar toplumun (çocukların, gençlerin, yetişkinlerin, çiftçilerin, öğretmenlerin, kamu görevlilerinin, sağlık çalışanlarının, özel sektör çalışanlarının, medya profesyonellerinin ve kırılgan grupların) %100'üne ulaştırılması. Bölüm 5.2, küresel ve Türkiye özelinde eğitim-eylem boşluğunun boyutunu ortaya koymaktadır. Bölüm 5.3, iklime dirençli tarım eğitiminin teknik kapsamını tanımlamaktadır. Bölüm 5.4, eğitimin nasıl sunulduğunu ve başlıca bunun benimsenmiş uygulamaya nasıl dönüştürüldüğünü ele almaktadır. Bölüm 5.5, çocuklara ve

gençlere özgü iklim eğitimi ve beceri gelişimini ele almaktadır. Bölüm 5.6, üzerine bir uygulama mimarisi inşa edilebilecek, Türkiye'de hâlihazırda işleyen kurumsal mekanizmaları belgelemektedir. Bölüm 5.7 bir eylem planı ortaya koymakta, Bölüm 5.8 ise sonuçları sunmaktadır.

5.2. Küresel ve Ulusal Eğitim-Eylem Boşluğu

Farkındalık ve eğitim açığının boyutu en iyi biçimde sektör bazında ele alındığında görülmektedir. Tarımda Türkiye, toplam tatlı su çekiminin yaklaşık %77'sini sulama için kullanmakta olup bu durum sektörü iklim kaynaklı su stresine son derece açık hâle getirmektedir. Bu maruziyetin ne ölçüde yönetildiği, yalnızca su varlığına değil, çiftçilerin kısıtlı sulama, sensör tabanlı programlama ve kuraklığa uyumlu ekim konusunda eğitim alıp almadığına bağlıdır (Angın, 2025). Gıda sistemlerinde, TÜBA'nın gıda, su kaybı ve israfına ilişkin değerlendirmesi, dünya genelinde üretilen gıdanın yaklaşık üçte birinin kaybedildiğini veya israf edildiğini; bunun yalnızca gıdanın kendisini değil, içine gömülü arazi, su, enerji, gübre, emek ve ekonomik değeri de temsil ettiğini ortaya koymaktadır. Kayıplar, temel eğitim ve düşük maliyetli teknolojinin büyük azaltımlar sağlayabileceği tedarik zinciri noktalarında (hasat zamanlaması, soğuk zincir uygulaması, depolama) orantısız biçimde yoğunlaşmaktadır (Şahin & Erol, 2024). Genetik kaynaklar bakımından, yerel olarak uyum sağlamış tohum çeşitlerinin dar bir ticari çeşit havuzu lehine erozyona uğraması, iklim uyumunun en çok ihtiyaç duyacağı kuraklık ve sıcağa dayanıklı genetik materyali tam olarak ortadan kaldırmaktadır. Bu risk, ancak çiftçilerin, ıslahçıların ve tohum bankalarının bu materyali korumak üzere eğitilmesi ve kaynak sağlanması hâlinde önlenebilmektedir (Balkaya, 2024).

Bu boşluk yalnızca çiftçilerle sınırlı değildir. TÜBA'nın alternatif gıda kaynaklarına ilişkin değerlendirmesi, sürdürülebilir üretimin altta yatan teknolojinin geliştirilmesi kadar üreticilerin ve tüketicilerin eğitilmesine, güvenilir etiketlemeye ve etkin denetime de bağlı olduğunu belgelemektedir (Şahin, 2024). TÜBA'nın mikroplastikler ve endokrin bozuculara ilişkin incelemesi de benzer biçimde, bilim insanlarını, kamu kurumlarını, yerel yönetimleri, sivil toplumu, medyayı ve halkı ortak bir kanıt tabanına dâhil etmenin hem bilimsel farkındalığı hem de politika yapma kapasitesini ölçülebilir biçimde güçlendirdiğini ortaya koymaktadır. İklim okuryazarlığına ilişkin bir şablonun, tarımsal okuryazarlıkla birlikte inşa edilmesi gerekmektedir (Aydın & Tayanç, 2024). Tarımsal biyoçeşitlilik bu maruziyeti daha da artırmaktadır: monokültüre devam edilmesi, değişen bir iklim altında zararlılara, hastalıklara ve verim kayıplarına karşı kırılganlığı artırmakta; bu riskleri hafifleten doğal düşmanların ve toprak organizmalarının erozyona uğraması ise eğitimsiz üreticilerin uygulamaları tarafından bizzat hızlandırılmaktadır (Asim vd., 2025; Çakmakçı, 2024; Köksel & Acar, 2024).

Bunların hiçbiri yalnızca tarıma özgü bir sorun değildir. Gıda ve Tarım Örgütü, Dünya Sağlık Örgütü, Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü ve BM Çevre Programı tarafından ortaklaşa benimsenen Tek Sağlık çerçevesi, insan, hayvan, bitki ve ekosistem sağlığının sürdürülebilir biçimde dengelenmesine yönelik bütünleşik bir yaklaşım tanımlamaktadır (Erol, 2025). İklim değişikliği; ormansızlaşma ve tarımsal genişlemeden hastalık vektörlerinin daha önce etkilenmeyen bölgelere coğrafi yayılımına uzanan mekanizmalar yoluyla, bu çerçevenin yönetmek üzere var olduğu zoonotik ve vektör kaynaklı hastalık manzarasını yeniden şekillendiren başlıca güçlerden biridir (Timurkan, 2025). Bu iç içe geçmiş riskleri tanıyacak biçimde eğitilmemiş bir sağlık iş gücü, bir tarım iş gücü ve genel bir kamuoyu, temeldeki bilim veya politika ne kadar sağlam olursa olsun bu risklere etkin biçimde yanıt vermesi beklenemez.

5.3. İklime Dirençli Tarım Eğitimi: Teknik Kapsam

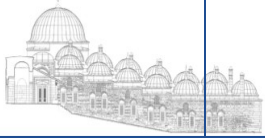
İklime dirençli tarım eğitimi tek bir genel modül olamaz; bölgesel iklime, çiftlik ölçeğine ve üretim sistemine uyarlanmış biçimde, bir üreticinin üretim döngüsü boyunca aldığı kararların tamamını kapsamalıdır.

5.3.1. Su Yönetimi

Öncelikli eğitim; damla ve sensör destekli sulama programlaması, toprak nemine dayalı su bütçelemesi, yağmur suyu hasadı, kuraklık yılları için ürün ve su planlaması, tuzluluk ve drenaj yönetimi ve arıtılmış atık suyun sulamada güvenli kullanımını kapsamaktadır. Tarımın hâlihazırda ulusal tatlı su çekiminin yaklaşık dörtte üçünü oluşturduğu göz önüne alındığında, su verimliliği eğitimi, sektöre yönelik tekil müdahaleler arasında en yüksek getiriyi sağlayanlardan biridir (Angın, 2025).

5.3.2. Toprak Sağlığı

Toprak testine dayalı gübreleme, organik madde oluşturma, ürün rotasyonu ve örtü bitkisi ekimi, azaltılmış toprak işleme ve kompost, çürütülmüş atık (digestat) ile biyokömürün güvenli agronomik kullanımının tamamı, doğru biçimde uygulanabilmesi çiftçi eğitimine bağlıdır. Yanlış dozlanmış veya zamanlaması iyi ayarlanmamış girdiler, toprak biyoçeşitliliğini korumak yerine kolaylıkla zarar da verebilmektedir (Turan & Kocaman, Şahin & Erol, 2024'te atıfla); Çakmakçı, 2024). Toprak biyoçeşitliliğinin kendisi, toprak sağlığının ve ekosistemin altta yatan üretken kapasitesinin önde gelen bir göstergesidir; bu da toprak odaklı eğitimin hem iklim hem de agronomik bir öncelik olarak ele alınması gerekliliğini pekiştirmektedir.



5.3.3. Bitkisel Üretim ve Genetik Kaynaklar

Eğitim; kuraklık ve sıcağa dayanıklı çeşitlerin seçimi, bölgeye özgü ekim ve hasat takvimleri, entegre zararlı yönetimi, agroormancılık, ürün çeşitlendirmesi ve yerel ile geleneksel tohum çeşitlerinin korunması ve kullanımını kapsamalıdır. Yerel çeşitler, tarımsal biyoçeşitliliğin en önemli yapısal göstergelerinden biri ve gelecekteki iklim uyumu için bir genetik rezervuar niteliğindedir; üreticilerin eğitimi ve bu çeşitlerin çoğaltılması ile korunmasına yönelik kurumsal destek olmaksızın, bu rezervuar, korunması için gerekçe güçlenirken dahi daralmaya devam etmektedir (Balkaya, 2024; Şaylan, 2024).

5.3.4. Büyükbaş/Küçükbaş Hayvancılık ve Kümes Hayvancılığı

Isı stresi takibi ve erken uyarı, gölgeleme, havalandırma ve soğutma sistemi tasarımı, su ve yem rezervi planlaması, iklime uyumlu barınak tasarımı, azot atılımını azaltmaya yönelik hassas besleme, gübre ve altlık yönetimi ile biyogaz, kompost ve biyokömür kullanımının tamamı, Tek Sağlık yaklaşımıyla tutarlı vektör ve hastalık riski izlemesiyle birlikte kapsanmalıdır (Erol, 2025; Timurkan, 2025). Yem tüketimi, hayvan sağlığı, barınak koşulları ve kaynak kullanımının hassas hayvancılık sistemleri, sensörler, otomasyon ve yapay zekâ tabanlı izlenmesi, verimliliği artırırken israf ve emisyonları eş zamanlı olarak azaltabilmektedir; ancak bu çiftçi eğitimi, uygun maliyetli teknoloji ve uygun finansmanın bir arada bulunması hâlinde mümkündür. Bu faydaların tamamının sağlanması için teknoloji tek başına yeterli değildir.

5.3.5. Dijital ve Hassas Tarım

Uzaktan algılama ile yapay zekânın yakınsaması, yani Coğrafi Yapay Zekâ (GeoAI), artık uyduların, insansız hava araçlarının ve hiperspektral sensörlerin bitki örtüsü sağlığı, su stresi, toprak nemi ve karbon stokları hakkında yüksek çözünürlüklü, neredeyse gerçek zamanlı veri üretmesine olanak tanımaktadır (Kavzoğlu, 2025). Özellikle küçük ölçekli üreticiler için, mobil uygulamalar ve SMS tabanlı hizmetler, bu veriyi sürekli internet erişimi gerektirmeksizin hava durumu, piyasa fiyatları ve agronomik zamanlama konusunda eyleme geçirilebilir, yerelleştirilmiş tavsiyelere dönüştürebilmektedir. Bu araçlardan elde edilecek verimlilik ve emisyon kazanımı, tamamen çiftçilerin, teknisyenlerin ve yayım görevlilerinin çıktıları yorumlamak ve bunlara göre hareket etmek üzere eğitilip eğitilmediğine bağlıdır. Aynı sonuç, bu Eylem Planı'nda ele alınan diğer her teknoloji için de geçerlidir.

5.3.6. Ekonomik ve Sosyal Dirençlilik

Tarım sigortası ve iklim riski finansmanı, kooperatifleşme, gelir çeşitlendirmesi, dijital pazarlama platformlarına erişim ve afet sonrası iyileşme planlaması konusundaki eğitim, teknik eğitimi izlemek yerine ona eşlik etmelidir; önerilen bir uygulamayı finanse edemeyen veya

çeşitlendirilmiş bir ürünü pazarlayacak bir kanalı bulunmayan çiftçiler, bu uygulamayı ne kadar iyi anlarlarsa anlasınlar benimsemeyeceklerdir. Kadın ve genç çiftçilere yönelik hedefli destek, bu bölümün önerdiği %100 kapsama hedefine ulaşılması için bir başka ön koşuldur; zira bu gruplara geleneksel yayım sistemleri tarafından orantısız biçimde yetersiz hizmet sunulmaktadır.

5.4. Toplum Genelinde Eğitim Dirençliliğinin İnşası

Evrensel kapsama, her grubun rolüne, risk maruziyetine ve karar alma gücüne göre uyarlanmış, insanların zaten bulunduğu kanallar üzerinden sunulan içerik gerektirmektedir.

Tablo 5.1 *Hedef Gruplar ve Müfredat İçeriği*

Hedef Grup	Öncelikli Eğitim İçeriği
Okul öncesi ve ilkokul	Su, enerji, doğa, atık azaltımı ve gıda israfı farkındalığı
Ortaokul	İklim bilimi, sera gazları, afet riski, sürdürülebilir tüketim
Üniversite öğrencileri	Mesleğe özgü iklim riski, uyum, karbon ve kaynak yönetimi
Mesleki ve teknik eğitim (MTE) öğrencileri ve genç çiftçiler	İklime uyumlu meslekler için yeşil beceriler: yenilenebilir enerji kurulumu ve bakımı, hassas tarım ve sulama teknisyenliği becerileri, veterinerlik ve hayvan sağlığı yardımcılığı, iklime dirençli inşaat
Öğretmenler	İklim bilimi, uygulamalı pedagoji ve yanlış bilgiyle mücadele
Çiftçiler	Su, toprak, ürün, hayvancılık, gübre, enerji ve afet yönetimi
Ziraat mühendisleri ve veterinerler	İklim riski analizi, ısı stresi, hastalık, hassas üretim, emisyonlar
Kamu görevlileri	İklim mevzuatı, yeşil bütçeleme, kamu yatırımı, afete hazırlık
Yerel yönetimler	Yerel iklim eylem planları, risk haritalama, atık yönetimi
Özel sektör	Kaynak verimliliği, tedarik zincirleri, emisyonlar ve iklim riski
Sağlık çalışanları	Sıcak, hava kirliliği, beslenme ve iklime duyarlı hastalıklar
Medya	Bilime dayalı iklim iletişimi ve dezenformasyonla mücadele
Yaşlılar ve engelli bireyler	Sıcak, sel, yangın ve acil durumlarda korunma
Tüketiciler	Gıda, ulaşım, enerji, su ve atık tercihlerinin iklim etkileri

5.4.1. Yayım ve Danışmanlık Modeli

Çiftçilere ölçek düzeyinde ulaşılabilmesi, tek seferlik eğitim etkinlikleri değil, her üretim bölgesinde kalıcı bir danışmanlık varlığı gerektirmektedir. Bölgesel iklim danışmanlık ekipleri, ziraat mühendisleri, veterinerler, teknisyenler ve eğitimli öncü çiftçiler; bölgesel iklim riski, ürün ve ırk seçimi, su ve gübre yönetimi, meteorolojik erken uyarı, tarım sigortası ile hibe ve yatırım programlarına erişim konularında sürekli destek sağlamalıdır. FAO'nun Genç Çiftçi Tarla ve Yaşam Okulları gibi yaklaşımlar model alınarak kurulan gösterim çiftlikleri ve çiftçi

tarla okulları, üreticilerin hassas sulamayı, toprak korumayı, düşük emisyonlu gübre yönetimini, iklime dirençli çeşitleri, hayvancılıkta ısı stresi yönetimini, yenilenebilir enerjiyi ve kompost, biyogaz ile biyokömür üretimini kendi yerel koşulları altında gözlemlemesine olanak tanımakta olup bu, yalnızca sınıf içi eğitime kıyasla daha etkili bir sunum biçimidir.

Sunum kanalları dijital ve yüz yüze yöntemleri birleştirmelidir: mobil uygulamalar, SMS ve sesli uyarılar, televizyon ve radyo programları, çiftçi toplantıları, köy ziyaretleri, toplum eğitim merkezleri, basılı rehberler ile yerel dil ve lehçelerdeki materyaller. Dijital erişim, yüz yüze eğitimin yerini almamalı, onu tamamlamalıdır; güvenilir internet erişimi bulunmayan kırsal alanlar, yaşlı çiftçiler, engelli bireyler ve diğer dezavantajlı gruplar, %100 kapsama hedefinin nominal değil anlamlı olabilmesi için özel erişim modelleri gerektirmektedir.

5.4.2. Farkındalıktan Benimsemeye: Davranış Boşluğunun Kapatılması

Bilgi, davranış değişikliği için gerekli ancak yeterli değildir. Gübre asitlendirmesi örneği, tam da teknik olarak iyi doğrulanmış, düşük maliyetli bir uygulama olmasına rağmen, eğitim, finansman, sadeleştirilmiş izin süreçleri, gübre testi ve bölgesel uyarlama bulunmadığında gerçek dünyadaki benimsenmesinin sınırlı kalması bakımından öğreticidir (Larson vd., 2026). Aynı durum, iklim-akıllı tarım literatüründe daha genel biçimde de belgelenmiştir (FAO, IFAD, & IsDB, 2024). Buradan dört tasarım ilkesi çıkmaktadır: eğitim programları, bağımsız bir faaliyet olarak değil, yatırım hibeleriyle açıkça bağlantılı biçimde sunulmalıdır; küçük üreticiler için ücretsiz teknik danışmanlık desteği güvence altına alınmalıdır; sertifikasyon hiçbir zaman finansal desteğe erişimin tek kapısı hâline getirilmemelidir, zira bu tam olarak desteğe en çok ihtiyaç duyan üreticileri dışlamaktadır; ve teşvik edilen bir teknolojinin gerçek dünyadaki, arazi düzeyindeki performansı, kontrollü denemelerden varsayılmak yerine ölçeklendirilmeden önce doğrulanmalıdır. İklim, çiftlik büyüklüğü, üretim sistemi, sosyal yapı ve ekonomik kapasite bölgeden bölgeye farklılık gösterdiğinden, tüm üreticilere tekdüze biçimde uygulanan tek bir ulusal teknoloji zorunluluğunun, bölgesel olarak uyarlanmış bir yaklaşımın sağlayabileceği sonuçları vermesi mümkün değildir.

5.4.3. Çevresel ve İklim Dirençliliği Krizi Olarak İşgaller ve Silahlı Çatışmalar: Gazze Şeridi'nden Dersler

İsrail'in Ekim 2023'ten bu yana Gazze'ye yönelik saldırıları, tarihteki en büyük insani felaketlerden ve soykırımlardan biri hâline gelmiştir (Albanese, 2025). Son 2,5 yılda öldürülen Filistinlilerin sayısı 72.000'i aşmıştır. Öldürülenlerin 20.413'ü çocuk, 12.524'ü kadındır; 3.110'u sağlık çalışanı, gazeteci, eğitimci ve sivil savunma personelidir. Hastaneler bombalanmış, ilaç ve ekipmanın imha edilmesiyle sağlık sistemi çökmüştür (TÜBA, 2023). Abluka, temel ihtiyaç maddelerine erişimi neredeyse imkânsız hâle getirerek gıda ve su krizlerine yol açmıştır. Üniversiteler ve okullar bombalanmış, ayakta kalan okullar sığınağa dönüştürülerek yüz binlerce çocuk eğitimden mahrum bırakılmıştır. Sürekli bombardıman ve

zorla yerinden edilme, toplumsal dokuyu derinden sarsmış ve psikolojik travmalara yol açmıştır. İklim eğitimi ve afete hazırlık programları tipik olarak deprem, sel, kuraklık gibi doğal tehlikelere kapsamlı biçimde odaklanmakta, buna karşılık silahlı çatışmanın çevresel sistemler ve iklim dirençliliği üzerindeki (ölçek olarak doğal afetlerle kıyaslanabilir) yıkıcı etkisi eğitim müfredatlarında büyük ölçüde eksik kalmaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) Gazze Şeridi'ndeki çatışmanın tırmanmasının çevresel etkisine ilişkin ikinci değerlendirmesi, bir çatışmanın su kaynakları, toprak, biyoçeşitlilik, deniz ekosistemleri, kentsel çevre ve hava kalitesi üzerindeki etkilerini belgeleyen günümüzün en kapsamlı bilimsel kaynaklarından birini oluşturmaktadır (UNEP, 2025). Bu bölüm, silahlı çatışmanın da doğal afetler gibi iklim ve çevre eğitimi müfredatlarına sistematik biçimde entegre edilmesi gerektiğini savunmak amacıyla söz konusu raporun temel bulgularını özetlemektedir; zira her iki şok kategorisi de karşılaştırılabilir mekanizmalar yoluyla gıda, su ve sağlık güvenliğini tehdit etmekte olup toplumları bu riskler konusunda bilgilendirmek, afet sonrası çevresel iyileşme kapasitesini doğrudan güçlendirmektedir.

Su kaynakları ve atık su yönetimi üzerindeki etki çarpıcı olmuştur. Nisan 2025 itibarıyla, Gazze'deki 54 depolama ve pompa tesisinden yalnızca 9'u faal durumdaydı; bu, kapasitede %84'lük bir azalmaya karşılık gelmektedir. Kalan tuzdan arındırma (deniz suyu arıtma) kapasitesi, Ekim 2023 öncesi düzeylerin yalnızca %31'inde kalmış ve Gazze'nin atık su arıtma tesislerinin hiçbiri faaliyette değildir. Bu çöküş, akut sulu ishal vakalarında 36 kat, akut sarılık sendromunda (Hepatit A göstergesi) ise 384 kat artışa yol açmış olup çatışma sırasında çocuk felci virüsü de yeniden ortaya çıkmıştır (UNEP, 2025; Paris vd., 2025).

Biyoçeşitlilik, toprak ve arazi kaynakları da benzer ölçekte zarar görmüştür. Uzaktan algılama değerlendirmeleri, Mayıs 2025 itibarıyla Gazze'deki ağaç ürünlerinin %97,1'inin, yıllık ürünlerin %82,4'ünün, çalılık alanların %95,1'inin ve otlak/nadas arazisinin %89'unun hasar gördüğünü ve gıda üretimini ölçek düzeyinde imkânsız hâle getirdiğini göstermektedir (UNEP, 2025; Yin vd., 2025). Toprak; mühimmat, katı atık ve arıtılmamış kanalizasyon nedeniyle kirlenmiş, askeri faaliyet kaynaklı bitki örtüsü kaybı ve sıkışma toprak yapısını bozarak infiltrasyon kapasitesini azaltmış, yüzey akışı ve sel riskini artırmış ve yeraltı suyu beslenimini düşürmüştür. Bölgesel açıdan önemli bir sulak alan olan Vadi Gazze (Wadi Gaza) de ciddi hasar görmüştür (UNEP, 2025).

