

INTEGRATED MOBILITY FOR CARBON-FREE TRANSPORTATION

UĞUR TEKİN

ABSTRACT

The transport sector accounts for one-fourth of global greenhouse gas emissions, making it a critical field in the fight against climate change. In this context, a mere focus on vehicle technology is insufficient; a structural and behavioral transformation of the transportation system is also essential. This study centers on the concept of "integrated mobility" as a key to achieving carbon-neutral transport, offering a comparative analysis of Türkiye's current transport policies and infrastructure alongside leading European countries. The paper explores core components such as travel demand management, modal shift strategies, electric vehicle penetration, public transport integration, and digitalization within the Avoid – Shift – Improve framework. The findings reveal that Türkiye must adopt holistic, data-driven, and inclusive policy approaches to effectively progress toward a carbon-neutral transport future.

Keywords: Carbon-neutral Transport, Integrated Mobility, Intelligent Transport Systems, Electric Vehicles, Sustainable Mobility, Avoid-Shift-Improve

Ulaştırma Mühendisi, İstanbul Üniversitesi

Mail: Tekinugur9@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7672-5971>

Makale Atıf Bilgisi:	Tekin, U. (2025). "Karbonsuz Ulaşım için Bütünleşik Hareketlilik". <i>Ulaştırma ve Altyapı</i> , Yıl: 2, Sayı: 2, s. (94-115)
Makale Türü:	Araştırma
Geliş Tarihi:	20.04.2025
Kabul Tarihi:	10.06.2025
Yayın Tarihi:	25.06.2025
Yayın Sezonu:	Ocak-Haziran 2025

KARBONSUZ ULAŞIM İÇİN BÜTÜNLEŞİK HAREKETLİLİK

UĞUR TEKİN

ÖZ

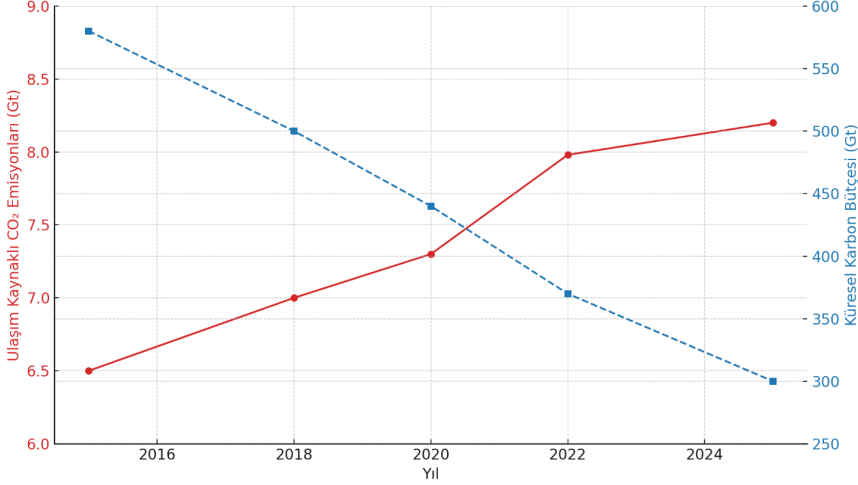
Ulaşım sektörü, küresel sera gazı emisyonlarının %15' ini oluşturarak iklim değişikliğiyle mücadelede kilit bir alan teşkil etmektedir. Bu bağlamda, sadece araç teknolojilerinde yenilik değil, aynı zamanda ulaşım sisteminin yapısal ve davranışsal dönüşümü de gereklidir. Bu çalışma karbon nötr ulaşım hedefine ulaşmak için "bütünleşik hareketlilik" kavramını merkeze alarak, Türkiye'nin mevcut ulaşım politikalarını ve altyapısını Avrupa ülkeleriyle karşılaştırmalı olarak analiz etmektedir. Makalede Avoid – Shift – Improve (Önle – Kaydır – İyileştir) çerçevesi doğrultusunda ulaşım talebini yönetimi, modal kayma stratejileri, elektrikli araç yaygınlığı, toplu taşıma entegrasyonu ve dijitalleşme gibi temel bileşenler derinlemesine incelenmiştir. Elde edilen bulgular, Türkiye'nin karbonsuz ulaşım vizyonuna erişebilmesi için bütüncül, veri odaklı ve kapsayıcı politika yaklaşımlarının geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Karbon Nötr Ulaşım, Bütünleşik Hareketlilik, Akıllı Ulaşım Sistemleri, Elektrikli Araçlar, Sürdürülebilir Ulaşım, Önle – Kaydır – İyileştir

1. Giriş ve Kavramsal Çerçeve

1.1. Giriş

İklim değişikliğinin etkilerinin giderek şiddetlenmesi, ulaşım sektörünü karbon emisyonlarının azaltılmasında en kritik müdahale alanlarından biri haline getirmiştir; zira sektör, doğrudan fosil yakıt kullanımına dayalı yapısı nedeniyle yüksek oranda sera gazı salımı üretmektedir (Ritchie & Roser, 2024). 2022 yılı itibariyle sadece ulaşım sektöründen kaynaklanan küresel karbondioksit (CO₂) emisyonları 7,98 gigaton gibi rekor bir düzeye ulaşmıştır ve bu miktar, Paris Anlaşması kapsamında belirlenen 1,5°C'lik küresel ısınma sınırıyla uyumlu kalan karbon bütçesini hızla tüketmektedir. Gigaton mertebesindeki bu yüksek emisyon değerleri, sıcaklık artışının kontrolünü zorlaştırmakta ve ulaşımın iklim hedefleriyle çelişen en büyük emisyon kaynaklarından biri olduğunu açıkça ortaya koymaktadır (Ritchie & Roser, 2024; Clean Energy Wire, 2024).



Şekil 1: Ulaşım Emisyonları ile 1.5°C Hedefine Uyumlu Karbon Bütçesi Arasındaki İlişki (IPCC (2022)).

Şekil 1, 2015–2025 yılları arasında ulaşım sektöründen kaynaklanan yıllık CO₂ emisyonlarının (gigaton) istikrarlı biçimde arttığını ve aynı dönemde 1,5°C küresel ısınma hedefiyle uyumlu kalan toplam karbon bütçesinin hızla azaldığını göstermektedir. 2022 yılında ulaşım kaynaklı emisyonların 7,98 gigaton seviyesine ulaşması, sadece bu sektörün dahi karbon bütçesinin önemli bir kısmını tek başına tükettiğini ortaya koymaktadır. Bu durum ulaşımın yalnızca yüksek emisyon üreticisi olmasıyla değil, aynı zamanda sıcaklık artışının kritik sınırı olan 1,5°C hedefini tehlikeye atması bakımından da stratejik müdahale gerektiren bir alan olduğunu göstermektedir. Ulaşım emisyonlarının bu hızda artmaya devam etmesi durumunda, 2050'ye kadar ulaşım sektöründen kaynaklanan karbon salımlarının 2020

seviyelerine kıyasla %59 oranında azaltılması gerekecektir. Bu bağlamda sektörün dekarbonizasyonu sadece teknik çözümlerle değil, aynı zamanda davranışsal ve yapısal dönüşümlerle mümkün olacaktır (UIC Communications, 2022). Dolayısıyla karbon nötr ulaşım vizyonu yalnızca elektrikli araçlara geçişi değil, ulaşımın tüm modları arasında bütüncül bir yeniden yapılandırmayı da gerektirir (IPCC, 2022).

1.2. Bütünleşik Hareketlilik

Karbonsuz bir ulaşım sistemine geçişin merkezinde yer alan bütünleşik hareketlilik (entegre mobilite) kavramı, bireysel araç sahipliğine dayalı ulaşım anlayışının yerine; toplu taşıma, bisiklet, yaya, mikromobilite ve paylaşımlı ulaşım gibi sürdürülebilir modların entegre edildiği bir sistem önerir (MIT Climate Portal, 2023). Bu yaklaşım bireylerin özel araca ihtiyaç duymadan, farklı ulaşım türleri arasında kolay, kesintisiz ve zaman/maliyet açısından rekabetçi bir geçiş yapabilmesini hedefler. Entegre ulaşım sistemleri; fiziksel, zamansal, tarife ve bilgi entegrasyonunu içerir (IPCC, 2022). Bu sistemlerin merkezinde yer alan Mobility as a Service (MaaS) platformları, dijital ortamda rota planlama, rezervasyon ve ödeme işlemlerini bir arada sunarak kullanıcı deneyimini geliştirir (The Guardian, 2023).

