

Kentsel Ulaşımında Çevre Dostu Yerel Çözümler

Environmentally Friendly Local Solutions in Urban Transportation

Araş. Gör. İcran ÖZBEK

İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü, İstanbul, Türkiye
ozbek19@itu.edu.tr
ORCID: 0000-0001-8396-7900

Doç. Dr. Muhammed Ziya PAKÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlaması Bölümü, İstanbul, Türkiye
pakoz@itu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-3992-7781

Öz

Günümüz kentleri, artan nüfus yoğunluğuna karşı yetersiz kalan altyapı nedeniyle trafik sıkışıklığı, gürültü kirliliği, zaman kaybı, düşük yaşam kalitesi, çevresel bozulma ve düşük enerji verimliliği gibi ulaşım kaynaklı problemlerle karşı karşıyadır. Bu problemler, teknik altyapının ötesinde sosyal, çevresel, ekonomik ve yönetsel etkileri olan karmaşık bir kentsel meydan okuma olarak karşımıza çıkar. Kentlerin kültürel değerlerine, coğrafi koşullarına ve sosyo-ekonomik yapısına bağlı olarak farklılaşan ulaşım problemleri, yerel bağlama özgü çözümlerin formüle edilmesini gerektirir. Ayrıca, küresel bir endişe konusu olan iklim değişikliği nedeniyle, diğer birçok disiplinde olduğu gibi, ulaşım alanında da çevresel kaygılar ön plandadır; bu da ulaşım ile ilgili problemlerin giderilmesinde çevre dostu çözümleri kaçınılmaz kılar. Dolayısıyla ulaşım sorunlarının hem yerel dinamikler hem de çevresel kaygılar göz önünde bulundurulması ele alınması gerekmektedir. Bu bağlamda, temel ulaşım ihtiyaçlarının yerel dinamiklere göre sınıflandırılması ve bu sınıflandırmaya göre geliştirilecek çözüm önerilerinin çevresel kaygılar doğrultusunda değerlendirilmesi etkili bir strateji olarak önem kazanır. Bu anlayış doğrultusunda, çalışma kapsamında, yerel özellikler ve çevre duyarlılığı esas alınarak bir dizi örnek analiz edilmiş ve bunların sınıflandırılması sağlanmıştır. Bunun yanı sıra, çevre dostu çözümlerde yerelliğin önemini somut dayanaklarla ortaya koymak için seçilen “elektrikli otobüs”, “Metrocable teleferik sistemi” ve “elektrikli rıkşa” uygulama örnekleri detaylı incelenerek kapsamlı bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kentsel ulaşım, Çevre Dostu Ulaşım, Yerel Dinamikler, Elektrikli Otobüs, Metrocable, Elektrikli Rıkşa.

Abstract

Today's cities face transportation-related problems such as traffic congestion, noise pollution, low quality of life, environmental degradation, and energy inefficiency due to inadequate infrastructure against increasing population density. These problems emerge as a complex urban challenge with social, environmental, economic, and administrative effects beyond the technical infrastructure. Transportation problems, which differ depending on the cultural values, geographical conditions, and socio-economic structure of cities, require the formulation of solutions specific to the local context. In addition, due to climate change, a significant topic on the global agenda, environmental concerns are at the forefront in the domain of transportation, as in many other disciplines; this makes environmentally friendly solutions inevitable in eliminating transportation-related problems. Therefore, transportation problems should be addressed by considering both local dynamics and environmental concerns. In this context, classifying basic transportation needs according to local dynamics and evaluating solution proposals to be developed according to this classification in line with environmental concerns gains importance as an effective strategy. In line with this understanding, a series of samples were analyzed and classified based on local characteristics and environmental sensitivity within the scope of the study. In addition, to demonstrate the importance of locality in environmentally friendly solutions with concrete foundations, the selected “electric bus”, “Metrocable system” and “electric rickshaw” application examples were examined in detail and subjected to a comprehensive evaluation.

Keywords: Urban Transportation, Environmentally Friendly Transportation, Local Dynamics, Electric Bus, Metrocable, Electric Rickshaw.

1. Giriş

Kentler, insanlık tarihinin en önemli yaşam alanları olarak ekonomik, sosyal ve mekânsal işleyişi destekleyen karmaşık sistemlerdir. Bu sistemlerin temel unsurlarından biri olan ulaşım, kentlerin işleyişini mümkün kılmakla birlikte, çağımızın büyük zorluklarından bazılarını da beraberinde getirmektedir. Artan nüfus yoğunluğu, genişleyen kentsel alanlar ve çevresel baskılar, özellikle kentsel ulaşım alanında, yeni ve yenilikçi çözümlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Günümüz kentleri, trafik sıkışıklığı, gürültü kirliliği, hava kirliliği, zaman kaybı ve düşük yaşam kalitesi gibi ulaşım kaynaklı olumsuzluklarla mücadele etmektedir. Bu olumsuzluklar sadece teknik altyapıya dayalı bir sorun olmayıp, aynı zamanda sosyal, ekonomik ve çevresel etkiler içeren karmaşık bir meydan okuma niteliğindedir.