Deniz ekosistemleri de kirlenmenin ağırlığını benzer biçimde taşımıştır: çatışma, Gazzeli balıkçıların geçim kaynaklarını neredeyse tamamen ortadan kaldırmış; kurumsal kapasitenin çöküşü, gıda zincirine giren kirliliğe karşı etkin bir denetimin kalmamasına ve zehirli balık tüketimine yol açmıştır. Kentsel çevre bakımından, Temmuz 2025 itibarıyla tüm yapıların yaklaşık %78'inin yıkıldığı veya hasar gördüğü tahmin edilmekte olup enkaz hacmi 61 milyon tonu aşmıştır. Bu, 2008'den bu yana Gazze'de yaşanan önceki tüm çatışmaların toplamda ürettiği enkazın yirmi katına karşılık gelmekte olup bir kısmı asbest ve endüstriyel kimyasallarla kirlenmiştir (UNOSAT, 2025; UNEP, 2025).

Katı atık yönetiminin çökmesi ve patlamalardan kaynaklanan toz, halk sağlığını doğrudan etkilemiştir: yalnızca Haziran 2025'te 37.000'den fazla solunum yolu enfeksiyonu vakası kaydedilmiştir. Bu metnin yazıldığı tarihte, Gazze'de 500.000'den fazla insan kıtlık koşullarına maruz kalırken, geri kalan nüfus acil düzeyde açlıkla karşı karşıyaydı. Çatışma ayrıca modern tarihin en büyük çocuk ampute (uzuv kaybı yaşayan) grubunu ortaya çıkarmış; güvenli su, sanitasyon ve hijyen tesislerine erişim eksikliği nedeniyle kadınlar ve kız çocukları orantısız risklerle karşı karşıya kalmıştır (UNEP, 2025).

Bu bulgular, ölçek bakımından doğal afetlerle kıyaslanabilir bu silahlı çatışmanın sistemik bir şok kategorisi oluşturduğunu ve iklim ile çevre eğitiminin kapsamına dâhil edilmesi gerektiğini göstermektedir. UNEP'in önerdiği erken bir ekolojik ve çevresel sağlık riski taraması, öncelikli alanların belirlenmesi, bilime dayalı ve kapsayıcı planlama ile yerel uzmanlık ve kurumların (üniversiteler, özel sektör, sivil toplum kuruluşları) sürece dâhil edilmesi yaklaşımı Bölüm 5.6'da Türkiye için ele alınan afet ve iklim uyumu çerçeveleriyle doğrudan tutarlıdır. İklim değişikliğiyle mücadele eğitimini toplumun %100'üne ulaştırma hedefi kapsamında, çatışma kaynaklı çevresel tahribatı tanıma, izleme ve iyileştirmeye ilişkin temel bilgi; özellikle kamu görevlileri, sağlık çalışanları ve insani yardım sektörüne girecek profesyoneller için afet yönetimi, halk sağlığı, tarım ve kentsel planlama müfredatlarına entegre edilmelidir. Bu, COP31 kapsamında önerilen uluslararası akran öğrenme mekanizmasının (bkz. Bölüm 5.7) doğal bir parçası olmalı ve iklim dirençliliği eğitiminin toplumu yalnızca doğal tehlikelere değil, insan kaynaklı sistemik şoklara karşı da hazırlamasını sağlamalıdır.

5.5. Gençlik ve Eğitim

Tablo 5.1'deki hedef-grup matrisi, çocukları, gençleri ve öğretmenleri zaten ayrı satırlar olarak listelemektedir. Bu bölümde önerilen %100 kapsama hedefine ulaşılması, gelecek nesle hizmet eden eğitim, beceri ve sivil katılım sistemlerinin, genel kamuoyu farkındalığının bir alt kümesi olarak değil, kendi başına stratejik bir varlık olarak ele alınmasını gerektirmektedir. Bu bölüm, hedefin kendisi olmadan ulaşılamayacağı beş boyutu ele almaktadır. Birincisi, çocuklar ve gençlerin ayrı bir kitle olarak ele alınmasıdır. İkincisi, öğretmenlerin ve mesleki ve teknik eğitimin, bu bölümün önerdiği müfredatı sunmadaki rolüdür. Üçüncüsü, yeşil becerilerin iklime dirençli eğitimin işgücü piyasasındaki karşılığı olarak ortaya çıkmasıdır. Dördüncüsü, göstermelik değil anlamlı gençlik katılımının gerekçesidir. Beşincisi ise, bu bölümün başka yerlerinde ele alınan şokları da özümserken yukarıdakilerin tamamını sunmak zorunda olan eğitim sistemlerinin fiziksel ve kurumsal dirençliliğidir.

5.5.1. Çocuklar ve Gençler: Ayrı Bir Hedef Kitle

Küresel kanıtlar, Bölüm 5.2'de tespit edilen eğitim-eylem boşluğunun en genç öğrenciler için özellikle keskin olduğunu göstermektedir. UNESCO'nun 100 ulusal müfredat çerçevesine ilişkin incelemesi, bunların neredeyse yarısının iklim bozulmasından hiç söz etmediğini; buna eşlik eden bir anket ise çoğu gencin kendilerine öğretilen kavramlarla olguyu açıklayamadığını ortaya koymuştur (UNESCO, 2024a). Türkiye'nin kendi çerçevesi ise çocukları zaten sonradan akla gelen değil, başlangıç noktası olarak ele almaktadır. Millî Eğitim Bakanlığı'nın İklim Değişikliği Eylem Planı 2026-2030'u (bkz. Bölüm 5.6.1), iklim bilincini erken çocukluktan itibaren içselleştirilmesi gereken bir yaşam kültürü olarak çerçevelemektedir. Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi, çocukları -yaşlılar, engelli bireyler ve göçmenlerle birlikte- uyarlanmış uyum eğitimi için öncelikli bir risk grubu olarak açıkça adlandırmaktadır (Republic of Türkiye, Ministry of Environment, Urbanisation and Climate Change, 2024). Özellikle kırsal çocuklar ve gençler için bu, iklime dirençli tarıma doğrudan ve sürekli maruziyeti; kentsel bir müfredatın dışa doğru genişletilmiş bir biçimi olarak değil, Millî Eğitim Bakanlığı ile Yükseköğretim Kurulu tarafından kırsal okullar aracılığıyla ortaklaşa sunulan bir içerik olarak kapsamalıdır. Bu, Bölüm 5.4'te değinilen Genç Çiftçi Tarla ve Yaşam Okulları modeliyle tutarlıdır. Kırsal okullara bağlı gösterim parselleri, tarımsal okuryazarlığı yalnızca yetişkin çiftçilere ayrılmış bir içerik olarak ele almak yerine, çocuklara ve ergenlere Bölüm 5.3'te ortaya konan aynı su, toprak ve hayvancılık uygulamalarına doğrudan deneyim kazandırmaktadır.

5.5.2. Öğretmenler ve Mesleki ve Teknik Eğitim

Müfredat reformu, onu öğretmeye hazır ve kendine güvenen öğretmenler olmadan çok az şey sağlamaktadır. Aynı UNESCO incelemesinde, ankete katılan öğretmenlerin dörtte birinden azı, sınıfta iklim eylemini yeterince ele alabildiğini hissettiğini belirtmiştir (UNESCO, 2024a). Bu, Millî Eğitim Bakanlığı'nın eylem planının genişletilmiş öğretmen eğitimi ve sürekli mesleki gelişim yoluyla açıkça hedeflediği bir güven boşluğudur (bkz. Bölüm 5.6.1). Bu bölüm, söz konusu mesleki gelişim taahhüdünü, müfredat matrisindeki diğer her hedefin ön koşulu olarak ele almakta, paralel bir faaliyet olarak değil. Mesleki ve teknik eğitim ve öğretim (MTE) kurumları, genel okullaşmayla eşit ağırlığı hak etmektedir; zira Bölüm 5.3'te ele alınan teknik içeriğin büyük bölümü, bunu uygulayacak iş gücüne (sulama, veterinerlik ve hayvan sağlığı teknisyenleri, yenilenebilir enerji montajcıları ve hassas tarım operatörleri dâhil) fiilen bu kurumlarda öğretilmektedir. MTE'nin yeşillendirilmesine ilişkin uluslararası rehberlik, iklim ve sürdürülebilirlik yetkinliklerinin bağımsız bir modül olarak eklenmesi yerine mesleki müfredatlara, çıraklık programlarına ve eğitmen eğitimine gömülmesini önermektedir (UNESCO-UNEVOC & Cedefop, 2025). Türkiye'de bu, tarımsal yayımda hâlihazırda kullanılan eğiticilerin eğitimi modelinin (bkz. Bölüm 5.4.2) tarım, veterinerlik, ormancılık ve enerji meslek liseleri ile halk eğitim merkezlerine genişletilmesi anlamına gelmektedir; böylece öğrenciler sertifikalandırılmadan önce eğitmenlerin kendileri iklime dirençli uygulama konusunda sertifikalandırılmış olur.

5.5.3. İklim Dönüşümü için Yeşil Beceriler

Yeşil beceriler; genel olarak, ürünleri, hizmetleri ve süreçleri iklim değişikliğine ve sıkılaşan çevre mevzuatına uyarlamak için tüm sektörler ve meslek düzeylerinde gereken teknik ve yatay yetkinlikler olarak tanımlanmaktadır (OECD & Cedefop, 2014). Uluslararası Çalışma Örgütü, küresel istihdamın yaklaşık %40'ına karşılık gelen 1,2 milyar civarında işin sağlıklı ekosistemlere ve istikrarlı bir iklime bağlı olduğunu tahmin etmektedir. Ayrıca, yeşil ve mavi enerjide iyi yönetilen bir dönüşümün tek başına 2030 yılına kadar dünya genelinde gençler için 8,4 milyon ek iş yaratabileceğini tahmin etmektedir (ILO, 2022). Bölüm 5.3'te ortaya konan su yönetimi, toprak sağlığı, hassas ve dijital tarım ile hayvancılık ve kümes hayvancılığı sistemlerini kapsayan teknik eğitim listesiyle birlikte okunduğunda, yeşil beceriler basitçe aynı yetkinliklerin işgücü piyasasındaki ambalajıdır. Sensör tabanlı sulamayı kurmak ve bakımını yapmak veya biyogaz ve biyokömür ünitelerini işletmek üzere eğitilen bir genç, aynı öğrenme eyleminde hem bir yeşil beceri hem de bir iklim uyumu becerisi kazanmaktadır. Bölüm 5.7'deki eylem planı açısından bunun anlamı, yeşil beceri modüllerinin, bu bölümün önerdiği tarımsal ve teknik müfredattan kopuk ayrı bir istihdam stratejisinde değil, MTE yeterliliklerinin, çıraklık programlarının ve çiftçi tarla okullarının içinde yer alması gerektiğidir.

5.5.4. Anlamlı Gençlik Katılımı

Eğitim ve beceriler gereklidir ancak yeterli değildir. Gençlerin, Bölüm 5.1'de tanıtılan ACE çerçevesinin "kamuoyu katılımı" unsuruyla tutarlı biçimde, kendi çalışma hayatlarını tanımlayacak politikaları şekillendirmek için gerçek bir yönlendirmeye de ihtiyaç vardır (UNESCO & UNFCCC, 2016). Çok taraflı düzeyde, YOUNGO 2009'dan bu yana UNFCCC'de resmi paydaş statüsüne sahiptir. COP süreci içinde kapsayıcı gençlik katılımını genişletmek üzere kurulan Başkanlık Gençlik İklim Şampiyonu işlevi, Türkiye'nin COP31 başkanlığına, çocukların ve gençlerin önceliklerinin başkanlığın kendi gündemine taşınabileceği hazır bir mekanizma sunmaktadır (UNFCCC, 2024). Bunun uygulamaya nasıl aktarılacağına ilişkin rehberlik, anlamlı katılımı göstermelik katılımdan somut güvenceler temelinde ayırt etmektedir. Bunlar arasında finanse edilen seyahat ve konaklama, 18 yaş altındaki katılımcılar için koruma, tercüme desteği ve zaten ulusal gençlik hareketlerine örgütlenmiş olmayan gençlere kasıtlı olarak ulaşma yer almaktadır; zira "gençlik" çok kolaylıkla tek ve homojen bir ses olarak ele alınabilmektedir (UNDP, 2022). Ulusal düzeyde bu, Bölüm 5.7'de önerilen iklim eğitimi izleme sisteminde daimi bir gençlik danışma rolünü gerektirmektedir; böylece orada izlenen sonuç göstergeleri, yalnızca kendilerine raporlanmakla kalmayıp, tanımlamaları amaçlanan gençler tarafından da gözden geçirilmiş olur.

5.5.5. İklime Dirençli Eğitim Sistemleri

Bu bölümdeki her hedefi sunan kurumların, bu Eylem Planı'nda ele alınan konuları göz önünde bulundurması gerekmektedir. Okullar, mesleki kurumlar ve üniversiteler için dirençlilik planlaması, dolayısıyla müfredat reformunun ardından değil, onunla birlikte ele alınmalıdır. UNESCO'nun Yeşillendirme Eğitim Ortaklığı, bu beklentiyi dört eylem alanı etrafında düzenlemektedir: okulların yeşillendirilmesi, müfredatın yeşillendirilmesi, toplulukların yeşillendirilmesi ve öğretmen eğitimi ile sistem kapasitesinin yeşillendirilmesi; bunlara, dünya genelindeki okulların yarısını 2030 yılına kadar tanımlanmış bir yeşil okul standardına ulaştırma yönünde açık bir hedef eşlik etmektedir (UNESCO, 2024b). Türkiye'nin kendi Millî Eğitim Bakanlığı eylem planı, okul güvenliğini ve iklim müfredatını ayrı iş akışları olarak ele almak yerine, afet ve acil durum hazırlığını ve okul fiziksel altyapısını on tematik alanı arasına dâhil ederek bu mantığı zaten yansıtmaktadır (bkz. Bölüm 5.6.1). Bölüm 5.4'te silahlı çatışmanın, çevresel ve sağlık altyapısını doğal afetlerle kıyaslanabilir bir ölçekte yok edebildiği gösterilmiştir. Aynı mantık, eğitim altyapısı için de doğrudan geçerlidir. İklime dirençli bir eğitim sisteminin; hem doğal tehlike hem de çatışma kaynaklı kesinti altında, birine hazırlanıp diğerini doğaçlama yapmak yerine, öğrenmenin sürekliliğini, güçlendirilmiş tesisleri ve Bölüm 5.4.2'de tarif edilen çevrimdışı ve düşük bant genişlikli sunum kanallarını planlaması gerekmektedir.

5.6. Ulusal Kurumsal Mekanizmalar: Türkiye'nin Gelişmekte Olan Çerçevesi

Türkiye'nin kendi kurumsal yanıtı, bir %100 kapsama mimarisinin uygulamada nasıl görünebileceğini örneklemekte ve diğer COP31 Tarafları için aktarılabilir bir şablon sunmaktadır.



Şekil 5.1 *İklim eğitimi ve dirençli tarım için olası eylem planları*

5.6.1. Millî Eğitim Bakanlığı İklim Değişikliği Eylem Planı 2026-2030

Türkiye'nin Millî Eğitim Bakanlığı, 2022-2025 dönemini kapsayan ilk eylem planı üzerine inşa ederek, Türkiye Yüzyılı Eğitim Modeli'nin daha geniş çerçevesi içinde ikinci "İklim Değişikliği Eylem Planı 2026-2030"u yayımlamıştır. Plan, afet ve acil durum hazırlığı, okul altyapısı, iyi uygulamaların yaygınlaştırılması ve uluslararası iş birliği dâhil on tematik alan etrafında yapılandırılmış olup on hedef, otuz üç amaç ve altmış dokuz faaliyetten oluşmaktadır. Plan; müfredatın iklim değişikliği, sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm etrafında güncellenmesini yönlendirmekte, öğretmen eğitimini bu alanlarda genişletmekte ve okulların kendi bünyesinde enerji, su ve atık yönetimini (sıfır atık sistemleri, geri dönüşüm, yağmur suyu hasadı, kompostlaştırma ve agroekolojik faaliyetler dâhil) kapsayan yeşil okul uygulamalarını teşvik etmektedir. Bu, herhangi bir COP31 Tarafının şimdiye kadar belgelediği, iklim okuryazarlığını tüm bir okul sistemine yerleştirmeye yönelik en sistematik ulusal girişimlerden birini temsil etmektedir (Republic of Türkiye, Ministry of National Education, 2026).

5.6.2. Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı

Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı; kapasite geliştirme, iş birliği ve farkındalık artırmayı, kapsadığı her sektörü kesen bağımsız bir stratejik sütun olarak ele almaktadır. Tarım alanında plan, sektörel uyum için politika, hukuki çerçeve, kurumsal kapasite, iş birliği ve farkındalığı güçlendirme şeklinde stratejik bir hedef belirlemektedir. Ulusal yayım ekipleri, özel sektör saha temsilcileri ve eğiticilerin eğitimi programlarıyla desteklenen öncü çiftçiler aracılığıyla sunulan, tarımsal paydaşlara yönelik eğitim, farkındalık ve kapasite geliştirmenin ölçeklendirilmesine ilişkin açık bir eylemi içermektedir. Bu eylem, Millî Eğitim Bakanlığı ile Yükseköğretim Kurulu tarafından kırsal ve kentsel okullar için birlikte geliştirilen ilkokul ve ortaokul müfredatlarıyla da pekiştirilmektedir. Enerji, sanayi, turizm ve sektörler arası konular için de eşdeğer stratejik hedefler ve izleme göstergeleri bulunmakta olup, doğa temelli çözümleri uyum için bir temel olarak açıkça tanıyan biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetleri hedefleri de bunlara eşlik etmektedir. Plan kapsamında izlenen göstergeler arasında; çiftçiler, teknik personel, yöneticiler, özel sektör, sivil toplum, kadınlar ve kırılgan gruplar şeklinde paydaşlara göre ayrıştırılmış eğitim etkinliği sayısı ve katılımcı sayısı yer almakta olup bu, Bölüm 5.7'de önerilen sonuç göstergeleri için hazır ve kullanıma uygun mevcut bir temel sunmaktadır (Republic of Türkiye, Ministry of Environment, Urbanisation and Climate Change, 2024).

5.6.3. İklim ve Sağlık Müfredatı: Tek Sağlık Yaklaşımı

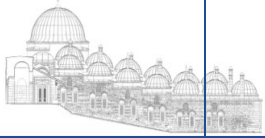
Yapılandırılmış iklim ve sağlık eğitimi yoluyla Türk sağlık sisteminin dirençliliğini güçlendirmek üzere tasarlanmış, bir pilot müfredat, iklim yetkinliklerinin seçmeli veya tamamlayıcı içerik olarak ele alınması yerine temel sağlık meslek eğitimine entegre edilmesinin hem uygulanabilir hem de ölçülebilir olduğunu göstermektedir (Tanrıöver vd., 2025). Bu, Tek Sağlık çerçevesinin insan, hayvan ve çevre sağlığının ayrı alanlar olarak yönetilemeyeceği önermesiyle (Erol, 2025) ve iklime duyarlı vektörlerin ve zoonotik patojenlerin coğrafi menzilinin iklim değiştikçe genişlediğine dair kanıtlarla (Timurkan, 2025) tutarlıdır. Bu nedenle bu bölümün önerdiği %100 hedefine güvenilir bir güzergâh, sağlık iş gücü eğitiminin, paralel ve koordinasyonsuz bir yol olarak değil, tarımsal ve genel iklim eğitimiyle doğrudan koordinasyon içinde geliştirilmesini gerektirmektedir.

5.7. Evrensel İklim Eğitimi ve Dirençli Tarım için Eylem Planı

2035 yılına kadar %100 kapsamaya ulaşılması, "%100"ün eş zamanlı olarak dört farklı düzeyde tanımlanmasını ve izlenmesini gerektirmektedir. Bunlar sırasıyla: evrensel erişim (her bireyin ücretsiz, anlaşılır eğitim materyaline ulaşabilmesi); evrensel kurumsal kapsama (her okulun, üniversitenin, kamu kurumunun, belediyenin ve tarımsal yayım biriminin sürece dâhil olması); evrensel öncelikli meslek tamamlama (öğretmenlerin, kamu yöneticilerinin, tarım

danışmanlarının ve ilgili mesleklerin eğitimi tamamlaması); ve ölçülebilir uygulamadır (bilginin değişmiş uygulamaya dönüşümünün, eğitim tamamlamadan ayrı olarak kendi başına izlenmesi). Aşağıdaki eylemler bu dört düzeyli tanımı işlevsel hâle getirmektedir.

- Türkiye'nin Millî Eğitim Bakanlığı İklim Değişikliği Eylem Planı 2026-2030 modelini izleyerek, iklim değişikliği ve iklime dirençli tarım içeriğini okul öncesinden lisansüstü düzeye kadar eğitimin her kademesindeki ulusal müfredata entegre etmek.
- Öğretmenler, sağlık çalışanları, ziraat mühendisleri, veterinerler ve kamu görevlileri gibi öncelikli meslekler için ulusal iklim yetkinlik çerçeveleri oluşturmak ve bunları temel müfredata, lisans eğitimine ve sürekli mesleki gelişime yerleştirmek.
- Su, toprak, ürün, hayvancılık ve afet yönetimi konusunda sürekli ve ücretsiz teknik destek sağlayan bölgesel iklim danışmanlık ekipleri ile beraber çiftçi tarla okullarını her tarımsal üretim havzasında devreye almak.
- Güvenilir internet erişimi bulunmayan bölgelere ulaşmak üzere mobil, SMS, radyo ve televizyon kanallarıyla birleştirilmiş, ulusal, açık erişimli bir dijital iklim ve tarım eğitimi platformu inşa etmek.
- Tarımsal ve iklim eğitimi programlarını, finansmandan kopuk bağımsız bir faaliyet olarak sunmak yerine, doğrudan yatırım hibeleriyle, düşük faizli krediyle ve sigorta ürünleriyle ilişkilendirmek.
- Genel programların bu nüfus gruplarına sistematik olarak yetersiz hizmet sunduğunu kabul ederek, çocuklar, yaşlılar, engelli bireyler, göçmenler ve diğer kırılgan gruplar için hedefli programlar geliştirmek.
- İklim uyumu için bir genetik rezervuar olarak yerel ve geleneksel tohum çeşitlerini korumak ve çoğaltmak; bu çalışmayı hem çiftçi eğitimine hem de resmi biyoçeşitlilik koruma programlarına entegre etmek.
- İklim-sağlık yetkinliklerini tüm sağlık mesleklerinin temel müfredatına entegre etmek; bunu ortak bir Tek Sağlık çerçevesi altında tarımsal ve genel iklim eğitimiyle koordine etmek.
- Medya profesyonellerini pasif kanallar değil eğitimli ortaklar olarak sürece katarak, kamuoyunun iklim okuryazarlığını güçlendirmek ve yanlış bilgiyle mücadele etmek üzere sürekli ulusal medya ve iletişim kampanyaları yürütmek.
- Erişimi, kurumsal kapsamayı, mesleki tamamlamayı ve ayrı bir gösterge olarak eğitimin benimsenmiş uygulamaya dönüşümünü, yaş, cinsiyet, gelir, eğitim düzeyi, bölge ve çiftlik büyüklüğüne göre ayrıştırarak izleyen ulusal bir iklim eğitimi izleme ve değerlendirme sistemi kurmak.
- İş gücü becerilerini ve iklim müfredatını ayrı programlar olarak ele almak yerine, yeşil beceri modüllerini MTE yeterliliklerine, çıraklık programlarına ve çiftçi tarla okullarına



yerleştirerek mesleki müfredatı Bölüm 5.3'te ortaya konan teknik eğitim listesiyle uyumlu hâle getirmek.