1.3. Avoid – Shift – Improve Yaklaşımı

IPCC ve Avrupa Çevre Ajansı'nın önerdiği "Avoid – Shift – Improve" çerçevesi, entegre hareketliliğin bilimsel temelini oluşturur (UIC Communications, 2022). Buna göre:

Avoid (Önleme): Gereksiz yolculukların azaltılması, şehir planlaması ve dijital trafik optimizasyonu yoluyla toplam seyahat ihtiyacının düşürülmesi,

Shift (Kaydırma): Fosil yakıtlı özel araçlardan, düşük/sıfır emisyonlu ulaşım modlarına geçişin teşvik edilmesi,

Improve (İyileştirme): Mevcut sistemlerde enerji verimliliğinin artırılması ve temiz araç teknolojilerinin yaygınlaştırılması (International Energy Agency, 2024).

Bu bileşenlerin birlikte uygulanması, karbon emisyonlarının etkin bir şekilde azaltılmasını sağlar. Yalnızca elektrikli araçlara geçiş bu çerçevenin sadece "Improve" kısmına denk gelir ve tek başına yeterli etkiyi yaratmaz (IPCC, 2022).

1.4. Neden Türkiye için Kritik?

Türkiye'nin ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonları, 1990'lardan bu yana artış eğilimindedir. Bu artışın nedenleri arasında nüfus büyümesi, özel araç sahipliğindeki artış ve raylı sistem yatırımlarının görece geç başlaması yer almaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı strateji belgelerinde ulaşımın iklim hedeflerindeki rolüne vurgu yapılmaktadır. Ancak AB ülkeleriyle karşılaştırıldığında, Türkiye'nin hâlâ yapısal dönüşümlere ihtiyacı olduğu açıktır. Tablo

1'de Türkiye için küresel düzeyde ulaşım modlarına göre karbon emisyonlarının karşılaştırması gösterilmektedir. Türkiye'de karayolu taşımacılığı hem yolcu hem de yük taşımacılığı bağlamında sera gazı emisyonlarının yaklaşık %93'ünü oluşturarak sektörel dağılımda açık ara öne çıkmaktadır. Oysa küresel ölçekte bu oran yaklaşık %74 civarındadır (IPCC, 2022). Bu çarpıcı fark, Türkiye'de demiryolu ve denizyolu gibi daha sürdürülebilir ulaşım modlarının yeterince yaygınlaşmadığını ve ulaşım sisteminde karayoluna aşırı bağımlılık olduğunu göstermektedir.

Ulaşım Modu	Türkiye Emisyon Payı (%)	Küresel Emisyon Payı (%)
Karayolu	93.0	74.0
Demiryolu	0.7	1.0
Denizyolu	2.0	11.0
Havayolu	4.0	10.0
Diğer (özel ulaşım araçları vb.)	0.3	4.0

Tablo 1: Küresel düzeyde ulaşım modlarına göre karbon emisyonlarının karşılaştırması (REN21 (2023), Demiralay & Duran (2024)).

Küresel ortalamalara kıyasla Türkiye'de demiryolu ve denizyolu taşımacılığının emisyon paylarının düşük olması, bu modların yeterince kullanılmadığını ve karayoluna aşırı bağımlılığın sürdürülebilirlik açısından önemli bir sorun teşkil ettiğini göstermektedir. Bu veriler Türkiye'nin ulaşım sektöründe daha dengeli ve sürdürülebilir bir mod dağılımına geçiş yapmasının önemini vurgulamaktadır. Demiryolu ve denizyolu taşımacılığının teşvik edilmesi, karayolu taşımacılığına olan bağımlılığı azaltarak karbon emisyonlarının düşürülmesine katkı sağlayabilir.

2. Sürdürülebilir Ulaşımda Türkiye ve Avrupa: Bir Dönüşüm Karşılaştırması

Elektrikli araçlar, toplu taşıma, yük taşımacılığı, mikromobilité ve emisyon eğilimleri gibi başlıklar, ulaşım sistemlerinin karbon ayak izini doğrudan etkileyen temel bileşenlerdir. Her bir alt başlık, belirli bir ulaşım politikası alanında Türkiye ile Avrupa ülkeleri arasındaki farkları veri temelli olarak ortaya koymakta ve Türkiye'nin bu alandaki gelişim ihtiyaçlarını bütüncül biçimde analiz etmeye olanak tanımaktadır. Bu yapı sayesinde, dönüşüm potansiyeli yüksek olan alanlar belirlenmiş ve stratejik öncelikler temellendirilmiştir.

2.1. Türkiye ve Avrupa'da Elektrikli Araçların Yaygınlaşması: Teşviklerin Rolü

Elektrikli araç (EV) dönüşümü, karbon nötr ulaşım vizyonunun en çok görünür bileşenlerinden biridir. Ancak ülkeler arasında bu dönüşümün hızı, uygulanan teş-

viklerin kapsamı ve şarj altyapısının yaygınlığına göre büyük farklılık göstermektedir (Statista, 2024). Norveç, 2024 yılı itibarıyla yeni araç satışlarında tamamen elektrikli araç (battery electric vehicle - BEV) satışıyla %89 oranla dünya lideridir (International Energy Agency, 2024). Bu başarı kapsamlı vergi muafiyetleri (KDV, ÖTV), ücretsiz otopark ve feribot geçişleri gibi teşviklerle desteklenmiştir. Hollanda (%34), İsveç (%55) ve Danimarka (%38) gibi ülkeler de BEV satış oranları açısından üst sıralarda yer almakta ve aynı zamanda yaygın şarj altyapıları ile bu ivmeyi desteklemektedir (EAFÖ, 2024). Türkiye ise 2022 yılında yalnızca 7.733 adet bataryalı elektrikli otomobil (BEV) satışı gerçekleştirmişken, bu sayı 2024'te 99.489'a ulaşarak %10'luk pazar payına erişmiştir (Khudolii, 2023). Yerli üretici TOGG'un piyasaya girmesi ve Tesla gibi küresel markaların Türkiye operasyonlarını başlatması bu artışta önemli rol oynamıştır. Bu hızlı artış, Türkiye'nin 2023 yılında yıllık bazda elektrikli araç satışı büyümesinde dünya genelinde ilk sıraya yerleşmesini sağlamıştır (EV Universe, 2024). Bununla birlikte, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) verilerine göre, 2024 sonu itibarıyla Türkiye'de 25.096 halka açık şarj noktası bulunmaktadır. Bu sayı; 15.327 AC ve 9.769 DC istasyonu ile toplam 1.644 MW kurulu güç kapasitesini içermektedir (Türkiye Today, 2024; SCU Power, 2024). Ancak kişi başına düşen elektrikli şarj istasyon sayısı açısından Türkiye, Avrupa ortalamasının gerisindedir. Örneğin Hollanda'da 100.000 kişiye 800'den fazla, Norveç'te ise 300'den fazla şarj noktası düşerken, Türkiye'de bu oran 30 civarındadır (Gridserve, 2024; Current News, 2024).

Bu tablo Türkiye'nin şarj altyapısında bölgesel dengesizlikleri gidermek, kırsal kapsayıcılığı artırmak ve hızlı şarj (DC) noktalarını yaygınlaştırmak için yapısal adımlar atması gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda %75'e varan yatırım hibeleri ve otoyol şarj istasyonu zorunluluğu gibi uygulamalar olumlu gelişmeler arasında yer almaktadır (EPDK, 2024).

2.2. Toplu Taşıma ve Raylı Sistem Kullanımı

Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde kent içi ulaşım politikaları, düşük karbon salımı ve yüksek kapasiteli taşıma sistemlerine öncelik verecek şekilde şekillenmektedir. AB genelinde, toplu taşıma, yaya ve mikromobilité odaklı entegre sistemlerin kullanım oranı oldukça yüksektir. Örneğin şehir içi ulaşımında yaya yolculuklarının payı Almanya'da %25, Hollanda'da ise %27 civarındadır. Türkiye'de bu oran yaklaşık %50 seviyesindedir (TÜİK, 2022). Ancak bu yüksek oran, sürdürülebilirlik başarısından ziyade; servis taşımacılığı eksikliği, kısa mesafe erişim sorunları ve ekonomik sınırlılıklar ile açıklanabilir. Türkiye'de servis taşımacılığı ise özellikle İstanbul ve Ankara gibi büyükşehirlerde hâlâ önemli bir yolcu taşımacılığı aracı olmakla birlikte, kayıt dışı, dağınık ve entegrasyondan uzak bir yapı sergilemektedir.