- Türkiye'nin COP31 Başkanlığı Gençlik İklim Şampiyonu işlevi ve aşağıda önerilen izleme göstergelerini gözden geçirmeye yönelik daimi bir gençlik danışma rolü dâhil olmak üzere, ulusal iklim eğitimi yönetişiminde güvenceli ve anlamlı gençlik katılımını kurumsallaştırmak.

5.8. Sonuçlar

İklim eğitimi ve iklime dirençli tarım eğitimi, bu Eylem Planı'nda başka yerlerde ele alınan karbondan arındırma, kaynak verimliliği ve dirençlilik konusundaki "asıl" çalışmayı önceleyen hazırlık faaliyetleri değildir; bunlar, planın içindeki her bir diğer hedefin ulaşılabilir hâle geldiği mekanizmanın kendisidir. Daha verimli bir yapı yönetmeliği, daha döngüsel bir malzeme standardı veya daha düşük metanlı bir atık sistemi, onu işletmesi gereken insanlar onu anlamıyor, ona güvenmiyor veya onu benimsemeye gücü yetmiyorsa hiçbir sonuç vermez. Bu bölümde derlenen bilgiler Türkiye'nin su yoğun tarım sektörü, belgelenmiş gıda kaybı yükü, azalan genetik çeşitliliği ve denenmiş teknolojiler ile bunların çiftliklerdeki benimsenmesi arasındaki süregelen açıktan yola çıkarak, bunun marjinal bir risk değil, tüm Eylem Planı üzerindeki temel operasyonel kısıtlama olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin kendi gelişmekte olan çerçevesi, on temalı okul iklim eylem planı, kapasite geliştirmeyi sektöre özgü eğitim hedefleri ve göstergeleriyle kesişen bir temel unsur olarak ele alan Ulusal Uyum Stratejisi ve sağlık sektörüne yönelik erken aşamadaki iklim müfredatı, %100 kapsama hedefi için kurumsal yapı taşlarının halihazırda mevcut olduğunu ve sıfırdan icat edilmek yerine ölçeklendirilebileceğini göstermektedir. Geriye kalan ise bunları birbirine bağlamaktır. Bu bölümde derlenen kanıtlar Türkiye'nin su yoğun tarım sektörü, belgelenmiş gıda kaybı yükü, azalan genetik çeşitliliği ve denenmiş teknolojiler ile bunların çiftliklerdeki benimsenmesi arasındaki süregelen uçurumdan yola çıkarak, bunun marjinal bir risk değil, tüm Eylem Planı üzerindeki temel operasyonel kısıtlama olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin kendi gelişmekte olan çerçevesi, on temalı okul iklim eylem planı, kapasite geliştirmeyi sektöre özgü eğitim hedefleri ve göstergeleriyle kesişen bir temel unsur olarak ele alan Ulusal Uyum Stratejisi ve sağlık sektörüne yönelik erken aşamadaki iklim müfredatı, %100 kapsama hedefi için kurumsal yapı taşlarının halihazırda mevcut olduğunu ve sıfırdan icat edilmek yerine ölçeklendirilebileceğini göstermektedir. Geriye kalan ise bunları birbirine bağlantılı hale getirmektir: bu Eylem Planı'ndaki her yatırım programının ayrılmaz bir parçası olarak eğitim ve teknik yardıma kaynak ayırmak, sadece katılımı değil uygulamayı ölçmek ve ulaşılan her çiftçiyi, öğretmeni, sağlık çalışanını, yetkilileri ve hane halkını, elektrifikasyon, atık, binalar ve sanayiyi yönlendiren aynı 2035 ufkuna doğru kaydedilen ilerlemenin ölçülebilir bir birimi olarak ele almaktır.

- İklim eğitimi ve iklime dirençli tarım eğitimini, diğer dördüne destekleyici bir faaliyet olarak değil, eşit ağırlıklı beşinci bir 2035 Küresel Uygulama Hedefi olarak ele almak.
- Eğitim ve yayım hizmetlerini, bu Eylem Planı'nda ele alınan her teknoloji ve altyapı yatırımının zorunlu, bütçelendirilmiş bir bileşeni olarak finanse etmek.
- Erişimi, kurumsal kapsamayı, mesleki tamamlamayı ve benimsenen uygulamayı ayrı ayrı izleyen izleme sistemleri kurmak; zira bu ölçütlerin birbirine karıştırılması, gerçek uygulama boşluğunun nerede olduğunu gizlemektedir.
- İklimin, çiftlik ölçeğinin ve sosyal-ekonomik kapasitenin üreticiler ve topluluklar arasında geniş ölçüde farklılık gösterdiğini kabul ederek, tekdüze ulusal zorunluluklar yerine bölgesel olarak uyarlanmış sunum modellerini önceliklendirmek.
- Ulusal iklim eğitimi ve tarımsal yayım çerçevelerinin karşılaştırılabileceği, değerlendirilebileceği ve iyileştirilebileceği bir uluslararası akran öğrenme mekanizması kurmak için Türkiye'nin COP31 başkanlığından yararlanmak (UNFCCC, 2026).

Referanslar

Albanese, F. (2025, October 20). Gaza genocide: A collective crime (United Nations General Assembly Document A/80/492). United Nations. https://www.un.org/unispal/document/special-rapporteur-report-gaza-genocide-a-collective-crime-20oct25/

Angın, İ. (2025). Reflections of extreme climate events on the agriculture-water-energy interaction (nexus). In M. E. Aydın, K. Şahin, S. Ercişli, & M. Şeker (Eds.), One health: Holistic and sustainable solutions (Science and Thought Series No: 68) (pp. 87–102). Turkish Academy of Sciences. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-71-7.ch05

Asim, M., Ali, A., & Ercisli, S. (2025). Impact of agricultural monoculture practices on biodiversity. In M. E. Aydın, K. Şahin, S. Ercişli, & M. Şeker (Eds.), One health: Holistic and sustainable solutions (Science and Thought Series No: 68) (pp. 179–204). Turkish Academy of Sciences. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-71-7.ch11

Aydın, M. E., & Tayanç, M. (Eds.). (2024). Mikroplastikler, endokrin bozucular ve çevresel etkileri [Microplastics, endocrine disruptors and their environmental effects] (TÜBA Raporları No: 56). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-8352-95-5

Balkaya, A. (2024). Geleneksel / yerel tohumlar, GDO ve biyoçeşitlilik [Traditional/local seeds, GMO and biodiversity]. In M. E. Aydın, K. Şahin, & S. Ercişli (Eds.), Biyoçeşitlilik, tarım ve gıda [Biodiversity, agriculture and food] (TÜBA Raporları No: 57) (pp. 305–330). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-01-4.ch14

Çakmakçı, R. (2024). Biyoçeşitlilik kavramı ekseninde geleneksel ve ekolojik tarım [Conventional and ecological agriculture on the axis of biodiversity concept]. In M. E. Aydın, K. Şahin, & S. Ercişli (Eds.), Biyoçeşitlilik, tarım ve gıda [Biodiversity, agriculture and food] (TÜBA Raporları No: 57) (pp. 273–304). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-01-4.ch13

Erol, İ. (2025). General principles of One Health approach and global joint plan of action. In M. E. Aydın, K. Şahin, S. Ercişli, & M. Şeker (Eds.), One health: Holistic and sustainable solutions (Science and Thought Series No: 68) (pp. 21–50). Turkish Academy of Sciences. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-71-7.ch02

FAO, IFAD, & IsDB. (2024). Mapping affordable and transferrable climate-smart technologies for smallholder farmers. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

ILO. (2022). World employment and social outlook 2022: Greening with jobs. International Labour Organization. https://www.ilo.org/publications/world-employment-and-social-outlook-2022-greening-jobs

Kavzoğlu, T. (2025). GeoAI in agriculture and forestry management: Integration of remote sensing and artificial intelligence. In M. E. Aydın, K. Şahin, S. Ercişli, & M. Şeker (Eds.), One health: Holistic and sustainable solutions (Science and Thought Series No: 68) (pp. 331–362). Turkish Academy of Sciences. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-71-7.ch17

Köksel, H., & Acar, O. (2024). Sürdürülebilir gıda üretiminde biyoçeşitliliğin rolü [The role of biodiversity in sustainable food production]. In M. E. Aydın, K. Şahin, & S. Ercişli (Eds.), Biyoçeşitlilik, tarım ve gıda [Biodiversity, agriculture and food] (TÜBA Raporları No: 57) (pp. 257–272). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-01-4.ch12

Larson, R. A., Niles, M. T., Hegde, S., Aguirre-Villegas, H., Sharara, M., & Meyer, D. (2026). A multidisciplinary review of emission reductions and adoption potential of livestock manure acidification systems. Journal of Environmental Management, 408, 129920. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2026.129920

OECD, & Cedefop. (2014). Greener skills and jobs (OECD Green Growth Studies). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264208704-en

Paris, L., Al-Jadba, G., Zeidan, W., Spiegel, P., Elkhatib, Z., Habash, R., vd. (2025). Deterioration of health outcomes in Gaza: 19 months of protracted conflict. The Lancet, Correspondence. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)00812-8

Republic of Türkiye, Ministry of Environment, Urbanisation and Climate Change. (2024). National climate change adaptation strategy and action plan. https://www.iklim.gov.tr

Republic of Türkiye, Ministry of National Education. (2026). İklim değişikliği eylem planı 2026–2030 [Climate change action plan 2026–2030]. https://merkezisgb.meb.gov.tr

Şahin, K. (Ed.). (2024). Alternatif gıda kaynakları [Alternative food sources] (TÜBA Raporları No: 52). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-00-7

Şahin, K., & Erol, İ. (Eds.). (2024). Gıda, su kaybı ve israfı [Food, water loss and waste] (TÜBA Raporları No: 59). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-08-3

Şaylan, L. (2024). İklim değişikliği ve tarımsal biyoçeşitliliğe etkisi [Climate change and its impact on agricultural biodiversity]. In M. E. Aydın, K. Şahin, & S. Ercişli (Eds.), Biyoçeşitlilik, tarım ve gıda [Biodiversity, agriculture and food] (TÜBA Raporları No: 57) (pp. 7–20). Türkiye Bilimler Akademisi. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-01-4.ch01

Tanrıöver, M. D., Güler Şentürk, B., Komesli Ergin, Z., Gürbüz, S., Kocabıyık, K. P., Binbaşaran Tüysüzoğlu, B., Elcin, M., & Evci Kiraz, E. D. (2025). Strengthening the resilience of the Turkish healthcare systems through a novel climate and health curriculum. In W. Leal Filho & F. Wolf (Eds.), Climate change and health: Perspectives from developing countries. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-93177-2_11

Timurkan, M. Ö. (2025). Global epidemic dynamics: Zoonoses, vectors, climate crisis and integrated management. In M. E. Aydın, K. Şahin, S. Ercişli, & M. Şeker (Eds.), One health: Holistic and sustainable solutions (Science and Thought Series No: 68) (pp. 51–64). Turkish Academy of Sciences. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-6110-71-7.ch03

TÜBA. (2023). TÜBA report on the Palestinian-Israeli war (TÜBA Reports No. 54). https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-8352-82-5

UNDP. (2022). Elevating meaningful youth engagement for climate action. United Nations Development Programme. https://www.undp.org/publications/elevating-meaningful-youth-engagement-climate-action

UNEP. (2025). Environmental impact of the escalation of conflict in the Gaza Strip: Second assessment of environmental damage and recommendations for recovery and reconstruction planning. United Nations Environment Programme. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/48536

UNESCO. (2020). Integrating action for climate empowerment into nationally determined contributions: A short guide for countries. UNESCO.

UNESCO. (2024a). Greening curriculum guidance: Teaching and learning for climate action. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390022

UNESCO. (2024b). Greening Education Partnership: Getting every learner climate ready. UNESCO.

UNESCO, & UNFCCC. (2016). Action for climate empowerment: Guidelines for accelerating solutions through education, training and public awareness. UNESCO.

UNESCO-UNEVOC, & Cedefop. (2025). Greening TVET for a greener future: A practical guide. UNESCO-UNEVOC International Centre for Technical and Vocational Education and Training.

UNFCCC. (2024). Presidency Youth Climate Champion. United Nations Framework Convention on Climate Change. https://unfccc.int/PYCC

UNFCCC. (2026). The road to Antalya: COP31 presidency consultations. United Nations Framework Convention on Climate Change.

UNOSAT. (2025). UNOSAT Gaza Strip comprehensive damage assessment. United Nations Satellite Centre. https://unosat.org/products/4165

Yin, H., Eklund, L., Habash, D., Qumsiyeh, M. B., & Van Den Hoes, J. (2025). Evaluating war-induced damage to agricultural land in the Gaza Strip since October 2023 using PlanetScope satellite imagery.

BÖLÜM 6

İKLİM UYGULAMA KÖPRÜSÜ

Özet

İklim Uygulama Köprüsü (CIB), iklim taahhütlerinin sahada sonuca dönüşmesini hızlandırmak için COP31 Dönem Başkanlığı bünyesinde geliştirilen ve ülkelerin öncülüğünde yürüyen bir girişimdir. CIB yeni bir fon, yeni bir finansman mekanizması, bir uygulama ajansı ya da koordinasyon platformu değildir. Bilinçli bir tasarım tercihiyle, var olan iklim finansmanı ve uygulama ekosisteminin performansını yükselten bir hayata geçirme aracı olarak kurgulanmıştır. Bu bölüm, söz konusu tercihin dayandığı kanıt tabanını ve girişimi işleten operasyonel yapıyı ortaya koymaktadır. Küresel iklim finansmanı 2024'te ilk kez 2 trilyon ABD dolarını aşmıştır. 2025 için tahmin 2,1 trilyon ABD dolarıdır. Buna karşılık yıllık büyüme 2021'deki %30'dan 2024'te %6'ya, 2025'te ise tahminen %2-3'e gerilemiştir. 2035 itibarıyla yılda en az 6,2 trilyon ABD dolarına ihtiyaç vardır. Bu finansmanın %85'i, harcandığı ülkelerin kendi içinde seferber edilmektedir. Bağlayıcı kısıt bu nedenle tek başına toplam sermaye arzı değildir. Asıl kısıt, ulusal öncelikleri kabul edilebilir bir maliyetle sermaye çekebilecek portföylere dönüştürecek ülke düzeyindeki kapasitedir. Bölümde dört kısıt sayısallaştırılmaktadır. Birincisi proje hattındaki aşınmadır. Yükselen piyasa ve gelişmekte olan ekonomilerdeki projelerin kabaca %70'i fizibilite aşamasını hiç geçememektedir. İkincisi sermaye maliyetidir. Şebeke ölçekli güneş enerjisinde bu maliyet incelenen gelişmekte olan ekonomilerde %9,7-13,1 aralığında seyrederken Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'de %4,0-4,9 düzeyindedir. Üçüncüsü kur uyumsuzluğudur. Kur riskinden korunma maliyetleri, döviz cinsinden borçlanmanın faiz avantajını çoğu zaman ortadan kaldırmaktadır. Dördüncüsü ölçek uyumsuzluğudur. 2024'te açıklanan kent iklim projelerinin %47'si 1 milyon ABD dolarının altında kalırken yatırım eşikleri genellikle 1,5-7 milyon ABD dolarından başlamaktadır. CIB bu kısıtlara üç operasyonel bileşenle karşılık vermektedir: Güçlü Ulusal Mimari, Proje Hazırlama ve Finansman Tasarımı. Bileşenler ülke talebiyle harekete geçmektedir. Uygulama ise NDC Ortaklığı, UNDP, Climate Compatible Growth, 2050 Pathways Platform, çok taraflı kalkınma bankaları ve iklim fonları gibi mevcut ortaklarla yürütülmektedir. Bölümde ayrıca Antalya'daki COP31'den 2035'e uzanan aşamalı bir uygulama patikası, kurumsal kategoriye göre değil işleve göre düzenlenmiş bir paydaş haritası ve COP31 müzakere ve uygulama gündemine yönelik altı eylem önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim finansmanı, Ulusal katkı beyanları (NDC), Karbon fiyatlandırması, Yatırım yapılabilir proje portföyleri, COP31

6.1. Giriş

Uluslararası iklim rejiminin bir uygulama sorunu vardır. Bu sorun artık esasen bir taahhüt sorunu değildir. UNEP (2025) Emisyon Açığı Raporu, ulusal katkı beyanlarının (NDC) eksiksiz uygulanması hâlinde 2,3-2,5°C'lik, mevcut politikalarla ise 2,8°C'lik bir ısınma öngörmektedir. Bu, bir önceki yıla göre kabaca 0,3°C'lik bir iyileşmedir. Ne var ki bunun yaklaşık 0,1°C'si metodolojik güncellemelerden kaynaklanmaktadır. ABD'nin Paris Anlaşması'ndan çekilmesinin de bu iyileşmenin 0,1°C'sini daha geri alması beklenmektedir. Yeni NDC'ler de projeksiyonu kayda değer biçimde değiştirmemektedir. 2025 NDC sentez raporu, 1 Ocak 2024 ile 30 Eylül 2025 arasında sunulan 64 yeni ya da güncellenmiş NDC kaydetmektedir. Bu beyanlar 2019 küresel emisyonlarının yaklaşık %30'unu kapsamakta ve 2035 emisyonlarını 2019 düzeyinin %17 (%11-24) altında öngörmektedir (UNFCCC, 2025a). Planlar mevcuttur. Uyum planlaması da buna paralel ilerlemiştir. 1 Eylül 2025 itibarıyla 64 gelişmekte olan ülke Ulusal Uyum Planı'nı (NAP) sunmuştur. Bunların 22'si en az gelişmiş ülke (LDC), 14'ü gelişmekte olan küçük ada devletidir (SIDS). Bu ülkelere 11 gelişmiş ülke eşlik etmiştir (UNFCCC, 2025b).

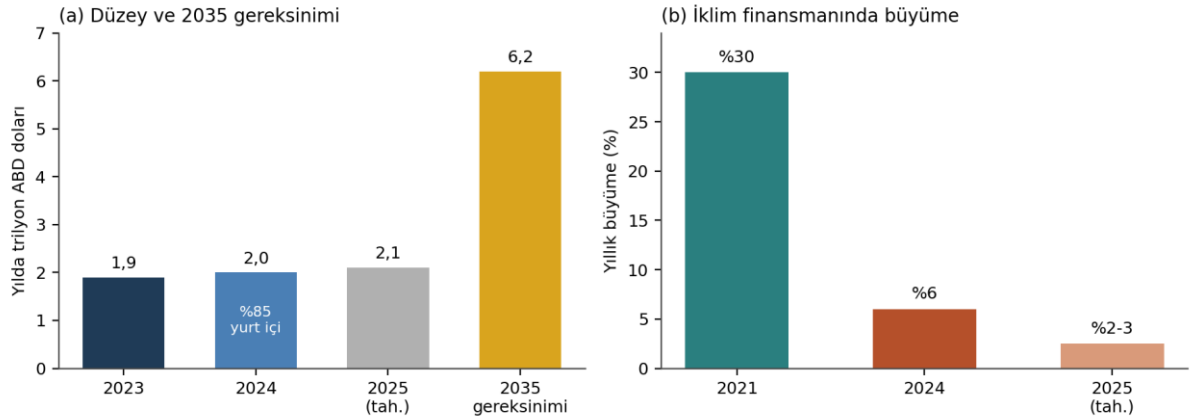
Finansman tablosu da toplamda iyileşmiştir. Küresel iklim finansmanı 2024'te ilk kez 2 trilyon ABD dolarını aşmıştır. 2025 için tahmin 2,1 trilyon ABD dolarıdır (CPI, 2026). Azaltım finansmanı 2024'te 1,9 trilyon ABD dolarına ulaşmıştır. Özel akımlar 2019-2024 arasında yıllık bileşik %19 büyüyerek 1,2 trilyon ABD dolarını geçmiştir. Çin ve LDC'ler hariç yükselen piyasa ve gelişmekte olan ekonomiler (EMDE) ise 2022-2024 arasında yıllık bileşik %25 ile en hızlı büyüyen ülke grubu olmuştur.

Bu toplamın iki özelliği, sorunun nasıl çerçeveleneceğini belirlemelidir. Birincisi yavaşlamadır. İklim finansmanında yıllık büyüme 2021'deki %30'luk sıçramadan 2024'te %6'ya, 2025'te ise tahminen %2-3'e inmiştir. Oysa 2035 itibarıyla yılda en az 6,2 trilyon ABD dolarına gereksinim vardır (CPI, 2026). İklim Finansmanı Bağımsız Üst Düzey Uzman Grubu (IHLEG), Çin dışındaki gelişmekte olan ülkelerin yatırım gereksinimini 2030'a kadar yılda 2,3-2,5 trilyon ABD doları (IHLEG, 2024), 2035'e kadar ise yılda 3,2 trilyon ABD doları olarak hesaplamaktadır (IHLEG, 2025). Bu büyüklükteki bir açığın mevcut seyirdeki kademeli büyümeyle kapanması aritmetik olarak mümkün görünmemektedir.

İkincisi, paranın fiilen nereden geldiğidir. 2024'te 1,7 trilyon ABD dolarından fazlası, yani küresel iklim yatırımının %85'i yurt içi piyasalarda seferber edilmiştir (CPI, 2026). Bu pay eşit dağılmamaktadır. Asıl argümanı kuran da dağılımın kendisidir. En çok iklim finansmanı seferber eden üç bölgede kaynakların %89'u yurt içinden sağlanmıştır. Daha fazla EMDE barındıran bölgelerde yurt içi pay %53'e düşmektedir. Sahra Altı Afrika'da ise bu pay %23'tür ve kalan %77 yurt dışından gelmektedir (CPI, 2025). EMDE'lere yönelik uluslararası iklim finansmanı 2023'te 196 milyar ABD doları olmuştur. Bunun %78'i kamu aktörlerinden gelmiştir. CPI'ın yurt içi akımları düşük bölgeler için önerdiği reçete, kurumsal kapasitenin ve politikaların güçlendirilmesiyle başlamaktadır. Bu, İklim Uygulama Köprüsü'nün birinci bileşeninin içeriğidir. IHLEG'in 2035 patikası da aynı yapıyı varsaymaktadır. Çin dışındaki

gelişmekte olan ülkelerde 2035 itibarıyla gereken yıllık 3,2 trilyon ABD dolarının yaklaşık %60'ı "içeriden finanse edilebilir" niteliktedir. Geriye dış kaynaklardan karşılanması gereken 1,3 trilyon ABD doları kalmaktadır. Bu tutar, 2022'de seferber edilen kabaca 190 milyar ABD dolarının yedi katıdır (IHLEG, 2025).