Toplu taşıma kullanım oranları açısından da Türkiye ile AB ülkeleri arasında ciddi farklar mevcuttur. Örneğin 2022 yılı itibarıyla Almanya'da kentsel yolculukların yaklaşık %28'i toplu taşıma ile gerçekleştirilirken, bu oran Hollanda'da %16 civarındadır. Türkiye'de ise toplu taşımanın payı genel olarak %19,5 düzeyindedir; ancak bu oran İstanbul gibi büyükşehirlerde %27'ye kadar çıkmaktadır (İEA, 2024;

Metro İstanbul, 2023). Toplu taşımanın modlara göre dağılımı da önemlidir: AB ülkelerinde metro, tramvay ve banliyö trenleri yüksek kapasite ile entegre biçimde çalışırken, Türkiye’de raylı sistemlerin toplam içindeki payı halen düşüktür.

Demiryolu kullanımına bakıldığında, Almanya’da kişi başına yılda ortalama 35 tren yolculuğu yapılmaktadır. Bu veri şehir içi banliyö trenleri (S-Bahn, U-Bahn) ile şehirler arası yolculukları birlikte kapsamaktadır (Euronews Türkçe, 2023). Türkiye’de ise bu değer yalnızca 1,6 düzeyindedir (Euronews Türkçe, 2023). Avrupa genelinde yıllık kişi başına ortalama demiryolu seyahat mesafesi 927 kilometre iken, Türkiye’de bu mesafe yalnızca 102 kilometre ile sınırlı kalmaktadır (European Environment Agency, 2022).

Raylı sistem altyapısı açısından da benzer bir farklılık söz konusudur. İstanbul’un toplam metro hattı uzunluğu 243 kilometre, Marmaray banliyö hattı ise 76,6 kilometre olup, toplam raylı sistem uzunluğu 319,6 kilometreye ulaşmıştır (Metro İstanbul, 2024; TCDD, 2024). Ancak bu rakam, Paris’in metro ve Bölgesel Ekspres Raylı Sistem (RER) ağıнын yaklaşık 587 kilometrelik toplam uzunluğu ile kıyaslandığında hâlâ yetersiz kalmaktadır. Ankara ve İzmir gibi diğer büyük şehirlerdeki raylı sistem uzunlukları ise Avrupa’nın orta ölçekli kentleriyle yeni yeni karşılaştırılabilir seviyelere gelmektedir.

Bu göstergeler Türkiye’nin kent içi toplu taşıma altyapısının kapasite, entegrasyon ve erişilebilirlik açısından hâlâ gelişmekte olduğunu; ancak sürdürülebilir ulaşım vizyonu kapsamında bu alandaki yatırımların daha fazla teşvik edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

AB genelinde raylı sistem yatırımları, Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planları (SUMP) doğrultusunda yürütülmektedir. Bu kapsamda, aktarma merkezlerinin güçlendirilmesi, entegre biletleme sistemlerinin kurulması ve düşük karbonlu filo dönüşümü gibi uygulamalar öne çıkmaktadır (European Commission, 2023). Türkiye’de bu dönüşüm yönünde ivme kazanılmış olsa da mevcut altyapının kapasitesi, entegrasyonu ve sürekliliği açısından daha fazla yatırım, veri temelli planlama ve kurumsal koordinasyon gereklidir.

2.3. Yük Taşımacılığında Modal Kayma

Avrupa Birliği (AB), yük taşımacılığında karayolu ağırlıklı yapıyı dönüştürmek amacıyla, karayolundan demiryolu ve denizyoluna geçişi teşvik eden taşımacılık türü kaydırma politikalarını (modal geçiş stratejileri) uygulamaktadır. Bu stratejiler hem enerji verimliliğini artırmak hem de karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla benimsenmiştir. AB genelinde demiryolu yük taşımacılığının toplam içindeki payı yaklaşık %18 düzeyindeyken, Türkiye’de bu oran sadece %5 seviyesindedir (RailFreight, 2020). Oysa 1960’lı yıllarda Türkiye’de bu oran %50’nin üzerindedir; ancak karayolu altyapısına yapılan yatırımların hız kazanmasıyla birlikte bu denge ciddi biçimde bozulmuştur.

Türkiye, 2029 yılına kadar demiryolu yük taşımacılığı oranını %10’a çıkarmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda Bakü-Tiflis-Kars gibi yeni uluslararası bağlantı hat-

ları, lojistik köylerin kurulması, organize sanayi bölgelerinin (OSB) raylı sistemle entegre edilmesi ve Avrupa'nın TEN-T (Trans-European Transport Network) ağına katılım öncelikli gündemler arasında yer almaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022). Bu hedeflerin başarıyla gerçekleştirilmesi için özel sektörün aktif katılımı, altyapı yatırımlarının desteklenmesi ve taşımacılık modları arasında geçişi kolaylaştırıcı teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi gereklidir.

AB ülkelerinde bu geçiş süreci; karayolu taşımacılığı yapan ağır vasıtalarla uygulanan karbon vergileri ile demiryolu taşımacılığına sağlanan doğrudan sübvansiyonlar sayesinde hızlandırılmaktadır. Bu tür uygulamalar hem çevresel maliyetlerin içselleştirilmesini sağlamakta hem de raylı ve denizyolu gibi daha sürdürülebilir taşıma modlarının rekabet gücünü artırmaktadır.

2.4. Mikromobilité ve Aktif Ulaşım

Hollanda'da tüm yolculukların %27'si bisikletle yapılmaktadır ve kişi başına düşen bisiklet sayısı 1'in üzerindedir. 35.000 km'yi aşan bisiklet yolu ağıyla dünya lideridir. Danimarka ve Almanya da bisikleti şehir planlamasının merkezine yerleştirmiştir (Euronews Türkçe, 2022).

Türkiye'de 2023 itibarıyla kişi başına düşen bisiklet yolu uzunluğu yaklaşık 0.02 km'dir. Konya, 550 km bisiklet yolu ile öne çıkarken; İstanbul'un 1.000 km hedefli ağı henüz %30 düzeyindedir. E-scooter kullanımında Türkiye'de 3,5 milyon kullanıcı ve 25 bin araç bulunmaktadır. Bunların çoğu kaldırım veya taşıt yolunda güvensiz kullanılmaktadır (Daily Sabah, 2024). Almanya'da 2022'de yapılan 75 milyon e-scooter yolculuğu bu modun potansiyelini göstermektedir.

WRI Türkiye'nin 2023 tarihli strateji planında bisiklet-toplu taşıma entegrasyonu, güvenli park alanları ve belediyelerde bisiklet birimleri gibi öneriler yer almaktadır (WRI Türkiye, 2023).

2.5. Ulaşım Kaynaklı Karbon Emisyonları: Eğilimler ve Politika Yansımaları

Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde ulaşım sektörü, toplam sera gazı emisyonlarının %25 ila %29'unu oluşturarak enerji ve sanayi sektörlerinin ardından en büyük üçüncü emisyon kaynağı konumundadır (IPCC, 2022). Türkiye'de bu oran %20-25 bandında seyretmekle birlikte, emisyon artış hızı AB ortalamasının üzerindedir (Climate Transparency, 2021). Özellikle son on yılda Türkiye'de karayolu kaynaklı emisyonlar %50'den fazla artış göstermiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

AB ülkelerinde ise karbon emisyonlarının artışı çoğu ülkede sınırlandırılmış veya azaltılmaya başlanmıştır. Bu sonuç modal kayma stratejileri, düşük karbonlu ulaşım modlarının teşviki ve elektrikli araçlara yönelik kapsamlı politikaların etkisiyle mümkün olmuştur. Örneğin yüksek elektrikli araç penetrasyonuna ulaşan bazı ülkeler, karayolu emisyonlarında azalma sağlamayı başarmıştır (IEA, 2024; Clean Energy Wire, 2024).

Türkiye için bu eğilim farklılığı önemli bir uyarıdır. 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda, ulaşım sektöründe kapsamlı bir dönüşüm vizyonunun geliştirilmesi zorunludur. Bu dönüşüm yalnızca elektrikli araç yatırımlarını değil, toplu taşıma altyapısının güçlendirilmesini, aktif ulaşımın desteklenmesini ve sürdürülebilir modlara geçişi kapsamalıdır.

3. Bütünleşik Hareketliliğin Dayanakları

Elektrikli araç geçişi, toplu taşıma altyapısı ve aktif ulaşım, akıllı ulaşım sistemleri ve MaaS gibi bileşenler, sürdürülebilir bir ulaşım sisteminin dayanaklarını temsil etmektedir. Her alt başlık, entegre hareketlilik vizyonunun bir boyutunu derinlemesine incelemekte ve Türkiye'nin düşük karbonlu ulaşım stratejileri açısından mevcut durumunu değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Bu yapı sayesinde, konu bütünlüğü korunurken aynı zamanda uygulama alanlarına göre detaylı ve karşılaştırmalı analizler yapılması mümkün olmuştur.

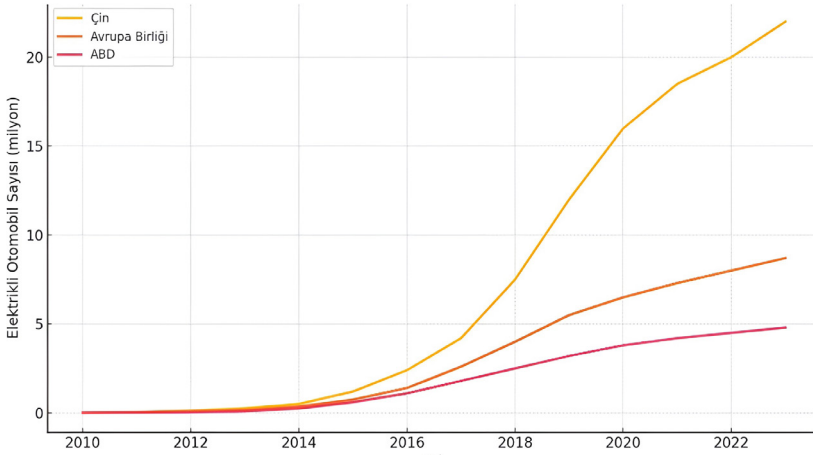
3.1. Elektrikli Araçların Geçiş Süreci ve Altyapı Gelişimi

Elektrikli araçlar (EV), karbonsuz ulaşım vizyonunun sembol bileşenidir. Ancak iklim açısından etkili olabilmesi için yalnızca satışların artması değil, aynı zamanda şarj altyapısının gelişimi ve enerji kaynağının yenilenebilir dönüşümü de gereklidir (EV Universe, 2024).

Norveç'in %89 oranla EV satışlarında liderliği, yalnızca teknik değil, aynı zamanda güçlü teşvik ve altyapı politikalarının birleşimiyle mümkün olmuştur (Statista, 2024). Türkiye ise son yıllarda hızlı bir büyüme sergileyerek 2024 yılı itibarıyla %10 pazar payına ulaşmıştır; ancak toplam araç parkı içindeki EV oranı henüz %2,6 seviyesindedir (EAFÖ, 2024).

Avrupa ülkeleriyle kıyaslandığında Türkiye, hâlâ kişi başına düşen şarj noktası sayısı ve bölgesel kapsayıcılık bakımından geride kalmaktadır (Gridserve, 2024). Yapı tasarım düzenlemeleri, otoyol şarj standartlarının geliştirilmesi ve hızlı şarj (DC) altyapısının artırılması Türkiye'nin bu açığı kapatabilmesi açısından kritik önem taşımaktadır (European Commission, 2025).

Bu bağlamda Şekil 2, Çin, Avrupa Birliği ve ABD'de 2010–2023 arasında elektrikli otomobil stokunun (araç parkı) yıllara göre gelişimini göstermektedir. Çin, EV pazarında küresel ölçekte en hızlı büyümeyi gösteren ülke olup, hem üretim kapasitesi hem de kullanıcı sayısı bakımından liderdir. ABD ise teknoloji ve yatırım temelli büyümeyi sürdürmektedir. Bu karşılaştırma, Türkiye'nin bulunduğu konumu daha net anlayabilmek için küresel eğilimlerle kıyaslamak açısından önemlidir.



Şekil 2: 2010–2023 Arası Elektrikli Otomobil Stoğunun Gelişimi (IEA,Global EV Outlook 2024)

3.2. Toplu Taşıma ve Raylı Sistem Altyapısı

Toplu taşıma bütünsel hareketliliğin taşıyıcı omurgasıdır. Raylı sistemler ise bu yapının en düşük karbon salımlı ve en yüksek kapasiteli bileşenlerinden biridir. Türkiye’de son yıllarda artan metro ve banliyö yatırımları, bu potansiyelin değerlendirilmesi yönünde önemli adımlar oluşturmıştır. Ancak mevcut raylı sistem ağlarının kapasite, entegrasyon ve süreklilik bakımından hâlâ Avrupa şehirlerinin gerisinde kaldığı açıktır.

Türkiye’deki büyükşehirler, raylı sistem yatırımlarını artırmakla birlikte, metro-tramvay hatlarını yaygınlaştırmalı, aktarma merkezlerini güçlendirmeli ve toplu taşıma sistemlerinin birbirini besleyecek şekilde yapılandırılmalıdır. (European Commission, 2025). Özellikle yüksek hızlı tren (YHT) hatlarının kent içi toplu taşıma ile bütünleştirilmesi hem şehirler arası hem de şehir içi karbon salımlarının azaltılmasına katkı sağlayacaktır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2023). Ayrıca ortak biletleme sistemleri, sefer senkronizasyonu ve fiziksel bağlantı altyapılarının geliştirilmesi hem kullanıcı deneyimini artıracak hem de özel araç bağımlılığını azaltarak karbon nötr ulaşım vizyonuna katkı sunacaktır.

3.3. Mikromobilité ve Aktif Ulaşım ile Kısa Mesafe Devrimi

Mikromobilité ve aktif ulaşım modları; bisiklet, yaya, e-scooter, e-bisiklet gibi düşük karbon salımı ve düşük maliyetli olması açısından stratejik araçlardır. Avrupa ülkelerinde bu modlar kent planlamasının temel bileşeni hâline gelmiştir. Örneğin Fransa’da bisiklet yolları 20.000 kilometreyi aşmış; Danimarka ve Almanya’da bu altyapılar motorlu taşıtlardan öncelikli planlanmıştır (European Cyclists’ Federation, 2023).

Türkiye'de ise bisikletli ulaşım ile ilişkin potansiyel yüksek olmakla birlikte altyapı yetersizlikleri, bağlantısız ağ yapısı ve politika eksiklikleri dönüşümün önünde engel teşkil etmektedir. 2023 yılı itibarıyla Konya ve İstanbul gibi büyükşehirler belirli hedefler belirlemiş olsa da mevcut uygulama düzeyi, Avrupa şehirleriyle kıyaslandığında sınırlı kalmaktadır (WRI Türkiye, 2023).

E-scooter kullanımı ise hızla artmaktadır. Ancak güvenli altyapı ve denetim eksiklikleri nedeniyle bu araçlar genellikle kaldırımlarda ya da taşıt yollarında düzensiz şekilde kullanılmakta hem sürücüler hem de yayalar açısından güvenlik sorunlarına neden olmaktadır.

Türkiye Kent İçi Bisikletli Ulaşım Strateji Planı (2030), bu alanın gelişimi için 18 somut hedef tanımlamıştır (WRI Türkiye, 2023). Bu hedeflerin hayata geçirilebilmesi için; güvenli park alanları, toplu taşımayla entegrasyon, belediye düzeyinde kurumsal kapasite ve kullanıcı farkındalığı gibi çok katmanlı uygulamalar gerekmektedir.

3.4. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS)

Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS), bütünleşik hareketliliğin dijital omurgasını oluşturarak, ulaşım modlarının senkronizasyonunu, veri paylaşımını ve gerçek zamanlı yönetimi mümkün kılar. Avrupa ülkeleri bu alanda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Örneğin Almanya, demiryolu sistemlerinde Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi (ERTMS) ile sinyalizasyon süreçlerini dijitalleştirirken; İsveç ve Hollanda, araçlar ile altyapı arasında iletişimi mümkün kılan V2X (Vehicle-to-Everything) teknolojisini dinamik trafik ışığı yönetimi için kullanmaktadır. Fransa ve İngiltere ise Navigo ve Oyster gibi akıllı kart sistemleriyle metro, otobüs, tren ve tramvay gibi tüm ulaşım modlarını entegre etmektedir (European Commission, 2025).

Türkiye, 2020–2023 Ulusal AUS Stratejisi kapsamında bu dönüşüme adım atmış ve çeşitli uygulamalar hayata geçirilmiştir. Bunlar arasında 18 bölgesel AUS merkezi kurulması, 900 km karayolu ağına V2X entegrasyonunun sağlanması, yapay zekâ destekli trafik optimizasyon sistemlerinin geliştirilmesi ve şehir içi akıllı sinyalizasyon uygulamaları yer alır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020).

3.5. Paylaşımlı Ulaşım ve Mobilite Platformları (MaaS)

Mobility as a Service (MaaS), tüm ulaşım modlarını tek bir dijital platformda birleştirmeyi hedefler (The Guardian, 2023). Helsinki bu sistemin en başarılı örneklerinden biridir.