Bunun doğrudan bir tasarım sonucu vardır. İklim yatırımının çoğunluğu ulusal finans sistemlerinin içinde toplanıp yönlendiriliyorsa belirleyici kısıt iki yerde aranmalıdır. Biri, ulusal kurumların yatırım yapılabilir teklifleri üretme, hazırlama, toplulaştırma ve riskten arındırma kapasitesidir. Diğeri, yurt içi ve uluslararası sermayenin buluşabileceği koşullardır. Uluslararası transferler önemlidir. En çok da yurt içi kapasitenin en zayıf olduğu yerde önemlidir. Sorunu salt bir transfer sorunu olarak ele alan bir tasarım ise akımın yalnızca küçük bir bölümüne hitap eder. IHLEG bu bağlantıyı açıkça kurmakta ve kamu, özel ve imtiyazlı kaynakların birlikte "riski ve sermaye maliyetini düşürdüklerini" not etmektedir (IHLEG, 2025). Sermaye maliyeti, hazırlanmış bir projenin finanse edilebilir olup olmadığını belirleyen değişkendir. Şekil 6.1 bu iki özelliği bir arada sunmaktadır.



Şekil 6.1 *Küresel iklim finansmanı: düzey, bileşim ve büyüme (CPI, 2026; CPI, 2025). Climate Policy Initiative, Global Landscape of Climate Finance 2026 (2024, 2025 tahmini, büyüme oranları, yurt içi pay, 2035 gereksinimi) ve Global Landscape of Climate Finance 2025 (2023)*

CIB'nin hedef aldığı açık işte budur. Sistemde eksik olan sermaye değildir, planlar da değildir. Eksik olan, ikisi arasında ülke düzeyinde işleyen güvenilir bir dönüştürme sürecidir. COP31 Dönem Başkanlığı, verilecek karşılığın bir başka finansman aracı olmadığını açıkça ortaya koymuştur. COP31 Eylem Gündemi'ni Haziran 2026'da Bonn İklim Değişikliği Konferansı'nda sunan COP31 Dönem Başkanı adayı Murat Kurum, CIB'nin yeni bir fon, yeni bir finansman mekanizması ya da mevcut girişimlere bir alternatif olmadığını belirtmiştir. Devamında girişimi, mevcut iklim finansmanı ve uygulama ekosistemini destekleyen ve aktörler arasındaki ortaklıkları güçlendiren tamamlayıcı bir girişim olarak tarif etmiştir (COP31 Presidency, 2026b). Aynı basın toplantısının İngilizce kaydı hedefi daha kısa ifade etmektedir: ülkelerin NDC'lerini yatırım yapılabilir proje portföylerine dönüştürmelerine destek olmak (COP31 Presidency, 2026c). Hazine ve Maliye Bakanı Mehmet Şimşek girişimi Haziran 2026'da Londra İklim Eylem Haftası kapsamındaki İklim Dirençliliği Finansman Zirvesi'nde tanıtmıştır. Şimşek amacı, ülkelerin "iklim planlarından yatırıma hazır projelere, finansman

ihtiyaçlarından finanse edilebilir proje hatlarına geçmesine" yardım etmek olarak çerçevelemiştir. Hedefin yeni bir platform ya da kurum yaratmak olmadığını da eklemiştir (TRT World, 2026; Türkiye Today, 2026).

Bölüm 6.2, CIB'nin ne olduğunu ve nasıl yapılandırıldığını anlatmaktadır. Bölüm 6.3, girişimin gidermek üzere tasarlandığı dört kısıtın kanıt tabanını sunmaktadır. 6.4 ile 6.8 arasındaki bölümler ise uygulamayı, paydaşları, kaynak ihtiyacını, eylemleri ve sonuçları ele almaktadır.

6.2. Eylem Planının İçeriği

6.2.1. CIB'nin Tanımı

COP31 Dönem Başkanlığı bünyesinde geliştirilen İklim Uygulama Köprüsü, iklim taahhütlerinin somut sonuçlara dönüşümünü hızlandırmak üzere tasarlanmış, ülke öncülüğünde bir girişimdir. Ülkeler NDC'ler, NAP'lar ve uzun dönemli stratejiler yoluyla iddialı hedefler koymuştur. Uygulama ise hâlâ engellerle karşılaşmaktadır. Bu engellerin başında sınırlı kurumsal kapasite, parçalı yatırım fırsatları ve politika öncelikleri ile finansman çözümleri arasındaki zayıf uyum gelmektedir. CIB bu engellere, ulusal iklim öncelikleri, yatırım fırsatları ve finansman ortakları arasındaki bağı güçlendirerek karşılık vermektedir (COP31 Presidency, 2026a).

Girişimi, ne olduğu kadar olmayı reddettikleri de tanımlamaktadır. CIB yeni bir finansman mekanizması, yeni bir uygulama ajansı ya da yeni bir koordinasyon platformu kurmamaktadır. Mevcut iklim ekosisteminin işleyişini iyileştiren pratik bir uygulama aracı olarak çalışmaktadır. CIB mevcut girişimlerin ve uygulama sistemlerinin üzerine inşa edilmiştir. Hükûmetler, uluslararası kuruluşlar, kalkınma bankaları, iklim fonları ve özel sektör aktörleriyle ortaklık içinde çalışarak ülke öncülüğündeki uygulamayı desteklemektedir. NDC Ortaklığı, UNDP, Climate Compatible Growth (CCG), 2050 Pathways Platform, çok taraflı kalkınma bankaları (ÇKB'ler) ve iklim fonları gibi kurumların çalışmalarını tamamlamaktadır. Beyan edilen amaç, mevcut yetki ve yapılarla mükerrerliğe düşmeden ülkelerin planlamadan uygulamaya geçmesine yardımcı olmaktır (COP31 Presidency, 2026a).[1]

[1] "Mekanizma" sözcüğü Dönem Başkanlığı metinlerinde teknik olmayan bir anlamda geçmektedir. Nisan 2026 tarihli kavram notu baştan sona "ulusal öncelikleri yatırımla ve uygulamayla daha iyi buluşturacak bir mekanizmadan" söz etmektedir. Aynı paragrafta ise girişimin "yeni bir iklim fonu olmadığını ve mevcut koordinasyon platformlarının ya da girişimlerin yerine geçmediğini" belirtmektedir (COP31 Presidency, 2026f). Altıncı küresel uygulama hedefi, "CIB Mekanizması"nın 2035'e kadar genişletilmesi olarak ifade edilmektedir (COP31 Presidency, 2026e). İş birliği mimarisi sayfası da CIB'yi iklim finansmanının dağıtımı bakımından "kilit önemde bir mekanizma" olarak nitelemektedir (COP31 Presidency, 2026d). Bununla birlikte bu metinlerin tümü CIB'yi tamamlayıcı olarak tarif etmektedir. Sonraki kamuya açık tanım ise "girişim" ve "pratik uygulama aracı" ifadelerinde karar kılmaktadır. Bu bölüm, CIB'nin kendi operasyonel tanımını izlemektedir. Bu tanıma göre CIB yeni bir finansman mekanizması yaratmamakta ve mevcut ekosistem içinde bir uygulama aracı olarak işlev görmektedir (COP31 Presidency, 2026a). Bu tercih, Dönem Başkanı adayının Bonn'daki "yeni bir fon değil, yeni bir finansman mekanizması değil" ifadesiyle (COP31 Presidency, 2026b) ve Hazine ve Maliye Bakanı'nın Londra'daki açıklamasıyla (TRT World, 2026) tutarlıdır. Bu nedenle metin boyunca "girişim" terimi kullanılmıştır.

Dönem Başkanlığı'nın daha geniş iş birliği mimarisine ilişkin anlatımı da bununla tutarlıdır. CIB bu anlatımda dört stratejik sütundan biridir. Diğer üçü Türkiye-Avustralya ortaklık modeli, küresel sektörel ittifaklar ve kentsel dirençlilik çalışma hattıdır. CIB burada, NDC'lerin "uluslararası finansal standartlarla uyumlu, finanse edilebilir, yatırıma hazır projelere" dönüşümünü kolaylaştırmak üzere tasarlanmış tamamlayıcı bir girişim olarak tarif edilmektedir (COP31 Presidency, 2026d). Uluslararası finansal standartlara yapılan atıf tesadüfi değildir. Bu atıf, sermayenin karşısına konulabilmesi için dönüşümün alması gereken biçimi tanımlamaktadır. Bölüm 6.7'deki Eylem 1'in temeli de budur.

Bu konumlanış bir alçakgönüllülük ifadesi değil, esasa dair bir tasarım tercihidir. Yeni bir fon, zaten baskı altındaki kamu ve imtiyazlı kaynaklar için rekabete girecekti. Kamu iklim finansmanı, daralan ulusal bütçeler ortamında 2022 ile 2023 arasında yaklaşık %13 gerilemiştir. CPI, yakın dönemde açıklanan resmî kalkınma yardımı kesintileri nedeniyle kamu finansmanının önümüzdeki yıllarda daha da azalabileceği kaygısını not etmektedir (CPI, 2025). Yeni bir koordinasyon platformu ise ekosisteme bir arayüz daha ekleyecekti. Oysa her biri kendi ödeme süreciyle çalışan finansman sağlayıcılarının çokluğu, alıcılar için zaten işlem maliyeti üretmektedir (CPI, 2024). CIB kurumsal yüzey alanını genişletmek için değil, mevcut sistemin işleyiş kapasitesini yükseltmek için tasarlanmıştır.

6.2.2. İşleyiş İlkesi: Ülke Öncülüğünde ve Talebe Dayalı

Destek, ülkelerin bizzat tanımladığı öncelikler ve gerçek talepler etrafında şekillenmektedir. Ulusal koşullara, kapasiteye ve kalkınma hedeflerine göre uyarlanmakta, ulusal sahiplenme uygulamanın merkezinde tutulmaktadır (COP31 Presidency, 2026a). Bu ilke birçok çalışma hattından biri değil, tüm CIB angajmanının giriş koşuludur. Üç pratik sonucu vardır. CIB daimî bir küresel proje listesi tutmaz. Angajman, mevcut bir NDC, NAP, uzun dönemli strateji ya da ulusal kalkınma planı önceliğine bağlanmış bir hükûmet talebiyle başlar. Üç operasyonel bileşenin sırasını ve yoğunluğunu ise talepte bulunan ülkede fiilen neyin eksik olduğu belirler.

Bu türden talep belgelenmiş durumdadır ve büyük ölçüde karşılanmamıştır. NDC Ortaklığı, 80'e yakın ülkeden finanse edilebilir proje geliştirme desteği için 1.200'den fazla talep almıştır. Bunların bugüne dek ancak yaklaşık yarısı desteklenebilmiştir (RMI, 2025).

Kavram notu, bu talebin neyle hizalanması gerektiğine özel bir ağırlık vermektedir. Not, NDC'ler, NAP'lar ve Ulusal Kalkınma Planları arasında sıkı politika tutarlılığına öncelik vermektedir. Amaç, "iklim hedeflerinin egemen makroekonomik stratejilerle ayrılmaz biçimde ilişkilendirilmesini ve ekonomik büyümenin sürükleyicileri olarak konumlandırılmasını" güvence altına almaktır (COP31 Presidency, 2026f). Bu vurgu, girişimi proje düzeyindeki teknik yardımdan ayırmaktadır. Hizalamanın birimi tek tek projeler değil, ulusal kalkınma ve makroekonomi planıdır. Bileşenlerin sırasını da bu açıklamaktadır. Bir ülkenin kalkınma planıyla tutarlı bir portföy, yalnızca iklim projelerini sıralayan bir portföyden farklı bir şeydir.



6.2.3. Üç Operasyonel Bileşen

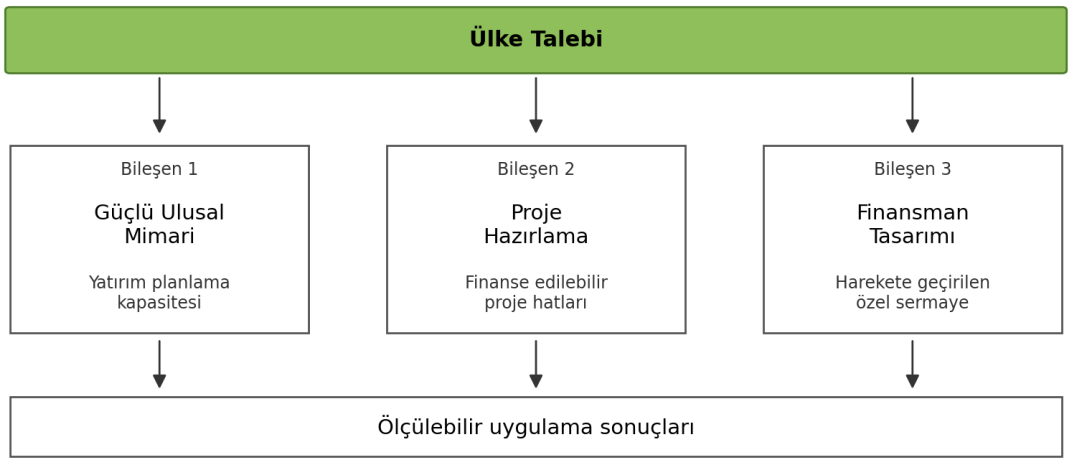
CIB uygulamayı üç operasyonel bileşen üzerinden yürütmektedir. Dönem Başkanlığı'nın 2026 UNFCCC İklim Haftası'ndaki Uygulama Forumu oturumu için hazırladığı kavram notu bunları, birbirini karşılıklı güçlendiren üç bileşen olarak adlandırmaktadır. Bunlar Güçlü Ulusal Mimari (stratejik tanı, kapasite ve dijital altyapı), Proje Hazırlama (finanse edilebilir ve yatırım yapılabilir proje hatları) ve Finansman Tasarımı'dır (özel sermayenin ölçekli biçimde harekete geçirilmesi). Üçü birlikte "ulusal stratejileri somut yatırımlara ve sonuçlara bağlayan uçtan uca bir uygulama çerçevesi" oluşturmaktadır (COP31 Presidency, 2026f). Yayımlanmış CIB tanımı aynı yapıyı sonuç diliyle ifade etmektedir. Buna göre CIB, ortaklık temelli yaklaşımıyla "daha güçlü ulusal uygulama mimarisini desteklemekte, yatırıma hazırlığı ilerletmekte ve iklim eylemini hızlandırmak ile ölçülebilir uygulama sonuçları elde etmek için gereken finansman ortaklıklarını kolaylaştırmaktadır" (COP31 Presidency, 2026a).

Dönem Başkanlığı'nın yayımladığı beş temel odak alanı aynı üç bileşenle örtüşmektedir. Beşinci alan olan ülke öncülüğünde ve talebe dayalı destek ise yukarıda tarif edilen kesişen giriş koşulu işlevini görmektedir. Tablo 6.1 bu eşleşmeyi, her bileşenin işlevini ve değerlendirmeye esas alınabilecek çıktıları göstermektedir.

Tablo 6.1 *CIB operasyonel bileşenleri: yayımlanmış odak alanlarıyla eşleşme, işlevler ve çıktılar*

Operasyonel bileşen (COP31 Presidency, 2026f)	**Yayımlanmış odak alanı (COP31 Presidency, 2026a)**	**İşlev**	**Ülke düzeyinde çıktı**
Giriş koşulu: ülke öncülüğünde, talebe dayalı angajman	Ülke Öncülüğünde, Talebe Dayalı Destek	Angajman, mevcut bir NDC, NAP, uzun dönemli strateji ya da ulusal kalkınma planı önceliğine bağlı bir hükûmet talebiyle başlar. Kapsam ve sıralama ulusal koşullara, kapasiteye ve kalkınma hedeflerine göre belirlenir	Destek kapsamı üzerinde mutabakat ve ulusal muhatabın belirlenmesi
Bileşen 1. Güçlü Ulusal Mimari (stratejik tanı, kapasite ve dijital altyapı)	Ulusal Uygulama Mimarisi	Veri, modelleme ve kurumsal koordinasyon kapasitesini güçlendirmek. Kanıta dayalı karar alma araçları ile kurumlar arası iş birliği mekanizmaları geliştirmek	İşleyen bakanlıklar arası koordinasyon. Belirli bir kurumda konumlandırılmış yatırım planlama kapasitesi. Karar düzeyinde veri, tanı ve dijital altyapı
Bileşen 2. Proje Hazırlama (finanse edilebilir ve yatırım yapılabilir proje hatları)	NDC ve NAP'ların Projelere Dönüştürülmesi. Finanse Edilebilir Proje Hatları	NDC ve NAP önceliklerini somut, yatırıma hazır ve ölçeklenebilir proje portföylerine dönüştürmek. Algılanan riski azaltan ortak değerlendirme kriterleri ve hazırlık standartları yoluyla finanse edilebilir, standart ve tekrarlanabilir proje hatlarını desteklemek	Kamu ve özel yatırımcı gereklerini karşılayan yapılandırılmış proje portföyü. Asgari yatırım ölçeğinin üzerinde toplulaştırılmış proje hatları
Bileşen 3. Finansman Tasarımı (özel sermayenin ölçekli biçimde harekete geçirilmesi)	Finansmanın Ölçekli Biçimde Harekete Geçirilmesi	Harmanlanmış finansman dahil kamu, özel ve çok taraflı kaynakları bir araya getirmek. Kamu kaynaklarını özel sermayeyi çekecek biçimde konumlandırmak	Portföy segmentleriyle eşleştirilmiş finansman ortaklıkları. İlgili kurumlarla kararlaştırılmış riskten arındırma ve yerel para birimi çözümleri

Bileşenler mantık bakımından ardışıktır. Zaman bakımından ise ardışık olmaları gerekmemektedir. Kurumları güçlü, proje hattı zayıf bir ülke sürece Bileşen 2'den (Proje Hazırlama) girer. Hazır bir proje hattı bulunan ama bunu uygun koşullarla finanse edemeyen bir ülke ise Bileşen 3'ten (Finansman Tasarımı) başlar. Tasarımın değeri, her ülkenin aynı eksikle geldiğini varsaymamasındadır. Şekil 6.2 işleyiş modelini göstermektedir.



***Şekil 6.2** İklim Uygulama Köprüsü işleyiş modeli (bileşenler: COP31 Presidency, 2026f; odak alanları ve ekosistem: COP31 Presidency, 2026a). Bileşenler COP31 Dönem Başkanlığı kavram notuna göre (Yeosu, Nisan 2026). Odakalanları ve ekosistem: https://cop31.tr/action-plan/caim*

6.2.4. İklim Uygulama Köprüsü'nün Kapsam Sınırları

İklim finansmanı bakımından birinci dereceden önem taşıyan birtakım gündem maddeleri CIB'nin kapsamı dışındadır. Bunlar çok taraflı sürecin başka mecralarında ele alınmaktadır. Söz konusu başlıklar, çok taraflı kalkınma bankalarının sermaye yeterliliği reformu, IMF Özel Çekme Hakları'nın yeniden tahsisi, Kayıp ve Zarar Fonu'nun mimarisi ve kaynak yenilemesi, Madde 6 kapsamındaki karbon piyasası kuralları, teknoloji transferi ve fikrî mülkiyet düzenlemeleri ile iklim için borç takasları dahil egemen borcun yeniden yapılandırılması olarak sıralanmaktadır. CIB bu süreçlerin sonuçlarıyla arayüz kurar. Bir ülke portföyü bu süreçlerin ürettiği araçlardan yararlanabilir. Ancak CIB bu sonuçları belirlemeye çalışmaz. Bunları CIB bileşeni gibi sunmak hem girişimi hem de bu başlıkların asıl ait olduğu müzakere kanallarını yanlış tarif etmek olur. Üstelik CIB'nin uygulamasını, takvimi girişimin denetiminde olmayan reformlara da bağımlı kılabilir.

6.3. Gerekçe

Bölüm 6.2'deki tasarım dört kısıttan türemektedir. Bu kısıtlar ayrı ayrı belgelenmiştir ve birlikte bağlayıcıdır. Her biri, ulusal öncelikten hayata geçirilmiş varlığa uzanan dönüşüm zincirinin farklı bir halkasını koparmaktadır. Yalnızca birinin giderilmesi sistemi yeniden işler hâle getirmez.

6.3.1. Proje Hattında Aşınma: Projeler Hazırlık Aşamasını Geçemiyor

EMDE'lerdeki projelerin kabaca %70'i fizibilite aşamasının ötesine hiç geçememektedir. Oran Afrika'da daha da yüksektir (RMI, 2025). Uyum planlamasından gelen kanıt bununla tutarlıdır. 1 Eylül 2025 itibarıyla NAP sunmuş 64 gelişmekte olan ülkeden 56'sının, NAP öncelikleriyle açıkça uyumlu ve Yeşil İklim Fonu (GCF) tarafından uygulanmak üzere onaylanmış toplam 113 projesi bulunmaktadır. Bu projeler tek ya da çok ülkelidir. Toplam, 2015'ten bu yana geçen dönemin tamamını kapsamaktadır (UNFCCC, 2025b). NAP sunmuş 22 LDC'den 20'si bu projelerin 54'ünü oluşturmaktadır. Başka bir deyişle 64 ülkeye yayılmış on yıllık uyum planlaması, ülke başına yaklaşık iki GCF uyumlu proje üretmiştir.

Kurumsal sürtünme bunu ağırlaştırmaktadır. GCF'nin 31 Ekim 2025'te yürürlüğe giren gözden geçirilmiş Akreditasyon Çerçevesi, bölgesel ve ulusal uygulayıcı kuruluşların akreditasyon süresini ortalama 30 aydan dokuz aya indirmeyi hedeflemektedir (Climate Home News, 2025). Ayrı bir kanalda Fon, kavram notları ile finansman tekliflerine ilişkin incelemelerini "9 ay ya da daha kısa sürede" tamamlama taahhüdünde bulunmaktadır (Green Climate Fund, 2025). Reformun yönü doğrudur. Başlangıç değerleri ise ulusal kuruluşların bugüne dek katlandığı gecikmenin ölçeğini göstermektedir.

Bileşen 2 bu halkaya yöneliktir. Bileşen 1 ise hazırlığın sürdürülüp sürdürülemeyeceğini belirleyen kurumsal kapasiteyi hedeflemektedir.

6.3.2. Sermaye Maliyeti: Yapılabilir Projeler Fiyat Nedeniyle Eleniyor

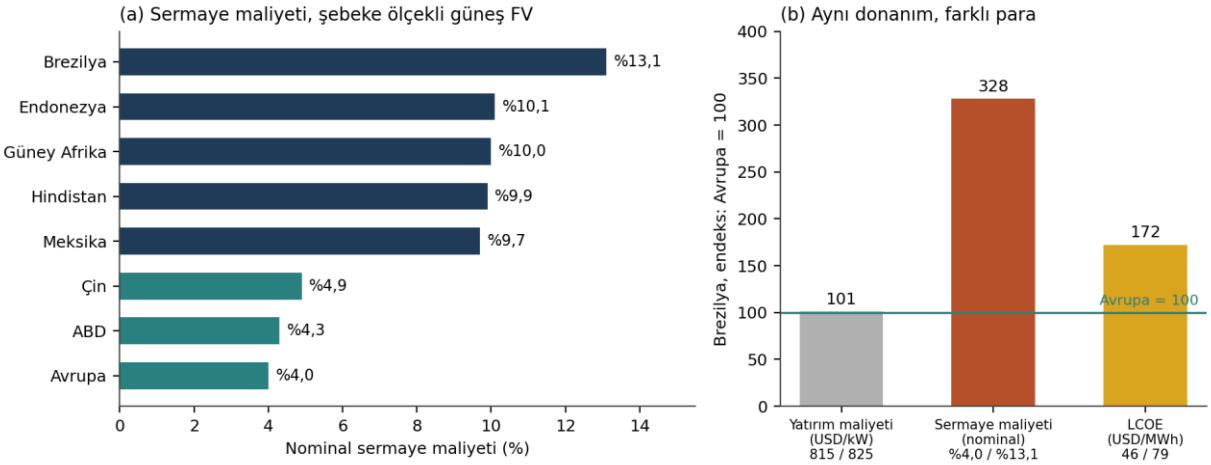
Projeler yatırımcıya ulaştığında da yapılabilirliği çoğu zaman sermayenin fiyatı belirlemektedir. IEA Sermaye Maliyeti Gözlemevi'nin verilerine göre 2021'de nihai yatırım kararına ulaşan şebeke ölçekli güneş fotovoltaik projelerinde nominal sermaye maliyeti Avrupa'da %4,0, ABD'de %4,3 ve Çin'de %4,9 olmuştur. Aynı oran Meksika'da %9,7, Hindistan'da %9,9, Güney Afrika'da %10,0, Endonezya'da %10,1 ve Brezilya'da %13,1'dir (IEA, 2024).

Avrupa ile Brezilya arasındaki karşılaştırma teknolojiyi sabit tuttuğu için etkiyi yalıtmaktadır. Kilovat başına yatırım maliyetleri hemen hemen aynıdır. Bu maliyetler, Avrupa'da 815 ABD doları, Brezilya'da 825 ABD dolarıdır. Nominal sermaye maliyeti ise %4,0'a karşılık %13,1'dir. Sonuçta seviyelendirilmiş elektrik maliyeti 46 ABD doları/MWh'ye karşılık 79 ABD doları/MWh olarak gerçekleşmiştir (IEA, 2024). Ekipmanın fiyatı değişmemektedir. Buna karşılık sermayenin, başka bir ifadeyle finansmanın fiyatı aynı değildir. Elektriği %72 daha pahalı hâle getiren temel unsur da bu finansman maliyetidir. Söz konusu maliyet farkı, aradan geçen süreye rağmen kapanmış değildir. IEA'nın 2024 yılı anketine ilişkin değerlendirmesine göre, yükselen piyasa ve gelişmekte olan ekonomilerde (EMDE) yenilenebilir enerji ve batarya projelerinin sermaye maliyeti, gelişmiş ekonomilerdeki düzeyin

hâlen en az iki katıdır. Ülke ve piyasa risklerine ilişkin unsurlar, finansman maliyetlerini gelişmiş ekonomilerde veya Çin'de gözlenen seviyelerin iki ila üç katına kadar yükseltebilmektedir (IEA, 2025b).

Bu risk priminin hangi unsurlardan oluştuğu, söz konusu primin azaltılmasına yönelik politika araçlarının belirlenmesi bakımından kritik önem taşımaktadır. Güneş FV yatırımlarında ülkeye özgü taban faiz oranı, toplam sermaye maliyetinin Afrika'da %60-90'ını oluşturmaktadır. Aynı oran Çin'de %35, gelişmiş ekonomilerde ise %10 düzeyindedir (IEA, 2025a). Dolayısıyla risk priminin önemli bir bölümü, teknolojiye veya münferit projelere özgü risklerden ziyade ülke düzeyindeki ve makro-finansal kırılganlıklardan kaynaklanmaktadır. Bu durum, proje yapılandırması, garanti mekanizmaları, harmanlanmış ve imtiyazlı finansman araçları ile güvenilir ulusal politika ve düzenleme çerçevelerinin doğrudan etkili olabileceği bir alanı işaret etmektedir. Kenya ve Senegal'de yurt içi sermayeye erişmeye çalışan enerji sektörü işletmeleri, finanse edilen varlıkların ekonomik ömürleriyle uyumsuz derecede kısa vadeler ve %15'in üzerinde faiz oranlarıyla karşı karşıya kalmıştır (IEA, 2025a). Aynı değerlendirme, Kenya'nın kamu elektrik şirketinin 2023 yılında ABD doları ve euroya erişimde yaşadığı güçlükler nedeniyle ödemelerini geciktirdiğini de ortaya koymaktadır. Bu örnek, Bölüm 6.3.3'te ele alınan döviz ve kur kısıtının bir enerji şirketinin bilançosunda nasıl somutlaştığını açık biçimde göstermektedir.

Yenilenebilir üretim sermaye yoğundur ve seviyelendirilmiş maliyeti finansman giderlerince belirlenir. Bu nedenle söz konusu fark marjinal bir husus değildir. Hangi projelerin yatırım eşiğini aşabildiğini kökten değiştirmektedir. Şekil 6.3 bu açıklığı sunmaktadır.



Şekil 6.3 *Şebeke ölçekli güneş FV'de sermaye maliyeti, 2021'de nihai yatırım kararına ulaşan projeler (IEA, 2024)*

6.3.3. Kur Uyumsuzluğu: Korunma Maliyeti İmtiyazı Siliyor

Kalkınma ve iklim finansmanı, gelirleri yerel para cinsinden olan borçlulara sıklıkla döviz cinsinden kullandırılmaktadır. Ortaya çıkan kur riski iki yoldan birini izler. Ya korunmasız taşınır ve bilanço riski borçluya, nihayetinde de devlete aktarılır. Ya da kredinin sağladığı yararı aşındıran bir maliyetle korunur. CPI'ın değerlendirmesine göre kur riskine karşı ticari korunma ürünleri EMDE'lerdeki borçlular için çoğu zaman pahalıdır. Korunma maliyetleri, döviz kredilerindeki düşük faizin sağladığı avantajı sıklıkla bütünüyle telafi etmektedir (CPI, 2023). EMDE'lerdeki yerel sermaye piyasaları iklim dönüşümünün gerektirdiği fonların ancak yaklaşık yarısını sağlayabilmektedir. Bu nedenle riskin yurt içinden borçlanılarak basitçe bertaraf edilmesi de mümkün değildir.

Kurumsal çözümler vardır. Ancak ihtiyaca kıyasla ölçekli değildir. Döviz Kuru Fonu (TCX), 2007'de kalkınma finansmanı kuruluşları, hükûmetler ve bağışçılardan oluşan bir konsorsiyum tarafından kurulmuştur. Fon, ticari alternatiflerin bulunmadığı para birimlerinde ve vadelerde korunma imkânı sunmaktadır. 140'tan fazla sınır ve yükselen piyasa para biriminde çalışmaktadır. 2024 itibarıyla müşterilerinin 10 milyar ABD dolarının üzerinde yerel para finansmanı sağlamasına yardımcı olmuştur. 1,8 milyar ABD dolarlık bir sermaye tabanı üzerinden 3,5 milyar ABD dolarını aşkın korunma pozisyonunu özel karşı taraflara devretmiştir (OECD, 2025). Trilyonlarla ölçülen yıllık EMDE gereksinimlerinin yanında bu düzeydeki bir korunma kapasitesi, ölçekli bir iklim programının gerektireceğinin çok küçük bir bölümüdür. Bunun anlamı şudur: Yerel para yapılandırması, sonradan başvurulacak ayrı bir piyasa gibi ele alınmak yerine en baştan portföy tasarımının içinde yer almalıdır. Bu kısıt doğrudan Bileşen 3'ün alanına girmektedir. Uygulama önerilerinde en sık atlanan kısıt da budur. Çünkü üst düzey taahhütler düzeyinde görünmez ve ancak belirli bir proje fiyatlanırken ortaya çıkar.

6.3.4. Ölçek Uyumsuzluğu: Projeler Finanse Edilemeyecek Kadar Küçük

İklim yatırım ihtiyacının büyük bir bölümü, onu finanse edebilecek kurumların asgari işlem büyüklüğünün altındaki ölçeklerde doğmaktadır. Yerel yönetimler 2024'te CDP-ICLEI Track üzerinden maliyet tahminiyle 1.700'ü aşkın iklim projesi açıklamıştır. Bunlardan 823'ünün, yani %47'sinin maliyeti 1 milyon ABD dolarının altındadır (CDP, 2025). Buna karşılık Brezilya Kalkınma Bankası belediye kredilerinde yaklaşık 7 milyon ABD dolarlık bir asgari yatırım eşiği uygulamaktadır. İklim Yatırım Fonları'nın Akıllı Şehirler Programı katılımcı şehir başına 30-100 milyon ABD dolarını hedeflemektedir. Doğu Ortaklığı Belediye Başkanları Sözleşmesi ile çalışan çok taraflı kalkınma bankaları ve uluslararası finans kuruluşları genellikle en az 5-15 milyon euroluk projeler aramaktadır. Eşiklerini yayımlayan proje hazırlama fonlarının asgari tutarları ise sektöre ve aşamaya göre 1,5 milyon ile 26 milyon ABD doları arasında değişmektedir (CDP, 2025).

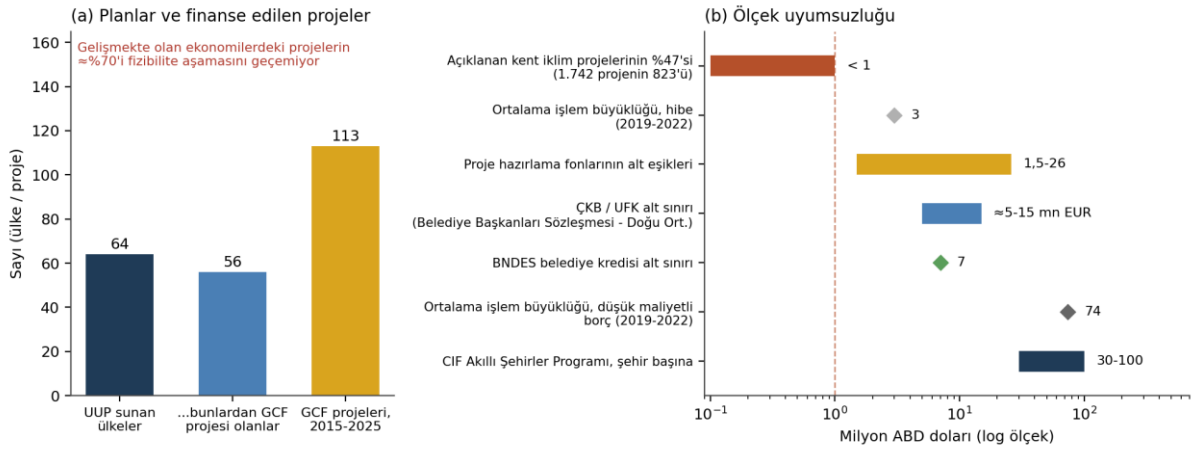
Aynı örüntü araç bileşiminde de görülmektedir. 2019-2022 arasında ortalama işlem büyüklüğü hibeyle finanse edilen projelerde 3 milyon ABD doları, düşük maliyetli borçla finanse edilenlerde 74 milyon ABD doları olmuştur. Küçük işlem büyüklükleri büyük kurumsal yatırımcıları caydırmış ve finansmanı kamu kalkınma finansmanı kuruluşlarına ve yardım ajanslarına bırakmıştır (CPI, 2024).

Bunun karşılığı toplulaştırmadır. Projeler, yatırım yapılabilir ölçeğe ulaşacak, birim işlem maliyetlerini düşürecek ve portföy düzeyinde risk değerlendirmesine imkân verecek biçimde paketlenmelidir. Ulusaltı yönetimler bu işlev için elverişli konumdadır, çünkü parçalı belediye ihtiyaçlarını eşgüdümlü proje hatlarında birleştirebilmektedir. Şubat 2026'da üç Brezilya eyaletinin düzenlediği bir yatırım yuvarlak masası, dokuz geliştirilmiş proje konseptinden kurulmuş yaklaşık 1,4 milyar ABD dolarlık bir proje hattı sunmuştur. Bunlardan yedisi finansörlerle ikili görüşmelere geçmiştir (Climate Group, 2026). Toplulaştırma, Bileşen 2'nin temel işlevlerinden biri ve Bileşen 3'ün ön koşuludur. Tablo 6.2 kanıtları bir araya getirmektedir.

Tablo 6.2 *Bağlayıcı kısıtlar, kanıt ve CIB'nin karşılığı*

Kısıt	Kanıt	Kaynak	CIB bileşeni
Proje hattında aşınma	EMDE projelerinin ~%70'i fizibilite aşamasını geçemiyor. NAP'si olan 64 ülke 2015'ten bu yana 113 GCF uyumlu proje üretti. GCF akreditasyon reformunun hedefi süreyi 30 aydan 9 aya indirmek	RMI (2025), UNFCCC (2025b), GCF (2025)	Bileşen 1 ve 2
Sermaye maliyeti	Şebeke ölçekli güneşte sermaye maliyeti incelenen EMDE'lerde %9,7-13,1, Avrupa, ABD ve Çin'de %4,0-4,9. Avrupa-Brezilya karşılaştırmasında yatırım maliyeti hemen hemen aynı, sermaye maliyeti 3,3 katı, LCOE 1,7 katı. Ülke taban faizi sermaye maliyetinin Afrika'da %60-90'ı, gelişmiş ekonomilerde %10'u	IEA (2024, 2025a, 2025b)	Bileşen 1 ve 3
Kur uyumsuzluğu	Korunma maliyetleri döviz kredilerindeki düşük faizi çoğu zaman bütünüyle telafi ediyor. Yerel piyasalar EMDE dönüşüm ihtiyacının ~%50'sini karşılayabiliyor. TCX, 1,8 milyar ABD dolarlık sermaye tabanıyla 2024'e dek 10 milyar ABD dolarını aşkın yerel para finansmanına imkân verdi	CPI (2023), OECD (2025)	Bileşen 3
Ölçek uyumsuzluğu	Açıklanan kent iklim projelerinin %47'si 1 milyon ABD dolarının altında. Finansman eşikleri genellikle 1,5-7 milyon ABD doları ve üzeri. Ortalama işlem büyüklüğü hibede 3 milyon ABD doları, düşük maliyetli borçta 74 milyon ABD doları	CDP (2025), CPI (2024)	Bileşen 2

Şekil 6.4, dönüşüm hunisi ile ölçek uyumsuzluğunu birlikte göstermektedir.



Şekil 6.4 *Ulusal planlardan finanse edilen projelere: aşınma ve ölçek uyumsuzluğu (RMI, 2025; UNFCCC, 2025b; CDP, 2025)*

6.3.5. Hukuki ve Siyasi Dayanak

CIB yeni yetkiler talep etmek yerine mevcut çerçevenin içinde çalışmaktadır. Paris Anlaşması'nın 2.1(c) maddesi Tarafları, finansman akışlarını düşük emisyonlu ve iklime dirençli kalkınmayla tutarlı hâle getirmekle yükümlü kılmaktadır. 9. madde ise iklim finansmanı yükümlülüklerini tanımlamaktadır. Ulusal iklim önceliklerinin yatırım kararlarıyla hizalanması, bunlardan ilkinin doğrudan bir ifadesidir. COP28'de kabul edilen ilk Küresel Durum Değerlendirmesi ve BAE Mutabakatı, müzakere gündemini uygulamaya doğru kaydırmıştır. COP29'da kabul edilen Yeni Kolektif Nicel Hedef ise 2035'e kadar yılda 300 milyar ABD dolarlık bir taban belirlemiştir. Bu taban, finansmanı 1,3 trilyon ABD dolarına çıkarma yönündeki daha geniş çağrının içinde yer almaktadır (UNFCCC, 2024). CIB, bu kararların nihai olarak ne getireceğinden bağımsız biçimde, getirdiklerinin dönüşüm oranını iyileştirmenin bir aracıdır. Gerekçesi bu nedenle söz konusu hedeflerin hangi düzeyde karara bağlanacağına bağlı değildir.

6.4. Zaman Çizelgesi

6.4, 6.6 ve 6.7 numaralı bölümler, çalışma grubunun Dönem Başkanlığı'nın takdirine sunduğu teknik katkıdır. Bu bölümler, Bölüm 6.3'teki kanıtların sıralama, kaynak tahsisi ve müzakere öncelikleri bakımından ne anlama geldiğini tarif etmektedir. Üzerinde mutabık kalınmış CIB planlarını aktarmamaktadır. Dönem Başkanlığı ile ortaklarının bu soruları hâlihazırda karara bağladığı yerlerde onların kararları esastır.

Tablo 6.3 *Önerilen CIB uygulama aşamaları ve göstergeler, 2026-2035*[2]

Aşama	Odak	Kilometre taşları	Önerilen göstergeler
Aşama 1: Kuruluş (2026-2028)	Girişimin işler hâle getirilmesi ve modelin kanıtlanması	CIB'nin COP31 Antalya'da başlatılması. Uygulama ortaklarıyla angajman protokolü ve ortak hazırlık kriterleri üzerinde mutabakata varılması. Talepte bulunan ilk ülke grubuyla çalışmaya başlanması. İlk toplulaştırılmış portföylerin yapılandırılıp piyasaya sunulması	Destek kapsamı kararlaştırılmış ülke sayısı. Yapılandırılmış portföy sayısı. Talepten yapılandırılmış portföye geçen medyan süre
Aşama 2: Pekiştirme (2028-2032)	Standartlaştırma ve çoğaltma	Katılımcı ortaklar genelinde ortak değerlendirme ve hazırlık standartlarının benimsenmesi. Yerel para ve riskten arındırma çözümlerinin portföy yapılandırmasına standart uygulama olarak entegre edilmesi. Toplulaştırmanın ulusaltı ve sektörel düzeyde uygulanması	Finansal kapanışa ulaşan yapılandırılmış portföylerin payı. CIB destekli portföylere taahhüt edilen finansman hacmi. Yerel para birimli ya da korunmalı yapıya sahip portföylerin payı
Aşama 3: Ölçek (2032-2035)	Olağanlaşmış ulusal kapasite	Katılımcı ülkelerde güçlü ulusal mimarinin dış kolaylaştırma olmaksızın işlemesi. Portföy üretiminin ulusal yatırım planlama döngülerine yerleşmesi	Portföylerini bağımsız biçimde üreten katılımcı ülkelerin payı. Finanse edilmiş ya da yapılandırılmış bir portföyle karşılanan NDC/NAP önceliklerinin payı

CIB uygulaması, 9-20 Kasım 2026'da Antalya'da toplanacak COP31 sürecine bağlanan üç aşama hâlinde önerilmektedir. Aşama göstergeleri CIB'nin kendi uygulaması etrafında çerçevelenmiştir: çalışılan ülkeler, geliştirilen portföyler, kapanışa ulaşan finansman ortaklıkları. Göstergeler, CIB'nin etkilediği ama denetlemediği küresel finansman toplamlarına bağlanmamıştır. Tablo 6.3 aşamalandırmayı göstermektedir.

Sıralama, bileşenlerin mantığını yansıtmaktadır. Aşama 1, dönüştürme sürecinin tanımlı bir ülke kümesinde işlediğini ortaya koyar. Aşama 2 bu süreci standartlaştırır. Böylece süreç her ülke için baştan özel çaba gerektirmeden çoğaltılabilir. Aşama 3 kapasiteyi ulusal kurumlara devreder. Bu noktadan itibaren CIB'nin o ülkelerdeki kolaylaştırıcı rolü azalmalıdır. Birlikte çalıştığı ülkelerde zamanla kendini gereksiz kılmayı planlamayan bir araç, sorunu yanlış anlamış demektir.

[2] Bu tablodaki aşamalar, kilometre taşları ve göstergeler, çalışma grubunun CIB için önerdiği bir uygulama çerçevesidir. Küresel iklim finansmanı hacimlerine ilişkin bir projeksiyon değildir. Herhangi bir dış tahminden de türetilmemiştir. CIB'nin yöneldiği kısıtların başlangıç değerleri, kaynaklarıyla birlikte Bölüm 6.3'te verilmiştir.

6.5. Paydaşlar

CIB yeni bir kurumsal yapı üzerinden değil, ortaklıklar üzerinden çalışır. Dolayısıyla anlamlı soru hangi kuruluşların girişimle ilişkilendirildiği değil, her birinin hangi bileşende hangi işlevi gördüğüdür. Tablo 6.4 ekosistemi bu temelde haritalamaktadır. Seçim ölçütü işlevseldir. Bir aktör, bileşenlerin gerektirdiği bir görevi yerine getirdiği ve o görev için zaten yetkilendirilmiş ve kaynaklandırılmış olduğu için tabloda yer almaktadır.