Türkiye'de Martı, BinBin, Hop gibi mikromobilite platformları başlangıç düzeyinde MaaS benzeri hizmetler sunmakta; kullanıcılarına mobil uygulama üzerinden araç konum takibi, anlık rezervasyon ve QR ile erişim gibi temel dijital işlevleri sağlamaktadır. Ancak bu platformlar henüz ulaşım modları arası gerçek zamanlı entegrasyon, rota kombinasyonu önerisi veya aktarma bazlı zaman-maliyet optimizasyonu gibi ileri seviye MaaS özelliklerine sahip değildir. Örneğin, tek ödeme sistemiyle toplu taşıma + scooter + bisiklet entegrasyonu mevcut değildir; aktarma istatistiklerine dayalı yönlendirme ve kullanıcıya özel ulaşım önerisi

sunma yetenekleri sınırlıdır. Ayrıca büyükşehir belediyeleriyle veri paylaşımı konusunda standartlaştırılmış bir altyapı henüz oluşturulmamıştır.

MaaS'ın başarıya ulaşması için:

- Açık ve güvenli veri altyapısı,
- Modlar arası teknik, tarifeli ve ödeme entegrasyonu,
- Aktarma merkezlerinin fiziksel olarak güçlendirilmesi,
- Kullanıcı bazlı, kesintisiz deneyimi sağlayan dijital hizmetlerin yaygınlaştırılması gerekmektedir (UITP, 2021; The Guardian, 2023).

Bu sistemler özel araç bağımlılığını azaltarak karbon salımlarında önemli düşüşler sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Ancak Türkiye'de bu potansiyelin gerçeğe dönüşmesi, daha fazla kurumsal koordinasyon ve kullanıcı odaklı uygulama gerektirir.

4. Entegre Yaklaşımlar: “Avoid-Shift-Improve (ASI)” Çerçevesiyle Derinleşme

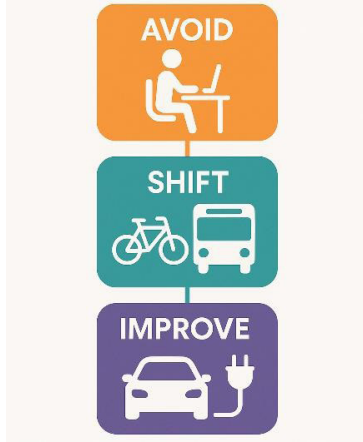
Karbonsuz ulaşım vizyonunu gerçekleştirebilmek için Avoid-Shift-Improve (ASI) çerçevesinin yalnızca ayrı ayrı uygulanması değil, eşzamanlı ve entegre biçimde hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. ASI çerçevesi, teknik çözümlerin ötesine geçerek, davranışsal, yönetsel ve mekânsal dönüşümlerin birlikte yönetilmesini hedefler. Modelin üç ayağı da tek başına belirli bir kazanım sunsa da ancak birlikte uygulandığında çarpan etkisi yaratan sistemsel dönüşüm sağlayabilir.

Örneğin sadece yolculukları önlemeye (Avoid) odaklanmak, mevcut ulaşım altyapısının verimsizliğini ortadan kaldırmazken; yalnızca mod kayması (Shift) hedeflemek, özel araç bağımlılığını tam olarak kırmayabilir. Benzer şekilde yalnızca teknolojik iyileştirmeler (Improve) yapmak, sistemin talep tarafında sürdürülemez baskılar yaratabilir. Oysa bu üç stratejinin senkronize edilmesi, hem emisyon azaltımında maksimum etki sağlar hem de sosyal kabul, ekonomik etkinlik ve yönetim verimliliği açısından uzun vadeli faydalar üretir.

Bu bütünleşik yaklaşım aynı zamanda şehirlerin ulaşım altyapısında kademeli dönüşümü mümkün kılar. Örneğin, “15 dakikalık şehir” modeli Avoid ilkesini desteklerken, aktarma merkezleriyle güçlendirilmiş raylı sistemler Shift stratejisini, elektrikli otobüs filoları ise Improve adımını temsil eder. Ancak bu sistemler tekil değil, karşılıklı beslenen yapılar hâline geldiğinde kentlerde ulaşımın karbon ayak izi anlamlı ölçüde azalmaktadır.

Türkiye'nin de ulaşım planlamasında bu bütünsel çerçeveyi yalnızca strateji belgelerinde tanımlamakla kalmayıp uygulama düzeyinde kurumsal entegrasyon, eşgüdüm ve yatırım uyumu sağlayacak şekilde benimsemesi gerekmektedir. Aksi hâlde bölgesel projeler arasında tutarsızlıklar, kaynak israfı ve sürdürülebilirlik hedeflerinden sapmalar kaçınılmaz olmaktadır.

Şekil 3'te, ulaşım sistemlerinin sürdürülebilirlik doğrultusunda yeniden yapılandırılmasını hedefleyen Avoid-Shift-Improve (Önle-Kaydır-İyileştir) modeli görselleştirilmektedir. Bu model üç temel stratejik yaklaşımı simgeler: "Avoid" (Önle) ilkesi, gereksiz yolculuklardan kaçınmayı ve seyahat ihtiyacını azaltmayı; "Shift" (Kaydır), bireysel araçlardan toplu taşıma ve aktif ulaşım modlarına geçişi; "Improve" (İyileştir) ise mevcut sistemlerin enerji verimliliğini artırmayı ve temiz teknoloji kullanımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Şekilde bu ilkeler, sırasıyla bir masa başı çalışan, bisiklet ve otobüs, elektrikli araç ikonları ile temsil edilmiştir. Avoid-Shift-Improve (ASI) çerçevesinin yalnızca kavramsal olarak tanıtılmakla sınırlı kalmayıp, her bir bileşenin Türkiye bağlamındaki uygulanabilirliğini, sorun alanlarını ve politika fırsatlarını sistematik biçimde değerlendirebilmek amacıyla tercih edilmiştir. Böylelikle "Avoid", "Shift" ve "Improve" ilkelelerinin her biri, kendi iç dinamikleri çerçevesinde detaylandırılmış; karar vericiler için uygulanabilir yol haritaları somutlaştırılmıştır.



Şekil 3: Avoid-Shift-Improve model özetini.

4.1. Avoid (Önleme): Seyahat Talebinin Azaltılması ve Verimlilik Artışı

Avoid ilkesi, toplam ulaşım ihtiyacını azaltmayı ve yolculukları daha kısa ve verimli hâle getirmeyi hedefler.

- Kentsel planlama: "15 dakikalık şehir" yaklaşımı, insanların temel ihtiyaçlarını yürüyerek veya bisikletle karşılayabileceği şekilde kentlerin tasarlanmasını önerir (IPCC, 2022).
- Transit Odaklı Gelişim (TOD): Ulaşım hatları çevresinde yoğun, karma kullanımlı yerleşim alanları teşvik edilmelidir.
- Türkiye'de sorunlar: Plansız kentleşme ve fonksiyonel ayrışma nedeniyle uzun mesafeli bireysel araçlı yolculuklar kaçınılmaz olmaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

Buna ek olarak, dijital trafik yönetimi ile rölanti süreleri ve yakıt tüketimi azaltılabilir. İstanbul'daki Mobility Lab girişimi, akıllı sinyalizasyon sistemleri ile seyahat süresinde %15- 20 azalma sağlamıştır.

4.2. Shift (Kaydırma): Düşük Emisyonlu Alternatiflere Geçiş

Shift bileşeni, yüksek karbonlu bireysel araç kullanımı yerine toplu taşıma, bisiklet, yürüme ve mikromobilité gibi düşük karbonlu modlara geçişi teşvik eder (IPCC, 2022).

Toplu Taşıma: Türkiye'de otomobil kullanım oranı çok yüksektir. Bunu azaltmak için metro ve tramvay hatlarının yaygınlaştırılması gereklidir (European Commission, 2025).

Raylı Sistem Avantajı: Avrupa'da trenle seyahat, otomobillere kıyasla %80 daha az emisyon üretmektedir (European Environment Agency, 2021).

Mikromobilité: E-scooter ve e-bisiklet gibi araçlar kısa mesafeli ulaşımda alternatif sunmaktadır. Türkiye'de bu araçlar artmakta ancak güvenli altyapı yetersizliği nedeniyle etkinlikleri sınırlıdır.

Yaya ve Bisiklet Altyapısı: Türkiye kişi başına düşen bisiklet yolu uzunluğu açısından Avrupa'nın oldukça gerisindedir.

Türkiye Kent İçi Bisikletli Ulaşım Strateji Planı (2030), bu alandaki dönüşüm için 18 hedef belirlemiştir (WRI Türkiye, 2023). Ancak uygulama düzeyinde ciddi eksiklikler bulunmaktadır.