***Tablo 6.4** İşleve göre CIB paydaş ekosistemi*

Bileşen	Gereken işlev	İşlevi yerine getiren aktörler
Giriş koşulu	Ulusal talebi tanımlamak ve önceliklendirmek. Muhatabı belirlemek. Kapsamın sahipliğini üstlenmek	Talepte bulunan ulusal hükûmetler. Genellikle maliye/hazine, planlama ve çevre/iklim bakanlıkları birlikte hareket eder
Bileşen 1. Güçlü Ulusal Mimari	Stratejik tanı. Kurumsal koordinasyon. Veri, modelleme ve dijital altyapı. Yatırım planlama kapasitesi	NDC Ortaklığı, UNDP, Climate Compatible Growth, 2050 Pathways Platform, ulusal istatistik ve planlama kurumları, ulusal akademiler ve araştırma kurumları (Türkiye bağlamında TÜBA dahil)
Bileşen 2. Proje Hazırlama	Proje üretimi ve yapılandırması. Ortak değerlendirme ve hazırlık kriterleri. Yatırım yapılabilir ölçeğe toplulaştırma. Hazırlık finansmanı	Proje hazırlama fonları, ÇKB'ler ve ulusal kalkınma bankaları, iklim fonları (GCF, Uyum Fonu, GEF, İklim Yatırım Fonları), toplulaştırıcı olarak ulusaltı ve belediye yönetimleri, sektörel bakanlıklar
Bileşen 3. Finansman Tasarımı	Sermaye temini. Risk azaltımı ve kredi güçlendirme. Kur riski yönetimi. Yatırım yapılabilirlik sinyali	ÇKB'ler ve kalkınma finansmanı kuruluşları, yerel ve bölgesel finans kuruluşları, ihracat kredi kuruluşları, garanti sağlayıcılar, TCX gibi kur riskinden korunma sağlayıcıları, kurumsal yatırımcılar, kredi derecelendirme kuruluşları ve finansal düzenleyiciler
Kesişen	Şeffaflık, ölçüm ve öğrenme	UNFCCC Sekretaryası, COP31 Dönem Başkanlığı, veri ve araştırma kuruluşları

Bileşime ilişkin üç not düşülmelidir. Birincisi, Bileşen 1'de adı geçen aktörler, Dönem Başkanlığı'nın CIB'nin tamamladığını açıkça belirttiği kurumlardır (COP31 Presidency, 2026a). Tabloya alınmaları bu konumlanışın gereğidir, yeni bir rol dağılımının değil. İkincisi, Bileşen 3 iklim finansmanı paydaş haritalarında çoğu zaman bulunmayan aktör kategorilerini içermektedir: ihracat kredi kuruluşları, kredi derecelendirme kuruluşları, finansal düzenleyiciler ve yerel finans kuruluşları. Oysa bir işlemin kapanıp kapanmayacağını belirleyen çoğu zaman bu aktörlerdir. Hazine ve Maliye Bakanı girişimi tanıtırken bu aktörleri ÇKB'lerin yanında etkin rol almaya özel olarak davet etmiştir (TRT World, 2026; Türkiye Today, 2026). Üçüncüsü, ekosistem sabit değildir. Angajman ülke öncülüğünde olduğundan fiilî ortak kümesi ülkeye ve portföye göre değişir. Yukarıdaki harita, ülkeye özgü konfigürasyonun içinden seçileceği aktör evreni olarak okunmalıdır. Fiilî çalışma düzeni ise şimdiden gözlemlenebilir

durumdadır. Dönem Başkanlığı'nın tasarıma ilişkin Uygulama Forumu oturumu Climate Compatible Growth'u, NDC Ortaklığı'nı, UNDP'yi, GEF'i, Yeşil İklim Fonu'nu, Asya Kalkınma Bankası'nı, UNEP'i, Küresel Kapasite Geliştirme Koalisyonu'nu ve Pasifik Dirençlilik Fasilitesi'ni COP30 Dönem Başkanlığı ve UNFCCC Sekretaryası ile bir araya getirmiştir. Oturuma gelişmekte olan ülkelerden hükûmet temsilcileri de katılmıştır (COP31 Presidency, 2026f).

Bu ekosistemin işleyişinde, ülke öncülüğü ilkesinden türeyen ve CIB'yi alışılmış bir yönetişim şemasından ayıran iki özellik vardır. Birincisi, tek bir devir-teslim noktasında değil ortakların sürecin tamamına katkı verdiği durumdur. Tablo her aktörü, katkısının belirleyici olduğu bileşene yerleştirmektedir. Ancak angajman ardışık değil süreklidir. Bir portföye nihayetinde kredi verecek bir ulusal kalkınma bankası, değerlendirme kriterlerinin Bileşen 2 kapsamında nasıl belirlendiğiyle ve kurumsal kapasitenin Bileşen 1 kapsamında var olup olmadığıyla ilgilenir. Bir derecelendirme kuruluşunun portföy yapısına ilişkin görüşü, yapı tasarlanırken alındığında sunulduktan sonra alındığından daha yararlıdır. Bileşenler, her aktörün bir kez görünüp çekildiği bir bayrak yarışını değil, katkının nerede etkili olduğunu tarif eder.

İkincisi, konfigürasyon ülke başına kurulur. Bir şablon olarak uygulanmaz. Giriş koşulu ulusal koşullara göre şekillenen bir hükûmet talebi olduğundan ortak kümesi o talep için oluşturulur. Hangi sektörel bakanlıkların katılacağı, hangi kalkınma bankasının öncülük edeceği, merkezde yerel finans kuruluşlarının mı yoksa ihracat kredi kuruluşlarının mı duracağı ve korunma kapasitesine gerek olup olmadığı, angajman sırasında yanıtlanan ülke sorularıdır. CIB'nin koordinasyon görevi, belirli bir ülkenin gereksindiği konfigürasyonu o ülkede zaten etkin olan ortaklardan derleyip bir araya getirmektir. Mevcut bir ekosistemi harekete geçirmek ile yeni bir yönetişim yapısı kurmak arasındaki fark budur.

Hazine ve Maliye Bakanı, girişimi sunarken dirençlilik yatırımı gerektiren, su yönetimi, iklim akıllı tarım, sürdürülebilir arazi kullanımı, dirençli altyapı ve sağlıklı ekosistemler olmak üzere beş alan saymıştır (Türkiye Today, 2026). Bu alanlar, erken angajmanların muhtemelen gereksineceği konfigürasyon türlerine işaret etmektedir. Hangi sektörel bakanlıkların ve uzman kurumların devreye gireceğine dair de fikir vermektedir. Bunlar bir talep göstergesidir, ilan edilmiş bir CIB portföy listesi değildir.

6.6. Bütçe ve Finansman

CIB'nin kaynak sorusu, kapanmasına yardım ettiği iklim finansmanı açığından ayrıdır. İkisinin birbirine karıştırılması, girişime ilişkin değerlendirmelerde karışıklığa sebep olmuştur. CIB sermaye tutmaz, dağıtmaz ve sermayeye aracılık etmez. Kaynak gereksinimi kolaylaştırma içindir. Bileşen 1 kapsamında ulusal kurumlara teknik yardım, Bileşen 2 kapsamında proje hazırlama ve yapılandırma desteği, Bileşen 3 kapsamında ise işlem kolaylaştırması gerekmektedir. Mevcut ortaklar bu kategorileri zaten finanse etmektedir. CIB'nin ek maliyeti

bu nedenle bir sermaye maliyeti değil, bir koordinasyon ve teknik yardım maliyetidir. Proje geliştirme tipik olarak toplam proje maliyetinin küçük bir payını oluşturur. Ancak geri kalanının taahhüt edilip edilmeyeceğini belirleyen odur. Hazırlık üzerindeki kısıt, ihtiyacın belirlenememesi değil, kronik eksik finansmandır. NDC Ortaklığı'na ulaşan 1.200 karşılanmamış ya da kısmen karşılanmış talep bunun kaydıdır (RMI, 2025).

CIB'nin önünü açmak üzere tasarlandığı finansman, sistemde zaten bulunan üç kaynaktan gelmektedir:

- **Yurt içi sermaye:** 2024'te küresel iklim yatırımının 1,7 trilyon ABD dolarından fazlasını, yani %85'ini oluşturmuştur (CPI, 2026). Bölgesel derinliği keskin biçimde değişmektedir. En büyük üç alıcı bölgede akımların %89'u yurt içinden gelirken bu pay daha fazla EMDE barındıran bölgelerde %53'e, Sahra Altı Afrika'da %23'e inmektedir (CPI, 2025). Bileşen 1 ile Bileşen 3 kapsamındaki yerel para çalışması bu havuza yöneliktir ve en çok bu havuzun en sığ olduğu yerde değerlidir.

- **Özel sermaye:** 2024'te küresel ölçekte 1,2 trilyon ABD dolarını aşmıştır ve 2019'dan bu yana yılda %19 büyümüştür. Ticari finans kuruluşlarının katkısı 572 milyar ABD dolarına ulaşmıştır (CPI, 2026). Bileşen 2'nin standartlaştırma ve toplulaştırma çalışması, bu havuzu proje düzeyinde erişilebilir kılan şeydir.

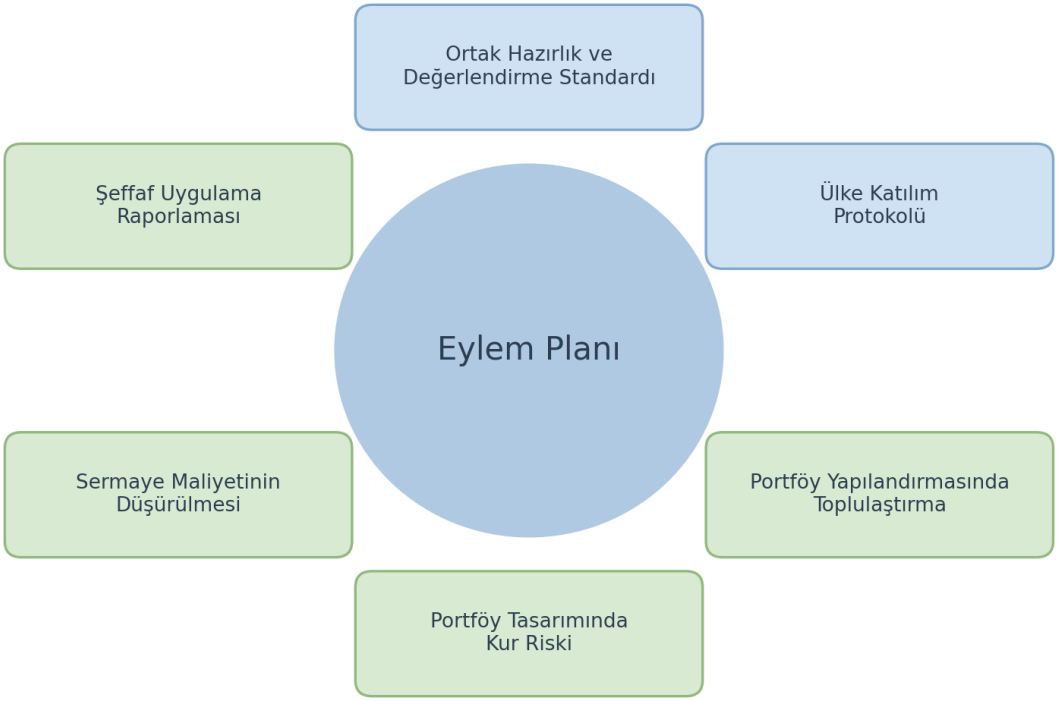
- **Kamu ve imtiyazlı sermaye:** İklim fonları ile ÇKB kaynakları dahil. Kamu iklim finansmanı 2022 ile 2023 arasında yaklaşık %13 düşmüştür. Açıklanan resmî kalkınma yardımı kesintileri karşısında daha fazla gerileme gerçek bir endişedir (CPI, 2025). Bu nedenle imtiyazlı kaynaklar için öncelik, bir işlemin koşullarını değiştirdikleri yerde konumlandırılmalarıdır: hazırlık, ilk zarar üstlenimi, garantiler ve korunma. Ticari sermayenin yerine ikame edilmemelidirler.

Bundan iki tahsis ilkesi çıkmaktadır. Hibe ve imtiyazlı kaynaklar proje hazırlığına ve risk azaltımına yönlendirilmelidir. Sonraki ticari sermaye üzerindeki etki bu alanlarda en büyük, eksiklik de en iyi belgelenmiş durumdadır. Uyum alanında ve borç kısıtı en ağır ülkelerde ise destek hibe ağırlıklı kalmalıdır. Kamu gelirinin önemli bir bölümünü zaten borç servisine ayıran ülkelerde borç yükünü artıran araçlar net uygulama üretmeyecektir.

6.7. Eylem Planı

CIB'ye COP31 süreci üzerinden operasyonel biçim kazandırmak için altı eylem önerilmektedir. Her biri üç bileşenin kapsamı içinde tanımlanmıştır ve CIB'yi sahibi olmadığı müzakere kanallarına taşımamaktadır. Bölüm 6.4'te olduğu gibi bunlar da alınmış kararların kaydı değil, çalışma grubunun önerileridir.

Şekil 6.5, altı eylemi, üzerinden işledikleri bileşenlere ve gidermeyi amaçladıkları kısıtlara göre konumlandırmaktadır.



***Şekil 6.5** İklim Uygulama Köprüsü için önerilen altı eylem: bileşenlere ve kısıtlara eşlenmiş (çalışma grubu önerisi)*

Eylem 1

Ortak bir hazırlık ve değerlendirme standardının benimsenmesi

ÇKB'ler, iklim fonları ve proje hazırlama fonlarıyla birlikte ortak bir hazırlık kriterleri ve değerlendirme gerekleri kümesi üzerinde uzlaşılması. Böylece bir kez hazırlanan bir portföy, yeniden yapılandırılmaya gerek kalmadan birden çok finansöre sunulabilecektir. Bu eylem, her biri kendi süreciyle çalışan sağlayıcı çokluğunun yarattığı işlem maliyetlerini doğrudan hedef almaktadır (CPI, 2024). Dönem Başkanlığı'nın odak alanlarında tarif edilen standart ve çoğaltılabilir proje hatlarının ön koşuludur (COP31 Presidency, 2026a). Projelerin "uluslararası finansal standartlarla uyumlu" olması gereğine operasyonel içerik kazandıran da budur (COP31 Presidency, 2026d).

Eylem 2

Bir ülke angajman protokolünün oluşturulması

Bir ülke talebinin nasıl alınacağını, kapsamının nasıl çizileceğini, uygulama ortaklarıyla nasıl eşleştirileceğini ve nasıl izleneceğini tanımlayan bir protokol oluşturulması. Protokol, talepten yapılandırılmış portföye geçen medyan süreyi de yayımlamalıdır. Talepleri öntanımlı olarak mevcut ortaklara yönlendirmeli ve hiçbir ortağın kapasitesinin bulunmadığı durumları kayda geçirmelidir. Böylece karşılanmayan talep sessizce soğurulmak yerine görünür hâle gelir. NDC Ortaklığı'na ulaşan 1.200 talebin önemli bir bölümünün başına gelen tam da bu sessiz soğurulmadır (RMI, 2025).

Eylem 3

Toplulaştırmanın portföy yapılandırmasına yerleştirilmesi

Toplulaştırmanın istisna değil standart bir adım olarak benimsenmesi. Projeleri Bölüm 6.3.4'te belgelenen asgari yatırım eşiklerinin üzerine çıkarmak için ulusaltı ve sektörel paketleme açıkça desteklenmelidir. Açıklanan kent iklim projelerinin %47'si 1 milyon ABD dolarının altında kalırken eşikler genellikle 1,5-7 milyon ABD dolarından başlamaktadır (CDP, 2025). Bu durumda toplulaştırma, gerçek bir ihtiyaç ile finanse edilebilir bir ihtiyaç arasındaki farktır.

Eylem 4

Kur riski yönetiminin portföy tasarımına entegre edilmesi

Yerel para finansmanının ve korunmanın, borçlunun sonradan çözeceği bir sorun olarak değil, yapılandırma anında bir tasarım parametresi olarak ele alınması. Bunun için korunma sağlayıcıları, ulusal kalkınma bankaları ve yerel finans kuruluşlarıyla birlikte çalışılmalıdır. Korunma maliyetlerinin döviz kredisinin imtiyazlılığını bütünüyle sileceği durumlarda (CPI, 2023) yapı, sunulduktan sonra değil işlem sunulmadan önce yeniden ele alınmalıdır.

Eylem 5

Sermaye maliyetinin, onu gerçekten düşürebilecek bileşenler üzerinden ele alınması

Ülke taban faiz oranı, güneş FV sermaye maliyetinin Afrika'da %60-90'ını, gelişmiş ekonomilerde ise %10'unu oluşturmaktadır (IEA, 2025a). Bu nedenle sağlanabilecek en büyük düşüşler güvenilir ulusal çerçeveler ile alım garantisi düzenlemeleri (Bileşen 1), algılanan proje riskini düşüren standart yapılandırma (Bileşen 2) ve garantiler, ilk zarar sermayesi ile kredi güçlendirme (Bileşen 3) olmak üzere üç kaynaktan gelecektir. CIB standardındaki portföylerin nasıl değerlendirileceği konusunda kredi derecelendirme kuruluşları ve finansal düzenleyicilerle temas kurulması da bu eylemin parçasıdır.

Eylem 6

Uygulamanın şeffaf biçimde yayımlanması

Tablo 6.3'teki göstergelere ilişkin raporlamanın mevcut UNFCCC ve Dönem Başkanlığı kanalları üzerinden yapılması. Raporlama çalışılan ülkeleri, yapılandırılan portföyleri, kapanışa ulaşan finansman ortaklıklarını ve talepten yapılandırılmış portföye geçen süreyi kapsamalıdır. CIB'nin iddiası, mevcut sistemin işleyiş kapasitesini artırdığıdır. Bu iddianın yayımlanmış uygulama verileri karşısında sınanabilir olması gerekir.

6.7.1. COP31 Dönem Başkanlığı Bünyesinde Türkiye'nin Katkısı

COP31 ortak bir düzenlemeyle yürütülmektedir. Sayın Murat Kurum COP31 Dönem Başkanı, Chris Bowen ise COP31 Müzakereler Başkanı olarak görev yapmaktadır. Dönem Başkanlığı, hazırlık sürecinde Türkiye ile Avustralya arasında kurulan kurumsal iş birliği çerçevesini dört stratejik iş birliği sütunundan ilki olarak tanımlamaktadır (COP31 Presidency, 2026d). CIB bu ortak anlamda bir Dönem Başkanlığı girişimidir. Burada tarif edilen katkı, ayrı bir ulusal program değil, Türkiye'nin bu girişim içindeki katkısıdır.

Dönem başkanı olan Türkiye'nin CIB'ye katkısı ayrı bir ulusal yapıdan kaynaklanmamaktadır. Bu yapının üç unsuru vardır. İlki bir araya getirme yani ortak çalışmadır. Dönem Başkanlığı, uygulama ortaklarını ve finansörleri aynı masaya oturtan siyasi ağırlığı, görünürlüğü ve erişimi sağlamaktadır. Hazine ve Maliye Bakanı'nın Londra'da ihracat kredi kuruluşlarına, kredi derecelendirme kuruluşlarına, düzenleyicilere ve yerel finans kuruluşlarına yönelttiği çağrının dayanağı buydu (TRT World, 2026). İkincisi uygulamalı örnektir. Türkiye, 2053 net sıfır hedefi ile hazine ve katılım finansmanı esaslı yeşil ihraçlar dahil olmak üzere iklim hedeflerini yatırım planlamasıyla hizalama deneyimine sahiptir. Bu deneyim, ortak ülkelerin karşılaştığı Bileşen 1 ve Bileşen 3 sorunları için somut bir başvuru örneği sunmaktadır. Üçüncüsü bilimsel girdidir.

TÜBA'nın yeni enerji teknolojileri değerlendirmesi (TÜBA, 2025), yenilenebilir enerji, hidrojen, depolama, akıllı şebekeler ve karbon yakalamayı enerji politikası ve inovasyon stratejisiyle birlikte ele almaktadır. Akademi'nin döngüsel üretim ve yeşil dönüşüm uyumuna ilişkin çalışması (TÜBA, 2023) da buna eklenmelidir. Bu çalışmalar, portföy geliştirmenin teknoloji ve üretim boyutları için bir kanıt tabanı sağlamaktadır. Akademi'nin çalışma grupları ise Bileşen 1'in kanıta dayalı karar alma süreçlerinin gerektirdiği bağımsız bilimsel değerlendirmeyi sunabilmektedir.

6.8. Sonuç

İklim taahhütleri ile hayata geçen sonuçlar arasındaki açık, esasen bir bilgi açığı değildir. Marjda bağlayıcı hâle gelmeye başlamış olsa da bir toplam sermaye açığı da değildir. Küresel iklim finansmanı 2024'te 2 trilyon ABD dolarını aşmıştır ve bunun %85'i yurt içinde seferber edilmiştir. Buna karşılık gelişmekte olan ekonomilerdeki projelerin kabaca %70'i fizibilite aşamasını hiç geçememektedir. 64 ülkeye yayılan on yıllık uyum planlaması ise yaklaşık 113 GCF uyumlu proje üretmiştir. Sermaye ile planlar, işlemeyen bir dönüştürme süreciyle yan yana durmaktadır.

CIB'nin tasarımı bu teşhis üzerine kuruludur. CIB ulusal taleple harekete geçen, ülke öncülüğünde bir girişimdir. Güçlü Ulusal Mimari, Proje Hazırlama ve Finansman Tasarımı olmak üzere üç operasyonel bileşen üzerinden çalışmaktadır. Amacı, var olan iklim finansmanı ve uygulama ekosisteminin işleyiş kapasitesini yükseltmektir. Bir fon değildir. Bir finansman mekanizması değildir. Bir uygulama ajansı ya da koordinasyon platformu da değildir. Bunların hiçbiri olmama kararı, CIB'nin NDC Ortaklığı, UNDP, Climate Compatible Growth, 2050 Pathways Platform, ÇKB'ler ve iklim fonlarıyla rekabet etmek yerine onları tamamlayabilmesini sağlamaktadır.

Gidermek zorunda olduğu kısıtlar belirli ve ölçülebilirdir. Birincisi proje hazırlığındaki aşınmadır. İkincisi, ağırlıkla ülke düzeyindeki riskten kaynaklanan ve gelişmiş ekonomi düzeylerinin iki ila üç katına ulaşan sermaye maliyetidir. Üçüncüsü, imtiyazlı kredinin değerini silen kur uyumsuzluğudur. Dördüncüsü, iklim yatırım ihtiyacının doğduğu yer ile finansman eşiklerinin başladığı yer arasındaki ölçek uyumsuzluğudur. Bu kısıtlar üst düzey iklim finansmanı önerilerinin çoğunda yer almaz. Ancak belirli bir proje fiyatlanırken görünür hâle gelirler. Bir uygulama aracının fiilen etki edebileceği kısıtlar da tam olarak bunlardır.

CIB'nin sınavı da aynı ölçüde somuttur. Ölçüt, ne kadar finansman taahhüt edildiği değildir. Ölçüt, kaç ülkenin bir ulusal önceliği yapılandırılmış bir portföye dönüştürdüğü, bunun ne kadar sürede ve hangi koşullarla gerçekleştiği ve o portföyün ne kadarının finansal kapanışa ulaştığıdır. Bu ölçütler üzerinden raporlama, COP31'in bir uygulama COP'u olduğu iddiasını temellendirebilir.

Referanslar

CDP. (2025). *CDP briefing on city project aggregation*. CDP and the Global Covenant of Mayors for Climate & Energy. https://assets.ctfassets.net/v7uy4j80khf8/2XOGsAeBlZkWkVOiAoo9ec/0d28fb001213d6a2776e198c12c400fd/CDP_Project_Aggregation_Guide_2025.pdf

Climate Group. (2026). *Thinking bigger than cities, smaller than nations: Building a successful US$1.4bn pipeline of bankable climate projects*. https://www.theclimategroup.org/our-work/news/thinking-bigger-cities-smaller-nations-building-successful-us-14b-pipeline-bankable

Climate Home News. (2025, July 4). *Green Climate Fund reforms aim to fix "slow, cumbersome" accreditation process*. https://www.climatechangenews.com/2025/07/04/green-climate-fund-reforms-aim-to-fix-slow-cumbersome-accreditation-process/

Climate Policy Initiative. (2023). *Managing currency risk to catalyze climate finance*. CPI. https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/managing-currency-risk-to-catalyze-climate-finance/

Climate Policy Initiative. (2024). *Understanding global concessional climate finance 2024*. CPI. https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/understanding-global-concessional-climate-finance-2024/

Climate Policy Initiative. (2025). *Global landscape of climate finance 2025*. CPI. https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2025/

Climate Policy Initiative. (2026). *Global landscape of climate finance 2026*. CPI. https://glcf.climatepolicyinitiative.org/

COP31 Presidency. (2026a). *CIB (CIB)*. COP31 Türkiye. https://cop31.tr/action-plan/caim

COP31 Presidency. (2026b). *COP31 Başkanı Bakan Kurum, COP31 Eylem Gündemini paylaştı* [COP31 President Minister Kurum shared the COP31 Action Agenda] [Press release, Bonn Climate Change Conference, 9 June 2026]. COP31 Türkiye / Ministry of Environment, Urbanisation and Climate Change. https://iklim.gov.tr/cop31-baskani-bakan-kurum-cop31-eylem-gundemini-paylasti-haber-4937

COP31 Presidency. (2026c). *COP31 Presidency announces new targets on global electrification, cutting waste, resilient cities: Press conference transcript* [Bonn Climate Change Conference, June 2026]. UNFCCC. https://unfccc.int/news/cop31-presidency-announces-new-targets-on-global-electrification-cutting-waste-resilient-cities

COP31 Presidency. (2026d). *Climate cooperation*. COP31 Türkiye. https://cop31.tr/climate-cooperation

COP31 Presidency. (2026e). *Presidency priorities: Global implementation targets*. COP31 Türkiye. https://cop31.tr/presidency-priorities

COP31 Presidency. (2026f). *Powering climate action: Financial and institutional boost* [Concept note, COP31 Presidency event, Implementation Forum, 2026 UNFCCC Climate Week, Yeosu, Republic of Korea, 23 April 2026]. COP31 Presidency, Republic of Türkiye. https://unfccc.int/documents/656688

Green Climate Fund. (2025). *Project approval process*. GCF. https://www.greenclimate.fund/access-funding/project-approval-process

Independent High-Level Expert Group on Climate Finance. (2024). *Raising ambition and accelerating delivery of climate finance* (Third report of the IHLEG; A. Bhattacharya, V. Songwe & N. Stern, Co-Chairs). Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London School of Economics and Political Science. https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/publication/raising-ambition-and-accelerating-delivery-of-climate-finance/

Independent High-Level Expert Group on Climate Finance. (2025). *Delivering an integrated climate finance agenda in support of the Baku to Belém Roadmap to 1.3T* (Fourth report of the IHLEG; A. Bhattacharya, V. Songwe & N. Stern, Co-Chairs). Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London School of Economics and Political Science. https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2025/11/IHLEG-on-Climate-Finance-4th-Report-Delivering-an-integrated-climate-finance-agenda.pdf

International Energy Agency. (2024). *Cost of Capital Observatory: Tools and analysis* [Breakdown of LCOE of utility-scale solar PV in selected countries, 2021]. IEA. https://www.iea.org/reports/cost-of-capital-observatory/tools-and-analysis

International Energy Agency. (2025a). *How a high cost of capital is holding back energy development in Kenya and Senegal* [Commentary, 6 February 2025]. IEA. https://www.iea.org/commentaries/how-a-high-cost-of-capital-is-holding-back-energy-development-in-kenya-and-senegal

International Energy Agency. (2025b). *Cost of capital expectations for 2025 diverge amid rising uncertainty* [Commentary]. IEA. https://www.iea.org/commentaries/cost-of-capital-expectations-for-2025-diverge-amid-rising-uncertainty

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2025). *The Currency Exchange Fund* (Blended finance case studies). OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/blended-finance-case-studies_2fb90b9a-en/the-currency-exchange-fund_321fe70e-en.html

RMI. (2025). *From bottlenecks to breaking ground: Why COP30 must prioritize early-stage project preparation*. RMI. https://rmi.org/cop30-project-finance-preparation/

TRT World. (2026, June). *Türkiye unveils "Climate Implementation Bridge" at London climate summit*. https://www.trtworld.com/article/f64beac45260

TÜBA. (2023). *Temiz üretim, yeşil mutabakat ve sürdürülebilir atık yönetimi* [Clean production, green deal and sustainable waste management]. TÜBA Publications. https://www.tuba.gov.tr/tr/yayinlar/suresiz-yayinlar/raporlar/temiz-uretim-yesil-mutabakat-ve-surdurulebilir-atik-yonetimi

TÜBA. (2025). *Yeni enerji teknolojileri raporu* [New energy technologies report]. TÜBA Publications. https://www.tuba.gov.tr/tr/haberler/akademiden-haberler/gelecegin-enerjisine-giden-yolda-tuba-yeni-enerji-teknolojileri-raporu; https://tuba.gov.tr/tr/yayinlar/suresiz-yayinlar/raporlar/new-energy-technologies-report

Türkiye Today. (2026, June). *Türkiye to launch Climate Bridge at COP31 to unlock green investment*. https://www.turkiyetoday.com/business/turkiye-to-launch-climate-bridge-at-cop31-to-unlock-green-investment-3222662

United Nations Environment Programme. (2025). *Emissions gap report 2025: Off target*. UNEP. https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2025

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2024). *New collective quantified goal on climate finance* (Decision 1/CMA.6) [Advance unedited version]. UNFCCC CMA6, Baku. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2024_17a01_adv.pdf

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2025a). *2025 NDC synthesis report*. UNFCCC. https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/2025-ndc-synthesis-report

United Nations Framework Convention on Climate Change. (2025b). *National adaptation plans: Status of NAPs as at 1 September 2025*. UNFCCC. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NAP_Presentation.pdf



BÖLÜM 7

SONUÇ

Enerji, atık, şehirler, sanayi, insan kaynakları ve finansman olmak üzere altı bölümden oluşan bu sentez rapor, küresel iklim dönüşümünün çeşitli boyutlarını ele almaktadır. Bununla birlikte, bölümlerin tümü aynı sonuca varmaktadır: COP31-2035 Küresel Uygulama Hedeflerine ulaşmanın teknik ve ekonomik yolları iyi tanımlanmış olup çoğu durumda hâlihazırda hayata geçirilmektedir. Ne var ki, mevcut ilerleme hızı hâlâ bilimin ve hedeflerin gerektirdiğinin gerisinde kalmaktadır. Bu açığın kapatılması, mevcut çözümlerin devreye alınmasının hızlandırılmasını ve bunun, ülke düzeyinde uygulamayı mümkün kılacak finansal ve kurumsal kapasiteyle desteklenmesini gerektirmektedir. Elektrifikasyon, sıfır atık, metan azaltımı, iklime dirençli şehirler, yeşil sanayileşme, iklim eğitimi ve İklim Uygulama Köprüsü alanlarında bir araya getirilen kanıtlar, her bölümün 2035'e giden yolla ilgili öngörüsüyle birlikte aşağıda özetlenmektedir.

7.1. Elektrifikasyon

Elektrik, hâlihazırda küresel nihai enerji tüketiminin yaklaşık %21'ini oluşturmaktadır. Yine de, küresel ekonominin %40'ından fazlasını temsil eden sektörlere güç sağlamakta ve buna yönelik talep, genel enerji talebine kıyasla yaklaşık dört kat daha hızlı büyümektedir. Bu durum, 2035 yılına kadar yıllık yaklaşık 1.000 TWh'lik ek bir talep artışı anlamına gelmektedir. Raporun temel bulgusu, elektriğin nihai tüketimdeki payının 2035 yılına kadar %35'e çıkarılmasının hem teknik olarak mümkün hem de ekonomik açıdan avantajlı olduğudur. Bu hedef; üretimde yenilenebilir enerjinin payının yaklaşık üçte birinden yarısının üzerine çıkmasını, emisyon azaltımı uygulanmamış fosil yakıt üretiminin %59'dan yaklaşık %13'e gerilemesini ve yıllık yaklaşık 3,3 trilyon ABD doları tutarındaki enerji yatırımının şebekelere, depolamaya ve nihai kullanım elektrifikasyonuna yönelmeye devam etmesini gerektirmektedir. Geleceğe bakıldığında, rapor bu dönüşümün kendiliğinden gerçekleşmeyeceğini açıkça ortaya koymaktadır. Hâlâ elektriğe erişimi olmayan 730 milyon kişi için elektrifikasyon açığını kapatmak, sistemin ihtiyaç duyduğu şebeke esnekliğini sağlamak, kritik madenlerin tedarik zincirlerini kurmak ve yatırımları talebin gerisinden gelecek şekilde değil, talep artışını öngörecek şekilde planlamak, bunların hepsi birbiriyle bağlantılı ve birbirini tamamlayan koşullardır.

7.2. Sıfır Atık ve Metan Azaltımı

Küresel kentsel katı atık üretimi 2022 yılında 2,56 milyar ton iken 2050 yılında 3,86 milyar tona artması öngörülmektedir. Atık sektörü, ağırlıklı olarak düzenli depolama sahalarındaki organik atığın anaerobik ayrışmasından kaynaklanan küresel antropojenik metan emisyonlarının hâlihazırda yaklaşık %20'sinden sorumludur. Türkiye'ye ilişkin senaryoya dayanan yaşam döngüsü değerlendirmesi, atık geri kazanımına yapılan sürekli yatırımın etkisini ortaya koymaktadır. Sektörün karbon yoğunluğu, 2014 yılında ton başına 351 kg CO_2-eşdeğerden 2021 yılında ton başına 61 kg CO_2-eşdeğerine gerilemiş olup ulusal %60 geri kazanım hedefiyle 2035 yılında ton başına -175 kg CO_2-eşdeğeri net negatif bir değere ulaşması öngörülmektedir. Bununla birlikte bu bölümde sunulan bulgular, önemli ölçüde gerçekleşen karbonsuzlaşmaya rağmen, Türkiye'nin COP31'in atık atık üretim hızındaki artışı 2035 yılına kadar yarıya indirme hedefine ulaşabilmesi için atık geri kazanımına yönelik yatırımların sürdürülmesinin yanında, döngüsel ekonomi ilkeleri, atık oluşumunun önlenmesi, kaynağında ayrı toplama ve etkin atık ayırma ile atık sektörünün iklim politikası çerçevelerine entegrasyonu üzerine kurulu, atık yönetiminden kaynak yönetimine dönüşümü gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

7.3. İklime Dirençli Şehirler

Binalar ve inşaat sektörü, küresel CO_2 emisyonlarının yaklaşık %37'sini, nihai enerji tüketiminin %28'ini ve küresel malzeme çıkarımının neredeyse yarısını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, küresel taban alanı 2024 yılında 273 milyar m²'ye ulaşmış olup yılda 5 milyar m²'nin üzerinde genişlemeye devam etmektedir. 2015 yılından bu yana, binalardaki enerji kullanım yoğunluğu yılda yalnızca yaklaşık %1 oranında iyileşmiş olup bu, Paris Anlaşması ile uyumlu bir güzergâhın gerektirdiği yıllık %2,5-3'ün oldukça gerisindedir. Bu durum, bina enerji kullanım yoğunluğunun 2035 yılına kadar en az %25, tercihen %35 oranında azaltılmasına ilişkin COP31 hedefinin dayanağını oluşturmaktadır. Bu bölüm, verimlilik ve dirençliliği birbirinden ayrılamaz iki unsur olarak ele almakta; yeni yapılar için neredeyse sıfır enerjili yapı standartlarını ve mevcut binaların yılda %2-3'ünün derin renovasyondan geçirilmesini önermektedir. Diğer tedbirler arasında ısı pompaları, termal depolama ve yapay zekâ destekli bina işletimi yer almaktadır. Bu tedbirlerin; kentsel ısı adalarına, kritik tesislerin enerji güvenliğine ve su-enerji bağlantısına yönelik dirençlilik önlemleriyle eşleştirilmesi gerekmektedir. Bu durum, özellikle gecekondu yerleşimleri ve sıcak iklim şehirleri için acil önem taşımaktadır; zira bugün alınacak kararlar, gelecek nesillerin binalarının kaderini belirleyecektir.

7.4. Yeşil Sanayileşme: Döngüsel Malzeme Kullanımı

Sanayi, küresel nihai enerji tüketiminin neredeyse %37'sini ve enerjiyle ilişkili CO_2 emisyonlarının yaklaşık %24'ünü oluşturmaktadır. Ayrıca, yıllık küresel malzeme çıkarımı 1970'ten bu yana üç kattan fazla artarak yaklaşık 30 milyar tondan 2024 yılına kadar 106 milyar tonun üzerine çıkmıştır. COP31-2035 hedefi, daha temiz üretim, sanayi simbiyozu, dijital imalat ve yenilenebilir enerjinin sanayi süreçlerine entegrasyonu yoluyla döngüsel malzeme kullanımını 2035 yılına kadar en az %15'e yükseltmektir. Bu bölüm, söz konusu hedefi tek başına bir çözüm olarak değil, daha geniş bir dönüşümün parçası olarak ele almaktadır. Gelişmiş geri dönüşüm altyapısına, malzeme akışlarının dijital olarak izlenmesine ve destekleyici düzenlemelere yönelik koordineli yatırım çağrısında bulunmaktadır. Döngüsel malzeme kullanımının tam iklim değerinin, ancak sanayi karbondan arındırma ve kaynak verimliliği tedbirlerinin yerine geçirilerek değil, bu tedbirlerle birlikte ele alındığında ortaya çıktığını savunmaktadır.

7.5. İklim Değişikliği Konusunda Farkındalık Artırma ve Eğitim

Bu bölüm, iklim eğitimini ve iklime dirençli tarım eğitimini, diğer dört alanın nihai olarak dayandığı temel olarak almıştır. Raporun diğer bölümlerinde ele alınan teknoloji, sermaye ve düzenleme önemlidir. Ancak bu sistemleri işleten, finanse eden, düzenleyen ve kullanan kişiler bilgili ve yetkin olduğunda gerçek sonuç vereceği bu bölümde vurgulanmaktadır. COP31 hedefi, iklim değişikliği ve iklime dirençli tarım eğitiminin 2035 yılına kadar toplumun %100'üne ulaştırılmasını sağlamaktır. Bu hedefe, özellikle çocuklara, öğretmenlere ve mesleki ve teknik eğitime önem verilerek, örgün eğitim, mesleki yayım hizmetleri ve yaşam boyu öğrenme yoluyla ulaşılacaktır. Bu bölüm, on tematik alanı kapsayan bir Millî Eğitim Bakanlığı iklim eylem planını, pilot olarak uygulanmış bir sağlık sektörü iklim müfredatını ve kapasite geliştirmeyi bağımsız bir sütun olarak tanımlayan bir Ulusal Uyum Stratejisini içeren Türkiye Cumhuriyeti'nin kurumsal altyapısını, çalışan (uygulanabilir) bir şablon olarak sunmaktadır. Bölümün ileriye dönük çerçevesi, iddialı %100 hedefini dört ölçülebilir boyuta ayırmaktadır. Bunlar sırasıyla: evrensel erişim, kurumsal kapsama, öncelikli meslek tamamlama oranı ve gösterilmiş davranış değişikliğidir.

7.6. İklim Uygulama Köprüsü (CIB)

Küresel iklim finansmanı, 2024 yılında ilk kez 2 trilyon ABD dolarını aşmış olup 2025 yılında tahmini 2,1 trilyon ABD dolarına ulaşmıştır. Öte yandan, yıllık büyüme hızı 2021'deki %30'dan 2024'te yaklaşık %6'ya keskin biçimde yavaşlamış olup 2025 yılında %2-3'e daha da gerilemesi beklenmektedir. Bu durum, 2035 yılına kadar yıllık en az 6,2 trilyon ABD doları olarak tahmin edilen gereksinimin oldukça gerisinde kalmaktadır. Bu bölümde vurgulandığı üzere, bağlayıcı

kısıtı, hâlihazırda %85'i yerel kaynaklardan seferber edilen küresel sermaye arzında değil, ulusal önceliklerin yatırılabilir proje portföylerine dönüştürülmesine ilişkin ülke düzeyindeki kapasitede görmektedir. Yükselen ve gelişmekte olan ekonomilerde, projelerin yaklaşık %70'i fizibilite aşamasının ötesine hiç geçememektedir. Ölçek bazlı güneş enerjisi için sermaye maliyeti gelişmekte olan ekonomilerde %9,7-13,1 iken, bu oran Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'de %4,0-4,9 seviyesindedir. Ayrıca, 2024 yılında açıklanan şehir iklim projelerinin %47'si, çoğu yatırım aracının gerektirdiği 1-1,5 milyon ABD doları ölçeğinin altında kalmıştır. CIB'nin yaklaşımı, kasıtlı olarak finansal değil kurumsaldır. CIB, yeni bir fon kurmak yerine, NDC Ortaklığı, UNDP ve çok taraflı kalkınma bankaları gibi mevcut ortaklar aracılığıyla ulusal mimarinin, proje hazırlığının ve finansal tasarımın güçlendirilmesini önermektedir. CIB'nin aşamalı uygulama planı, Antalya'daki COP31'den 2035 yılına kadar uzanmaktadır.

7.7. Geleceğe Dair

Bu çalışma bütünleşik olarak ele alındığında, tek bir uygulama zorluğuna ilişkin altı farklı bakış açısı sunarak kapsamlı bir genel görünüm ortaya koymaktadır. Buna, elektriğe dayalı talebin artırılması, atıkların karbon içeriğinin azaltılması, şehirlerin yenilenmesi ve sanayide malzeme döngülerinin kapatılması gibi fiziksel dönüşümler de dâhildir. Bu değişiklikler, hâlihazırda bir ölçüde hayata geçirilmekte olan mevcut teknolojiler ve uygulamalar kullanılarak COP31-2035 zaman çerçevesi içinde teknik olarak ulaşılabilir niteliktedir. Bugünkü güzergâh ile 2035 hedefleri arasındaki fark, bir buluş meselesinden ziyade bir hızlandırma meselesidir. Aynı on yıl içinde bina renovasyonlarının hızının iki katına çıkarılması, döngüsel malzeme kullanım oranının üç katına çıkarılması, atık üretimindeki büyümenin yarıya indirilmesi ve evrensel iklim okuryazarlığına ulaşılması gerekmektedir. CIB bölümü, diğer beş bölümün altını çizdiği noktaları açıkça dile getirmektedir. Kısıt, giderek artan biçimde küresel hırstan veya mevcut finansmanın toplam düzeyinden çok, yatırılabilir projeler hazırlama ve uygun maliyetli sermayeye erişim sağlama konusundaki ülke düzeyindeki kapasiteye ilişkindir.

Ülkemizin ulusal bilimler akademisi TÜBA, iklim değişikliğiyle mücadelede bilim diplomasisinin gücünden ve işlevinden beslenen disiplinler arası iş birliğini teşvik etmekte; başta yapay zekâ olmak üzere tüm ileri ve gelişmiş teknolojilerin etik ve insan merkezli biçimde uygulanmasına yönelik daha geniş bir taahhüdün işlevsel olacağını bir kez daha vurgulamaktadır. Bu bağlamda Akademi, bu raporu Antalya'daki COP31'de ve izleyen uygulama on yılında alınacak kararlar için bilimsel bir temel olarak sunmaktadır. Raporun genel, ileriye dönük mesajı açıktır: 2035 hedeflerine ancak her bölümde ortaya konan hızlanmanın şimdi başlaması ve mevcut on yıl boyunca sürdürülmesi, bunun da son bölümde tarif edilen finansman mimarisiyle desteklenmesi hâlinde ulaşılabilecektir.

YAZARLAR HAKKINDA

Prof. Dr. Muzaffer ŞEKER

Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) Başkanı / mseker[at]tuba.gov.tr / ORCID: 0000-0002-7829-3937

Prof. Dr. Muzaffer Şeker, 1986 yılında Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi'nden mezun olmuştur. Daha sonra 1995 yılında İngiltere'deki Leicester Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde İnsan Anatomisi alanında doktorasını tamamlamıştır. 2000 yılında doçent, 2006 yılında ise profesör unvanını almıştır. Kariyeri boyunca Prof. Şeker, iki yıl Birleşik Arap Emirlikleri'nde öğretim üyesi olarak çalışmış, ayrıca Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi'nde Tıp Eğitimi ve Bilişimi Anabilim Dalı Başkanlığı görevini yürütmüştür. 2008-2010 yılları arasında İstanbul Medipol Üniversitesi Kurucu Mütevelli Heyeti üyesi olarak önemli bir rol üstlenmiştir. Aralık 2014'te Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi'nin kurucu rektörü olarak atanmıştır. Ayrıca Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı (TÜSEB) Aziz Sancar Bilim, Hizmet ve Teşvik Ödülleri, YÖK Doktora Ödülleri, TÜBA-GEBİP Ödülleri ve TÜBİTAK Bilim, Hizmet ve Teşvik Ödülleri seçici kurullarında görev almıştır. 2019 yılında Türkiye Bilimler Akademisi Başkanlığı görevine başlamıştır. Prof. Şeker ayrıca ülkesini Bilim 20 Zirveleri, Dünya Bilim Forumu ve birçok diğer uluslararası bilimsel etkinlikte temsil etmiştir.