4.3. Improve (İyileştirme): Temiz Teknoloji ve Verimli Sistemler

Improve bileşeni, mevcut ulaşım modlarını daha verimli ve daha az karbon üreten hâle getirmeyi amaçlar (International Energy Agency, 2024).

- **Elektrikli Araçlar (EV):** Türkiye'de pazar payı %10 civarındadır. Ancak fosil yakıtlı araç parkının büyüklüğü, geçiş sürecini yavaşlatmaktadır (Khudolii, 2023).
- **Şarj Altyapısı:** EV yaygınlığı için bina düzenlemeleri ve hızlı şarj istasyonlarının artırılması zorunludur (European Alternative Fuels Observatory, 2024).
- **Toplu Taşıma Filosu:** Otobüsler elektrikli/CNG araçlarla yenilenmeli, tramvay sistemleri yaygınlaştırılmalıdır (European Commission, 2025).
- **AUS ve Veri Tabanlı Sistemler:** Yapay zekâ ve büyük veri ile trafik ve filo yönetimi optimize edilebilir.

Özellikle toplu taşıma sistemlerinde sefer optimizasyonu, boş araç sayısını azaltarak hem yakıt hem emisyon tasarrufu sağlar. Aynı şekilde paylaşım sistemlerinin (ör. Martı Move) veri bazlı konumlandırılması kullanıcı verimliliğini artıracaktır (The Guardian, 2023).

Avoid – Shift – Improve bileşenlerinin birlikte hayata geçirilmesi, ulaşımda teknolojiye dayalı ama insan merkezli bir sistemsel dönüşüm yaratır. Türkiye, strateji belgelerinde bu çerçeveyi benimsese de uygulamada daha güçlü eşgüdüm ve ivme gerekmektedir.

5. Politika Önerileri ve Sonuç

Ulaşımın karbon nötr dönüşümü yalnızca teknik altyapı yatırımlarıyla sınırlı kalmayıp; mekânsal planlama, toplu taşıma entegrasyonu, aktif ulaşım stratejileri, elektrifikasyon ve dijital yönetim gibi birbirinden farklı politika alanlarını kapsamaktadır. Bu çeşitlilik önerilerin bütüncül biçimde ele alınmasını zorunlu kılmakta, aynı zamanda her bir başlığın kendi bağlamsal ve yapısal dinamikleri doğrultusunda ayrı ayrı analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle öneriler beş ana tematik alt başlık altında sunulmuştur. Her alt başlık, hem Avoid-Shift-Improve (Önle-Kaydır-İyileştir) çerçevesiyle uyumlu olacak şekilde yapılandırılmış hem de karar alıcıların, yerel yönetimlerin ve politika yapımcıların kendi yetki alanlarına giren stratejileri doğrudan tespit edebilmesini kolaylaştıracak şekilde kurgulanmıştır. Böylece akademik analiz ile uygulamaya dönük politika geliştirme süreçleri arasında etkili bir köprü kurulması amaçlanmıştır.

Türkiye'nin ulaşım sektörü son yıllarda dijitalleşme, mikromobilité, elektrikli araçlara geçiş ve raylı sistem yatırımları gibi olumlu adımlar atsa da karbon nötr bir ulaşım sistemine ulaşabilmesi için daha bütüncül, cesur ve sistematik bir stratejiye ihtiyaç duyulmaktadır (WRI Türkiye, 2022; T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2024).

Karbon nötr ulaşım hedefi yalnızca elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla değil, ulaşım talebinin yönetimi, toplu taşıma sistemlerinin entegrasyonu ve aktif ulaşım modlarının güçlendirilmesiyle mümkündür.

5.1. Mekânsal Planlama ve Ulaşım Entegrasyonu

Mekânsal planlamanın ulaşım sistemleriyle entegrasyonu hem kent içi erişilebilirliği artırmak hem de karbon emisyonlarını azaltmak açısından stratejik önem taşımaktadır. Türkiye'de kent planlama süreçleri hâlâ ulaşım odaklı bir anlayışla yürütülmemekte; ulaşım altyapısı çoğunlukla planlama sonrası uyarlamalarla geliştirilmektedir.

Şehir planlamasında ulaşım odaklılık; yalnızca yolların geçirilmesinden ibaret olmayıp, erişilebilirliğin, toplu taşıma bağlantılarının, aktif ulaşım alanlarının ve yoğunluk planlamasının ulaşım verilerine dayalı olarak bütünleşik şekilde ele alınması anlamına gelir. Örneğin bir yerleşim bölgesinin, raylı sistem hattına entegre edilmesi ancak o bölgede yeterli talep veya nüfus yoğunluğu varsa anlamlıdır. Bu nedenle, ulaşım türüne göre ihtiyaç bazlı esnek planlama yaklaşımı benimsenmelidir. Gerekse bulunduran durumlarda ise otobüs, minibüs ve mikromobilité araçlarıyla sağlanacak düşük karbonlu bağlantılar, raylı sistem alternatifi olarak değerlendirilebilir.

Bu bağlamda, "15 dakikalık şehir" (15-minute city) modeli; bireylerin temel ihtiyaçlarını; iş, eğitim, sağlık, alışveriş vb. rekreasyon faaliyetlerini yürüyerek veya bisikletle 15 dakika içinde karşılayabileceği şekilde planlanan çok işlevli ve yoğunluk ayarlı bir şehir modelidir. Parisli akademisyen Carlos Moreno tarafından geliştirilen bu model, motorlu araç bağımlılığını azaltmayı, kamusal alanları iyileştirmeyi ve karbon emisyonlarını düşürmeyi amaçlamaktadır (Moreno et al, 2021).

Türkiye'de sürdürülebilir ulaşım politikaları kapsamında bu tür mekânsal vizyonları destekleyecek çalışmalar yürütülmektedir. Özellikle Avrupa Birliği ile iş birliği içinde hazırlanan ve uygulanan Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planları (SUMP), birçok belediyede yol haritası oluşturmuştur. Konya, Eskişehir, Gaziantep, İzmir, Sakarya, Mersin ve Antalya gibi kentlerde SUMP çalışmaları yapılmış; bu çalışmalar kapsamında bisiklet yolları, aktarma merkezleri, toplu taşıma entegrasyonu gibi konular önceliklendirilmiştir (EU Türkiye Delegasyonu, 2022). Ancak bu planların büyük bir kısmı hâlâ fizibilite ve pilot düzeyinde kalmakta, uygulamaya geçişte kurumsal koordinasyon ve finansman sorunları yaşanmaktadır.

Şekil 4'te, Carlos Moreno'nun geliştirdiği 15 dakikalık şehir konsepti görselleştirilmiştir. Şekil, konut merkezli bir yaşam çevresinde bireylerin işe gitme, eğitim alma, sağlık hizmeti kullanma, alışveriş yapma ve açık alanlardan yararlanma gibi günlük faaliyetleri motorlu araca ihtiyaç duymadan gerçekleştirebildiği, erişilebilir bir kent modelini ifade etmektedir.



Şekil 4: 15 dakikalık şehir konsepti.

Bu çerçevenin Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planları (SUMP) ile yasal ve kurumsal temele oturtulması önem arz etmektedir (European Commission, 2025).

5.2. Modal Kayma ve Toplu Taşımanın Güçlendirilmesi

Ulaşım talebinin özel araçtan toplu taşıma ve sürdürülebilir modlara kaydırılması, karbon nötr ulaşım hedefleri açısından yaşamsal öneme sahiptir. IPCC'nin (2022) Altıncı Değerlendirme Raporu'nda vurgulandığı üzere, ulaşımında sürdürülebilirliğe ulaşmak için Avoid-Shift-Improve yaklaşımı temel alınmalı; bu bağlamda bireysel motorlu araçlara olan bağımlılık azaltılarak toplu taşıma, mikromobilite ve aktif ulaşım modlarına geçiş teşvik edilmelidir.

Toplu taşıma sistemlerinin erişilebilirliği, güvenilirliği ve entegrasyon düzeyi, bireylerin ulaşım tercihlerini doğrudan etkilemektedir. Türkiye'de son yıllarda raylı sistem yatırımlarında artış yaşansa da aktarma merkezlerinin yetersizliği, sefer saatlerinin senkronize olmaması ve bilet sistemlerinin parçalı yapısı, entegre ulaşımın önündeki başlıca engeller olarak öne çıkmaktadır (Erol & Erdoğan, 2017).