Prof. Dr. Halil HASAR

İklim Değişikliği Başkanı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı / halil.hasar[at]iklim.gov.tr
ORCID: 0000-0001-8207-8669

Prof. Dr. Hasar, membran teknolojileri, atıksu arıtımı, su geri kazanımı ve sürdürülebilir çevre altyapısı alanlarında uzmanlaşmış seçkin bir çevre mühendisi ve profesördür. 1975 yılında Bingöl'de doğmuş, lisans ve yüksek lisans eğitimini Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamış ve İstanbul Teknik Üniversitesi'ndeki doktora çalışmalarının ardından membran süreçleri alanında doktora derecesini almıştır. Arizona State Üniversitesi (ABD) ve University College Dublin'de (İrlanda) enerji verimli arıtma sistemleri üzerine doktora sonrası araştırmalar yürütmüş; Türkiye, Güney Kore ve Almanya'nın dahil olduğu uluslararası işbirliği projelerinde yer almıştır. Prof. Hasar, Ulusal Membran Teknolojileri Araştırma Merkezi'nin (MEMTEK) kurucu üyelerinden olup halen yönetim kurulunda görev yapmaktadır. 70'in üzerinde SCI kapsamındaki yayının ve 200'den fazla bilimsel çalışmanın yazarıdır; çok sayıda TÜBİTAK destekli ve uluslararası fonlu araştırma projesine liderlik etmiş, 7 doktora ve 15 yüksek lisans tezi yönetmiştir. Ayrıca 2015-2020 yılları arasında Fırat Üniversitesi Rektör Yardımcılığı görevini yürütmüş, ulusal düzeyde araştırma, akademik değerlendirme ve çevre politikası çalışmalarına önemli katkılar sağlamıştır. Halen İklim Değişikliği Başkanlığı'nı yönetmektedir.

Prof. Dr. İsmail KOYUNCU

TÜBA Çevre, Biyolojik Çeşitlilik ve İklim Değişikliği Çalışma Grubu Üyesi / İstanbul Teknik Üniversitesi
koyuncu[at]itu.edu.tr / ORCID: 0000-0001-8354-1889

Prof. Koyuncu, İstanbul Teknik Üniversitesi'nde (İTÜ) Çevre Mühendisliği Profesörü, İTÜ eski Rektörü, Ulusal Membran Teknolojileri Araştırma Merkezi Müdürü ve Türkiye Bilimler Akademisi üyesidir. Lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerini İTÜ'den almış, ABD'de Rice Üniversitesi'nde ve Belçika'da doktora sonrası araştırmalar yürütmüştür. Araştırmaları su ve atıksu arıtımı, membran teknolojileri, çevresel nanoteknoloji ve su geri kazanımı üzerine odaklanmaktadır. 200'ün üzerinde bilimsel makale yayımlamış ve 300'den fazla konferans sunumu gerçekleştirmiştir. TÜBİTAK Genç Bilim İnsanı Ödülü ve ECO Uluslararası Ödülü'nün sahibidir.

Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN

TÜBA Çevre, Biyolojik Çeşitlilik ve İklim Değişikliği Çalışma Grubu Yürütücüsü
Necmettin Erbakan Üniversitesi / meaydin[at]erbakan.edu.tr / ORCID: 0000-0001-6665-198X

Prof. Aydın, Konya'daki Selçuk Üniversitesi'nde İnşaat Mühendisliği eğitimi almış ve 1993 yılında İngiltere'deki Loughborough Teknoloji Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde içme suyu arıtımı alanında doktorasını tamamlamıştır. 1997 yılında Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde doçent olarak atanmıştır. 2003 yılından itibaren önce Selçuk Üniversitesi'nde, ardından 2012'den itibaren Konya'daki Necmettin Erbakan Üniversitesi'nde Çevre Mühendisliği alanında profesör olarak görev yapmıştır. 2018'den bu yana Necmettin Erbakan Üniversitesi İnşaat Mühendisliği'nde profesör olarak çalışmaktadır. Öğretim ve araştırma alanları arasında su temini, atıksu bertarafı, su kirliliği, su ve atıksu arıtımı, ekotoksikoloji, PAH'lar, PCB'ler, pestisitler, ilaçlar ve çevredeki yasadışı maddeler yer almaktadır. Prof. Dr. Aydın, uluslararası hakemli dergilerde ve bildiri kitaplarında 235 makale; ulusal sempozyumlarda 82 sunum; 14 uluslararası kitap bölümü, 6 kitap editörlüğü ve ortak editörlük yayımlamıştır.

Prof. Dr. Ibrahim DINCER

TÜBA Enerji Çalışma Grubu Yürütücüsü / Ontario Teknoloji Üniversitesi / Yıldız Teknik Üniversitesi
Ibrahim.Dincer[at]ontariotechu.ca / ORCID: 0000-0002-7092-2102

Prof. Dincer, Türkiye Bilimler Akademisi'nin (TÜBA) asli üyesi olup TÜBA Enerji Çalışma Grubu Başkanlığı görevini yürütmektedir. Ontario Teknoloji Üniversitesi'nde kadrolu profesör olan ve Yıldız Teknik Üniversitesi ile bağlantılı olan Dincer, sürdürülebilir enerji teknolojileri alanındaki öncü çalışmalarıyla tanınmaktadır; çok sayıda kitap ve kitap bölümü ile hakemli dergi ve konferans makalesi yazmış/ortak yazarlık yapmıştır. Birçok ulusal ve uluslararası konferans, sempozyum, çalıştay ve teknik toplantıya başkanlık etmiştir. Çok sayıda açılış konuşması ve davetli ders vermiştir. Çeşitli uluslararası bilimsel kuruluş ve derneklerin aktif üyesi olup birçok saygın uluslararası dergide baş editör, ortak editör, bölge editörü ve yayın kurulu üyesi olarak görev yapmaktadır. Ontario, Kanada'daki Premier Araştırma Mükemmelliği Ödülü de dahil olmak üzere çeşitli araştırma, öğretim ve hizmet ödüllerinin sahibidir. Son yedi yıldır Thomson Reuters tarafından Mühendislik alanında En Etkili Bilimsel Zihinlerden ve en çok atıf alan araştırmacılardan biri olarak tanınmaktadır.

Prof. Dr. Kazım ŞAHİN

TÜBA Gıda ve Beslenme Çalışma Grubu Yürütücüsü / Fırat Üniversitesi / nsahinkm[at]yahoo.com
ORCID: 0000 0001 9542 5244

Prof. Şahin, 1990 yılında Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi'nden onur derecesiyle mezun olmuştur. 1994 yılında Fırat Üniversitesi'nde doktora unvanını almıştır. 2011 yılında Avrupa Kanatlı Veteriner Bilimleri Koleji Diplomatı seçilmiş, bu göreve Eylül 2021'de üçüncü kez seçilmiştir. Prof. Şahin, 2012 yılında Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) asli üyeliğine seçilmiştir. 2014 yılında TÜBA Gıda ve Beslenme Çalışma Grubu Yürütücü olmuştur. Aralık 2018'de TÜBA Konsey üyeliğine seçilmiştir. 2019'da TÜBİTAK tarafından, "kronik hastalıkların (kanser, metabolik sendrom, obezite vb.) önlenmesi ve tedavisinde hedefe yönelik moleküler beslenme stratejilerinin belirlenmesine ilişkin yüksek nitelikli uluslararası çalışmaları" nedeniyle sağlık alanında Bilim Ödülü'ne layık görülmüştür. SCI ve SCI-Expanded dergilerinde yayımlanmış 297 makalesi bulunmaktadır. H-indeksi 63'tür. Amerikan Patent Enstitüsü'nden patentleri vardır. İngilizce ve Türkçe kitap bölümlerinin yazarıdır. Başta Avrupa Birliği 6. Çerçeve Programı projeleri olmak üzere birçok uluslararası projede koordinatör veya araştırmacı olarak çalışmıştır. Birçok uluslararası kongrede Düzenleme Kurulu Başkanlığı ve üyeliği yapmıştır.

Prof. Dr. Fatih GÜLTEKİN

TÜBA Gıda ve Beslenme Çalışma Grubu Üyesi / Lokman Hekim Üniversitesi
fatih.gultekin[at]lokmanhekim.edu.tr / ORCID: 0000-0003-2888-3215

Prof. Gültekin, önde gelen bir Türk hekim, biyokimya uzmanı ve Ankara'daki Lokman Hekim Üniversitesi Rektörü'dür. 1990 yılında Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden mezun olmuş, ardından Tıbbi Biyokimya alanında doktorasını tamamlamıştır. 2007 yılında profesörlük unvanını almış ve Fulbright bursiyeri olarak University of Texas Health Science Center'da melatonin üzerine ileri düzey araştırmalar yürütmüştür. Türkiye Bilimler Akademisi'nin (TÜBA) asli üyesi olan Dr. Gültekin, gıda katkı maddeleri, sağlıklı beslenme ve helal gıda standartları konusunda önde gelen bir ulusal uzmandır. 100'ün üzerinde bilimsel makale yayımlamış olup halen Helal Ürün Uygulama ve Araştırma Merkezi'ni yönetmektedir.

Prof. Dr. Emine Didem EVCİ KİRAZ

TÜBA Çevre, Biyolojik Çeşitlilik ve İklim Değişikliği Çalışma Grubu Üyesi
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi / devci[at]yahoo.com / ORCID: 0000-0003-0090-5590

Prof. Dr. Evci Kiraz, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi'nde önde gelen bir Türk Halk Sağlığı Profesörü'dür. 1989 yılında Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden mezun olmuş ve kariyerini halk sağlığı ve çevre sağlığına adamıştır. "Sağlıklı Kentler" girişimleri, kentsel sağlık ve iklim değişikliğinin sağlık üzerindeki etkileri konusunda tanınmış ulusal ve uluslararası bir uzmandır. Kariyeri boyunca Türkiye Sağlık Bakanlığı'na ve Kentsel Çalışmalar Enstitüsü'ne danışmanlık yapmıştır. 60'ın üzerinde bilimsel makale yayımlamış olup sürdürülebilir, iklim dirençli kentsel çevrelerin inşasına odaklanan projelere aktif olarak liderlik etmektedir.

Prof. Dr. Osman Atilla ARIKAN

İstanbul Teknik Üniversitesi / arikan[at]itu.edu.tr / ORCID: 0000-0002-0716-1865

Prof. Arıkan, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesidir. Akademik çalışmaları atık yönetimi, sıfır atık, döngüsel ekonomi, organik atıkların biyolojik arıtımı ve kaynak geri kazanımı, anaerobik çürütme, katı atık düzenli depolama sahalarında depo gazı ve sızıntı suyu yönetimi, arıtma çamuru yönetimi ile inşaat ve yıkıntı atıklarının geri kazanımı ve deprem atıklarının sürdürülebilir yönetimi konularına odaklanmaktadır. Ulusal ve uluslararası çok sayıda araştırma ve uygulama projesinde proje koordinatörü ve araştırmacı olarak görev yapmış, birçok lisansüstü tezine danışmanlık etmiş ve çevre mühendisliği ile atık yönetimi alanlarında bilimsel yayınlar yapmıştır.

Prof. Dr. Erol KAM

İstanbul Teknik Üniversitesi / kamerol[at]itu.edu.tr / ORCID: 0000-0001-5850-5464

Prof. Kam, İstanbul Teknik Üniversitesi'nde (İTÜ) Fen Fakültesi Dekanlığı görevini yürüten deneyimli bir nükleer fizikçidir. Dr. Kam, çevresel radyoaktivite, radyasyon teknolojisi ve nükleer fizik uygulamaları alanlarında uzmanlaşmıştır. Halen İTÜ'deki Nötron Aktivasyon Analizi Laboratuvarı'nı yönetmekte, radyasyon zırhlama ve nükleer güvenlik konularında ileri düzey araştırmalara öncülük etmektedir. Uluslararası dergilerde geniş kapsamlı yayınlar yapmış olup Türkiye'de çevresel radyasyon izleme ve sürdürülebilir nükleer enerji altyapısına önemli veriler sunmuştur.

Prof. Dr. Cem KORKUT

TÜBA Sürdürülebilir Kalkınma ve Finans Çalışma Grubu Üyesi / Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
ckorkut[at]aybu.edu.tr / ORCID: 0000-0002-1104-5330

Prof. Korkut, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi'nde (AYBÜ) Finans ve Bankacılık Profesörü ve Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) Başkan Danışmanı'dır. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi'nden (TOBB ETÜ) mezun olmuştur. AYBÜ'den İktisat alanında yüksek lisans, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi'nden (İZÜ) İslami İktisat ve Uluslararası Finans alanında doktora derecesine sahiptir. Araştırmaları İslami bankacılık ve finans, İslam ekonomisi, sürdürülebilir finans, makroekonomik politika, farklı toplumların kalkınma paradigmaları ve Osmanlı mali tarihi üzerine odaklanmaktadır. Ayrıca kamu kurumlarına, ulusal ve uluslararası şirketlere danışmanlık hizmeti vermektedir.

Doç. Dr. Mürsel DOĞRUL

TÜBA Uluslararası İlişkiler Çalışma Grubu Üyesi / Milli Savunma Üniversitesi
mursel.dogrul[at]msu.edu.tr / ORCID: 0000-0002-0637-843X

Doç. Dr. Doğrul, Uluslararası İlişkiler alanında uzmanlaşmış Milli Savunma Üniversitesi'nde Doçenttir. Lisans derecesini Uluslararası İlişkiler alanında almıştır. Japonya'nın terörle mücadele politikasına odaklanan bir yüksek lisans derecesi almış ve doktorasını 2021 yılında Milli Savunma Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Japan Foundation bursiyeri olarak 2023 yılında Meiji Üniversitesi'nde misafir araştırmacı olmuş, 2024 yılında ise Tokyo Üniversitesi'nde Erasmus bursiyeri olarak görev yapmıştır. Araştırma ilgi alanları arasında güvenlik çalışmaları, Japon dış politikası, enerji politikası ve uluslararası güvenlik yer almaktadır. Dr. Doğrul, gelişen dinamiklerini inceleyen akademik çalışmalarıyla küresel güvenlik ve uluslararası ilişkiler alanına önemli katkılarda bulunmuştur. Halen Türkiye Genç Akademisi Başkanlığı görevini yürütmektedir.

Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir TAŞDELEN

TÜBA Bilgi Teknolojileri, İletişim ve Yapay Zekâ Çalışma Grubu Üyesi
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi / abdulkadirtasdelen[at]aybu.edu.tr / ORCID: 0000-0003-4402-1463

Dr. Taşdelen, doktorasını Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği alanından almıştır. Bilgisayar bilimleri ve biyoinformatik alanlarında çok sayıda yayın yapmıştır. Araştırmaları özellikle pre-miRNA sınıflandırması ve COVID-19 analizi gibi alanlarda yapay zekâ ve derin öğrenme uygulamalarına odaklanmaktadır. Ayrıca çalışmalarını çeşitli uluslararası konferanslarda sunmuş ve birçok fonlu araştırma projesine katkıda bulunmuştur. Son çalışmaları blok zinciri teknolojileri ve yeşil bilişim alanlarını da kapsamaktadır. Dr. Taşdelen, daha önce International Islamic University Malaysia (IIUM) Mühendislik Fakültesi'nde doktora sonrası araştırmacı olarak çalışmıştır. Akademik kariyerinin yanı sıra Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Dekan Yardımcılığı da dahil olmak üzere çeşitli idari görevlerde bulunmuştur. Ayrıca Yükseköğretim Kurulu'nda (YÖK) danışman olarak çalışmış olup halen Türkiye Bilimler Akademisi'ne (TÜBA) danışmanlık yapmaya devam etmektedir.

Dr. Doğan ERDEMİR
Ontario Teknoloji Üniversitesi / dogan.erdemir[at]ontariotechu.ca / ORCID: 0000-0002-7995-4629

Dr. Erdemir, Kanada'nın Oshawa kentindeki Ontario Teknoloji Üniversitesi'nde bulunan Temiz Enerji Araştırma Laboratuvarı'nda (CERL) kıdemli araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Araştırmaları ağırlıklı olarak sürdürülebilir enerji sistemleri üzerine odaklanmakta olup üretimden depolamaya ve kullanıma kadar hidrojen ve amonyak enerji teknolojileri konusunda uzmanlaşmıştır. Çalışmaları ayrıca enerji depolama teknolojilerini ve şebeke esnekliği yöntemlerini de kapsamaktadır. Uluslararası düzeyde yayımlanmış kitap, dergi makalesi ve konferans sunumlarıyla bilim camiasına aktif katkı sağlamaktadır.

Dr. Ayşegül Yağmur GÖREN
Yıldız Teknik Üniversitesi / ayagmur.goren[at]yildiz.edu.tr / ORCID: 0000-0003-1114-6059

Dr. Gören, Yıldız Teknik Üniversitesi Temiz Enerji Teknolojileri Enstitüsü'nde Doktor Öğretim Üyesi'dir. Temiz enerji, su kaynakları yönetimi ve çevresel kimya mühendisliği alanlarında uzmanlaşan Gören, doktorasını İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nden almıştır. 60'ın üzerinde Web of Science kapsamındaki yayını ve 1.300 atıfıyla güçlü bir akademik geçmişe sahip olup H-indeksi 20'nin üzerindedir. Mevcut görevinde yenilenebilir enerji uygulamaları, sürdürülebilir su arıtımı ve çevre dostu kimyasal süreçler üzerine araştırmalar yürütmektedir. Uzmanlığı malzeme karakterizasyonu ve işbirlikçi yeşil teknoloji projelerini kapsamakta olup, lisansüstü araştırmacılara mentorluk yapmakta ve yüksek etkili dergilerde yayın yapmaya devam etmektedir.

Dr. Kadriye Elif MAÇİN
İstanbul Teknik Üniversitesi / macin[at]itu.edu.tr / ORCID: 0000-0002-5989-7954

Dr. Maçin, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Çevre Mühendisliği Bölümü'nde akademik kadro üyesidir; lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimlerini bu bölümde tamamlamış, doktora çalışmaları sırasında Danimarka Teknik Üniversitesi'nde (DTU) misafir araştırmacı olarak bulunmuştur. Araştırmaları yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA), atık yönetimi, sıfır atık, döngüsel ekonomi, binaların karbon emisyonları ve sürdürülebilir üniversiteler üzerine yoğunlaşmaktadır. Bilimsel araştırma projelerinde yer almakta olup çevresel sistem analizi ve dekarbonizasyon stratejisi konularında uluslararası hakemli dergilerde yayın yapmaktadır.

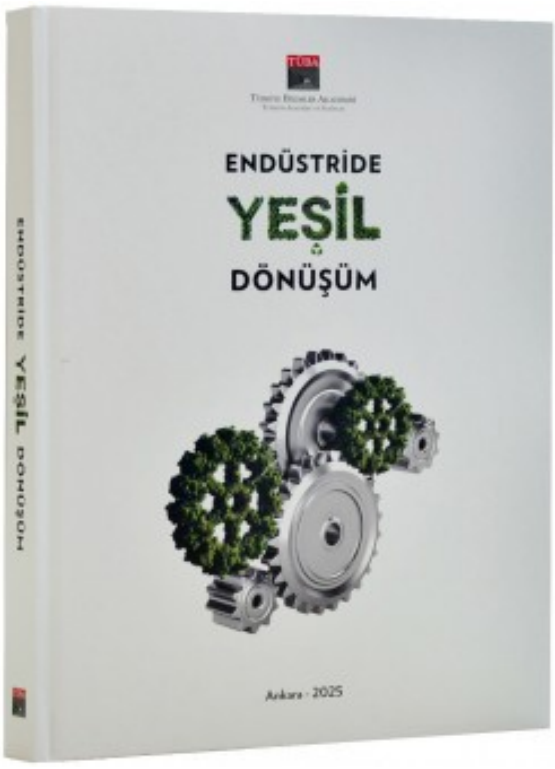
Dr. Zeynep AYSAN ŞAHİNTAŞ
Türkiye Bilimler Akademisi / zeynep.aysan[at]tuba.gov.tr / ORCID: 0000-0002-0125-3048

Dr. Şahintaş, Boğaziçi Üniversitesi İngiliz Dili Eğitimi (ELT) Bölümü'nden mezun olmuştur. Adnan Menderes Üniversitesi Hazırlık Okulu'nda birkaç yıl öğretmenlik yaptıktan sonra Bilkent Üniversitesi'nde TEFL Programı'nda yüksek lisansını tamamlamıştır. Daha sonra Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde (ODTÜ) araştırma görevlisi olarak çalışmak üzere kabul edilmiş ve İngiliz Dili Eğitimi alanında doktora yapmıştır. Araştırma makaleleri yayımlamış ve uluslararası araştırma projelerinde araştırmacı olarak çalışmıştır. Başlıca ilgi alanları öğretmen eğitimi, çok dillilik ve sosyodilbilimdir. Halen Türkiye Bilimler Akademisi'nde uzman olarak çalışmakta, ayrıca ODTÜ'de yarı zamanlı öğretim görevlisi olarak sosyodilbilim dersleri vermektedir.



Okumak için lütfen kodu taratın

Okumak için lütfen kodu taratın





Okumak için lütfen kodu taratın

Okumak için lütfen kodu taratın



NOTLAR

Bu sentez rapor, COP31'e giden yolda Türkiye Bilimler Akademisi (TÜBA) Çalışma Gruplarından 17 bilim insanının ortak uzmanlığını bir araya getiren çok disiplinli bir eser olarak hazırlandı. Yedi bölümden oluşan rapor, elektrifikasyon ve sıfır atıktan iklime dayanıklı şehirlere ve yeşil sanayileşmeye uzanan, bilime dayalı bir yol haritası çiziyor. Rapor, eğitim, teknoloji ve yapay zekânın dünya genelinde iklim dayanıklılığını nasıl hızlandırabileceğini de ele alıyor. Özenli ve titiz bilimsel araştırmalara dayanan sentez çalışma, COP31 Eylem Gündemi için somut politika önerileri sunarken TÜBA'nın kanıta dayalı iklim bilimine ve uluslararası iş birliğine olan bağlılığını yansıtıyor. Bilim insanları, politika yapıcılar ve diplomatlar için hazırlanan rapor, ortak sorumluluğa dayalı küresel bir mutabakat çağrısında bulunuyor. Türkiye, Antalya'da COP31'e ev sahipliği yapmaya hazırlanırken bu rapor, iklim eylemi için bilimsel bir rehber niteliği taşıyor. Sonuç olarak rapor, kalıcı barışta olduğu gibi kalıcı sürdürülebilirliğin de uluslar ve disiplinler arası birlikteliğe bağlı olduğunu ortaya koyuyor.

TÜBA
Türkiye Bilimler Akademisi
Turkish Academy of Sciences
Vedat Dalokay Caddesi No: 112, 06670 Çankaya/ANKARA
Tel: +90 (312) 442 29 03 Faks: +90 (312) 442 72 36

TÜBA genç akademi
TURKISH YOUNG ACADEMY of SCIENCES
www.tuba.gov.tr
www.facebook.com/TUBAakademi
x.com/TUBAakademi

ISBN 978-625-8352-83-2