Bu sorunların giderilmesi için:

- Fiziksel entegrasyon: Farklı modlar arasında kesintisiz aktarma noktalarının artırılması,
- Tarifeli entegrasyon: Sefer saatlerinin birbirine uyumlu hâle getirilmesi,
- Dijital entegrasyon: Akıllı biletleme, ortak ödeme sistemleri ve gerçek zamanlı bilgilendirme hizmetlerinin sağlanması gerekmektedir.
- Ayrıca, mikromobilite araçlarının (e-scooter, paylaşımlı bisiklet vb.) toplu taşıma sistemleriyle entegre edilmesi, son kilometre sorunlarının çözülmesine katkı sağlayacaktır (UITP, 2021).

Bu çok katmanlı entegrasyon modeli, toplu taşımanın cazibesini artırarak özel araç kullanımını azaltmakta ve ulaşım sektöründeki karbon salımlarının düşürülmesine doğrudan katkı sunmaktadır.

5.3. Aktif Ulaşımın Yaygınlaştırılması

Yaya ve bisiklet gibi aktif ulaşım modlarının yaygınlaştırılması hem çevresel hem de toplumsal açıdan çarpan etkili sonuçlar doğurur. Türkiye, yaya erişimine uygun coğrafi avantajlara sahip şehirler barındırsa da, bisikletli ulaşımaya yönelik altyapı ve politika düzeyinde hâlen ciddi yetersizliklerle karşı karşıyadır. WRI Türkiye'nin (2023) hazırladığı rapora göre, Türkiye'de bisiklet yollarının uzunluğu hem kişi başına düşen oran açısından hem de bağlantılı ağ yapısı bakımından Avrupa ülkelerinin oldukça gerisindedir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Türkiye'de şehir içi yolcu-lukların yaklaşık %50'si yaya olarak gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2022). Bu oran ilk bakışta yüksek gibi görünse de, genellikle kısa mesafeli zorunlu yürüyüşlerden kaynaklanmakta; nitelikli yaya altyapısının eksikliği ve güvenlik sorunları nedeniyle sürdürülebilir bir ulaşım stratejisi olarak değerlendirilememektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM, 2016) verilerine göre, 2015 yılında meydana gelen trafik kazalarının yaklaşık %23'ü yayaya çarpma kaynaklıdır. Bu durum,

kentlerde yaya güvenliğini sağlamadığını ve altyapı eksikliklerinin ciddi bir problem teşkil ettiğini göstermektedir.

Bu bağlamda, yaya ve bisiklet altyapısının aşağıdaki unsurlar temelinde geliştirilmesi gerekmektedir:

- Geniş kapsamlı bisiklet ağı planlarının oluşturulması,
- Güvenli ve aydınlatılmış park alanlarının kent merkezlerinde yaygınlaştırılması,
- Toplu taşıma ile entegrasyonun sağlanarak "son kilometre" çözümleri için e-bisiklet ve e-scooter sistemlerinin desteklenmesi (WRI Türkiye, 2023).

Yaya ve bisiklet modlarının hem karbon emisyonlarını azaltıcı etkisi hem de halk sağlığına ve sosyal etkileşime katkısı, bu modların kent içi ulaşım politikalarının merkezine alınmasını zorunlu kılmaktadır.

5.4. Elektrifikasyonun Teşviki ve Filo Dönüşümü

Elektrikli araçlar, ulaşımında doğrudan karbon salımını azaltma potansiyeli taşıyan temel çözümlerden biridir. Türkiye'de elektrikli araç satışları hızla artsa da, 2024 yılı itibarıyla toplam araç parkı içinde elektrikli araçların payı yaklaşık %2,6 düzeyindedir (European Alternative Fuels Observatory [EAF0], 2024). Bu oran, Norveç'te %24, Hollanda'da %8'in üzerindedir (IEA, 2024). Bu durum, Türkiye'nin henüz erken aşamada olduğunu ve daha kapsamlı politikalarla dönüşümün hızlandırılması gerektiğini göstermektedir.

Elektrifikasyonu yaygınlaştırmak için uygulanması gereken stratejiler şunlardır:

- Vergi teşviklerinin uzun vadeli ve öngörülebilir biçimde sürdürülmesi,
- Şarj altyapısının ülke geneline dengeli biçimde yayılması,
- Kamu araç filolarının elektrikliye geçişine öncelik verilmesi.

Özellikle toplu taşıma filolarında elektrikli otobüslerin yaygınlaştırılması, kent merkezlerindeki karbon emisyonlarını ve hava kirliliğini azaltma açısından stratejik öneme sahiptir. Örneğin, Shenzhen (Çin) şehri, 16.000 otobüsten oluşan tüm filosunu elektrikli hâle getirerek, yıllık ulaşım kaynaklı CO₂ emisyonlarını %48 oranında azaltmıştır (Wired, 2020). Benzer şekilde Oslo, 2024 itibarıyla tüm toplu taşıma sistemini sıfır emisyonlu araçlara dönüştürerek şehir içi emisyonları %95 oranında düşürmeyi hedeflemiştir (European Commission, 2024).

Bu tür yatırımların finansal sürdürülebilirliği için, yeşil tahviller, Avrupa Birliği fonları ve kamu-özel iş birliği modelleri gibi araçlarla desteklenmesi önerilmektedir. AB tarafından finanse edilen ZEBRA (Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator) programı gibi girişimler, elektrikli otobüs filolarının yaygınlaşmasını hızlandırmıştır (C40 Cities, 2023).

5.5. Ulaşımın Dijital Dönüşümü ve Entegre Yönetim Yapıları

Karbonsuz ulaşım hedeflerine ulaşmak için yalnızca fiziksel altyapı yatırımları yeterli değildir; veri temelli, bütüncül ve dijitalleştirilmiş bir yönetim yapısı da zorunludur. Dijitalleşme; ulaşım sistemlerinin izlenebilirliği, entegrasyonu ve etki analizlerinin yapılabilmesi açısından stratejik bir araç olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ve Hizmet Olarak Mobilite (MaaS) çözümleri, ulaşımında verimlilik, sürdürülebilirlik ve kullanıcı deneyimi açısından dönüşüm yaratma potansiyeli taşımaktadır (European Commission, 2025).

Avrupa ülkelerinde ulaşım sistemleri, dijital platformlarla desteklenen karar verme mekanizmaları, çok modlu planlama sistemleri ve gerçek zamanlı veri paylaşımı sayesinde hem karbon ayak izinin azaltılmasına hem de kullanıcı odaklı hizmet kalitesinin artırılmasına katkı sunmaktadır. Türkiye ise bu alanda dijital dönüşüm sürecine 2020–2023 Ulusal AUS Stratejisi ile kurumsal bir çerçeve kazandırmış; ancak uygulama düzeyinde hâlâ sınırlı sayıda örnek projeye ilerlemektedir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020).

Güncel ihtiyaçlar doğrultusunda dijitalleşme süreci aşağıdaki üç temel ekseninde yeniden ele alınmalıdır:

- **Veri Odaklı Yönetim:** Tüm ulaşım modlarından elde edilen verilerin merkezi olarak toplanması, analiz edilmesi ve planlama kararlarına entegre edilmesi gerekmektedir. Ulaştırma alanında açık veri politikalarının yaygınlaştırılması, akademi ve özel sektörün sürece katılımını da kolaylaştıracaktır (UITP, 2023).
- **Kurumsal Entegrasyon:** Yerel yönetimler, kamu kurumları ve özel sektör aktörleri arasında ortak dijital platformlar üzerinden veri paylaşımının sağlanması ve bu altyapının ulusal AUS merkezleriyle entegre edilmesi, yönetim süreçlerinde şeffaflık ve verimliliği artıracaktır.
- **Kullanıcı Odaklı Akıllı Hizmetler:** MaaS altyapısına uygun uygulamalar (ör. rota planlama, tek biletleme, çevrim içi entegrasyon), hem özel araç bağımlılığını azaltacak hem de toplu taşımanın cazibesini artıracaktır. Bu noktada hem fiziksel entegrasyon (aktarma merkezleri) hem de dijital entegrasyon (uygulama tabanlı yönlendirme, gerçek zamanlı bilgi paylaşımı) eşgüdümlü yürütülmelidir (The Guardian, 2023).

Dijitalleşme aynı zamanda emisyon azaltımı politikalarının izlenebilirliği, senaryo temelli karbon hesaplamaları ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine raporlama gibi üst ölçekli sorumlulukların da yerine getirilmesini kolaylaştıracaktır. Dolayısıyla AUS sistemlerinin stratejik yönetim yapılarıyla bütünleştirilmesi, Türkiye'nin 2053 net sıfır hedefi doğrultusunda yapısal bir zorunluluk hâline gelmiştir.

6. Sonuç

Türkiye'nin ulaşım sisteminde karbon nötrlüğe giden yol, yalnızca elektrikli araçların sayısını artırmakla değil; yapısal dönüşümler, yönetim entegrasyonu ve kullanıcı davranışlarını dönüştürecek stratejilerin birlikte uygulanmasıyla müm-

kün olacaktır. Bu çalışma Türkiye'nin ulaşım politikalarının mevcut durumunu çok modlu, veri temelli ve karşılaştırmalı bir analizle ortaya koymuş; Avrupa ülkeleri ile arasındaki stratejik farkların sürdürülebilirlik ekseninde hangi boyutlarda derinleştiğini göstermiştir.

Türkiye, Avrupa ortalamasına kıyasla hâlâ karayoluna aşırı bağımlı bir yapıya sahiptir. Ulaşım kaynaklı emisyonların %93'ünün karayolu modundan gelmesi, demiryolu ve denizyolu gibi düşük karbonlu modların marjinal düzeyde kaldığını göstermektedir. Toplu taşımanın kentsel yaygınlığı, mikromobilité olanaklarının güvenli entegrasyonu ve elektrikli araç altyapısının kişi başına düşen oranı, Türkiye'yi halen dönüşüm sürecinin başlangıç aşamasında tutmaktadır. Bu bulgular, yalnızca teknolojik yatırımlarla değil, mekânsal planlama, dijital yönetim, finansal istikrar ve kamusal davranış dönüşümü gibi birçok alanda eş zamanlı ilerlemeye ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

Politika düzeyinde ise üç temel öncelik öne çıkmaktadır:

Yönetimsel Entegrasyonun Güçlendirilmesi: Türkiye'de ulaşım yatırımları ve çevre hedefleri çoğu zaman farklı kurumsal yapılar tarafından uyumsuz biçimde yürütülmektedir. Ulaştırma, çevre, enerji ve yerel yönetimler düzeyinde veri paylaşımına dayalı eşgüdümlü bir yönetim modeli oluşturulmalıdır. Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Stratejisi bu yönüyle bir çerçeve sunsa da, yerel düzeyde kurumsal kapasiteler güçlendirilmeden bu hedefler sahada karşılık bulamayacaktır.

Finansal ve Teşvik Mekanizmalarının Kararlılığı: Elektrikli araç satışlarının artışı, yerli üretici TOGG'un devreye girmesi ve şarj altyapısının yaygınlaşması olumlu gelişmeler olsa da, bu ivmenin sürdürülebilmesi için yatırım teşviklerinin uzun vadeli, bölgesel farklılıkları gözeten ve özel sektörle iş birliğine açık olması gerekmektedir. Toplu taşıma ve elektrikli filo dönüşümü gibi alanlarda da benzer şekilde yeşil tahviller, AB fonları ve kamu-özel ortaklıklarıyla desteklenen sürdürülebilir finansman modelleri geliştirilmelidir.

Davranışsal ve Mekânsal Dönüşümün Teşviki: 15 dakikalık şehir modeli, bisiklet-toplu taşıma entegrasyonu, son kilometre çözümleri ve MaaS sistemleri gibi kullanıcı merkezli yaklaşımlar, yalnızca teknik bir altyapı meselesi değil; aynı zamanda kentsel yaşam kültürünün yeniden tasarımıdır. Türkiye'nin yüksek yaya oranı, güçlü bir aktif ulaşım potansiyeline işaret etmektedir; bu potansiyel, ancak güvenli, bağlantılı ve teşvik edilen altyapılarla harekete geçirilebilir.

Sonuç olarak, karbonsuz ulaşım vizyonu yalnızca iklim taahhütlerini yerine getirmek için değil; aynı zamanda daha sağlıklı, erişilebilir ve yaşanabilir şehirler kurmak için stratejik bir kalkınma aracıdır. Bu çalışmanın ortaya koyduğu bulgular, Türkiye'nin gelecekteki ulaşım sisteminin, bugünkü kararlarla şekilleneceğini net biçimde göstermektedir. Entegre hareketlilik, teknolojiden ibaret değil; politik irade, kullanıcı davranışı ve yönetim sistemlerinin ortak ürünüdür. Türkiye, bu dönüşümün eşiğinde; gecikme değil, öncülük etme fırsatına sahiptir.

Kaynaklar

Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu. (2022). *SUMP Uygulama Deneyimleri ve Yerel Hareketlilik Planları*.

BBC Türkçe. (2021). E-scooter kullanımında artış ve güvenlik sorunları.

C40 Cities. (2023). *ZEBRA – Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator*. <https://www.c40.org> erişim tarihi: 05.04.2025

Climate Transparency. (2021). *Türkiye Climate Transparency Report 2021*. <https://www.climate-transparency.org> erişim tarihi: 29.03.2025

Current News. (2024). The Netherlands leads Europe in chargepoint rollout. <https://www.current-news.co.uk> erişim tarihi: 02.04.2025

Demiralay, T., & Duran, M. S. (2024). The impact of air and rail transportation on environmental pollution in Türkiye: A Fourier cointegration analysis. *Management of Environmental Quality*, 35(2), 358–376.

Erol, B., & Erdoğan, S. (2017). Toplu taşıma sistemlerinin entegrasyonu üzerine İstanbul örneği. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 34(2), 85–102.

Euronews Türkçe. (2022–2023). Avrupa'da trenle yolculuk, bisiklet kullanım trendleri.

European Alternative Fuels Observatory (EAFO). (2024). *Country Data – Türkiye*. <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu> erişim tarihi: 02.04.2025

European Commission (EC). (2021–2025). *Smart and Sustainable Mobility Strategy, SUMP Guidelines, and Progress Reports*. <https://transport.ec.europa.eu> erişim tarihi: 29.03.2025

European Environment Agency (EEA). (2021, 2022). *Rail and public transport in Europe: Modal shares and distances*. <https://www.eea.europa.eu> erişim tarihi: 28.03.2025

EV Universe. (2024). *Global EV Sales Report 2024*.

Gridserve. (2024). Why Norway leads the world in EV adoption. <https://www.gridserve.com> erişim tarihi: 02.04.2025

International Energy Agency (IEA). (2024). *Global EV Outlook 2024*. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024> erişim tarihi: 05.04.2025

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Working Group III, Chapter 10: Transport.

Karayolları Genel Müdürlüğü. (2016). *Trafik Kazaları Özeti 2015*. <https://www.kgm.gov.tr> erişim tarihi: 02.04.2025

Khudolii, K. (2023). Turkish EV Market 2023: Current State and Future Opportunities. *Extrawest Medium*.

Metro İstanbul. (2023–2024). *Hat Uzunlukları ve Toplu Taşıma İstatistikleri*. <https://www.metro.istanbul> erişim tarihi: 02.04.2025

MIT Climate Portal. (2023). *Public Transportation*.

Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratlong, F. (2021). Introducing the

"15-minute city": Sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities. *Smart Cities*, 4(1), 93–111.

RailFreight. (2020). *Rail freight produces 6 times less CO2 than trucks*. <https://www.railfreight.com> erişim tarihi: 05.04.2025

REN21. (2023). *Renewables 2023 Global Status Report*. <https://www.ren21.net/gsr-2023/> erişim tarihi: 01.04.2025

Ritchie, H., & Roser, M. (2024). *Transport*. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/transport> erişim tarihi: 05.04.2025

SCU Power. (2024). *Turkish EV charging operator solution*. <https://www.scupower.com> erişim tarihi: 05.04.2025

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *Çevresel Göstergeler – Ulaştırma İstatistikleri*.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2023). *Net Sıfır Emisyon Hedefi – Ulaştırma Yol Haritası*.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2020). *Ulusal AUS Strateji Belgesi ve 2020–2023 Eylem Planı*.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2024). *2024–2028 Stratejik Planı*.

TCDD. (2024). *Marmaray Teknik Bilgileri*. <https://www.tcddtasimacilik.gov.tr> erişim tarihi: 02.04.2025

The Guardian. (2023). *Helsinki's ambitious plan to make car ownership pointless in 10 years*. <https://www.theguardian.com> erişim tarihi: 01.04.2025

TÜİK. (2022). *Hanehalkı Ulaşım ve Ulaştırma Modu Payları*. <https://data.tuik.gov.tr> erişim tarihi: 02.04.2025

UIC Communications. (2022). *IPCC Working Group points to a paradigm shift for mobility*.

UITP. (2021–2023). *Mobility-as-a-Service and Public Transport Integration*. <https://www.uitp.org> erişim tarihi: 01.04.2025

Wired. (2020). *How Shenzhen turned all its 16,000 buses fully electric*.

WRI Türkiye. (2022–2023). *Bisikletli Ulaşım Strateji Planı ve Uygulama Rehberi*. <https://wisehirler.org> erişim tarihi: 02.04.2025