Kentsel ulaşımın karmaşık yapısı, kentlerin mekânsal organizasyonları, nüfus yoğunluğu ve ulaşım talepleri ile doğrudan ilişkilidir. Ulaşımın sadece fiziksel hareketliliği sağlamaktan öte, ekonomik faaliyetlerin ve sosyal etkileşimlerin sürdürülmesine olanak tanıyan bir altyapı olduğu düşünüldüğünde, bu sistemin sürdürülebilir bir yapıya kavuşturulması kritik bir öneme sahiptir. Ancak, ulaşım sistemlerinin çevresel etkileri dikkate alındığında, mevcut uygulamaların yenilenebilir enerji kullanımı ve çevre dostu teknolojilerle dönüştürülmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Özellikle iklim değişikliği ve doğal kaynakların tükenmesi gibi küresel sorunlar, ulaşım sistemlerinin çevresel etkilerinin yönetilmesini ve azaltılmasını kaçınılmaz kılmaktadır.

Kentsel ulaşımın çevresel etkileri, genellikle su kirliliği, hava kirliliği, arazi bozulması ve sera gazı emisyonları gibi çeşitli boyutlarda kendini göstermektedir. Bunun yanı sıra, trafik sıkışıklığı ve gürültü kirliliği gibi yerel düzeydeki etkiler de kent sakinlerinin yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu sorunların çözümünde, sadece küresel ölçekte kabul görmüş çevre dostu uygulamalara yönelmek yeterli değildir; aynı zamanda yerel dinamiklere uygun, kültürel, coğrafi ve sosyoekonomik bağlama duyarlı çözümler geliştirmek gereklidir. Bu bağlamda, elektrikli otobüsler, teleferik sistemleri ve elektrikli rıkkşalar gibi yerel bağlamda uygulanan yenilikçi örnekler, çevre dostu ulaşımın somut göstergeleri olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada, kentsel ulaşımın çevresel etkilerine karşı geliştirilen yerel çözümler ele alınmış ve bu çözümler çevresel duyarlılık ile yerel bağlama uygunluk kriterlerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma, farklı kentlerden seçilen uygulamaları değerlendirerek, ulaşımında yerel dinamiklerin ve çevreci yaklaşımların nasıl başarılı bir şekilde birleştirilebileceğini göstermeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, hem teorik hem de uygulamalı bir bakış açısı sunarak, kentsel ulaşımında sürdürülebilir ve çevre dostu çözümlerin geliştirilmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

2. Kentsel Ulaşım ve Çevre İlişkisi

Kentlerin ekonomik, sosyal ve mekânsal işleyişini temel bir unsur olarak destekleyen ulaşım, coğrafi engelleri aşım bölgeler ve insanlar arasında bağlantılar kurar, ekonomik faaliyetleri güçlendirir ve küresel entegrasyonu mümkün kılar (Rodrigue, Comtois ve Slack, 2020). Banister ve diğerleri (2011), yaratmış olduğu bu büyük değer dolayısıyla ulaşım sektörünü toplumun dolaşım sistemi olarak tanımlanmaktadır ve küresel entegrasyon etkisi dolayısıyla da ulaşımın gezegeni daraltan cezbedici bir etkiye sahip olduğunu ifade etmektedir. Ulaşım, bu işlevsellik doğrultusunda kentsel ölçekte ele alındığında, kentsel ulaşım sisteminin oldukça karmaşık bir yapıya sahip olduğu açıkça görülmektedir. Bu karmaşık yapı; kent içi ulaşım ağlarının çeşitliliğinden, farklı ulaşım türlerinin entegre bir şekilde kullanılmasından, çok sayıda başlangıç

ve varış noktasının varlığından ve trafikte yer alan araç türlerinin çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır (Banister ve diğerleri, 2011). Başka bir söylemle, bir kentteki tüm ulaşım unsurlarının işlevsel bir sistem kapsamında ele alınması olarak ifade edilen kentsel ulaşım, farklı parçaların bir arada çalıştığı karmaşık ve dinamik bir bütün olarak görülmektedir. Bu dinamik yapı, kentsel ulaşımı sadece bir yer değiştirme aracı kılmaktan öte kentlerin ekonomik, sosyal ve kültürel işleyişini destekleyen hayati bir sistem haline getirmektedir. Temelde yolcu taşımacılığına odaklanmakla birlikte, kentsel ulaşım, kentlerin üretim, tüketim ve dağıtım süreçlerini destekleyen yük taşımacılığında da önemli bir işlev görür (Rodrigue, 2024). Yani hem yolcu hem de yük hareketlerini destekleyen ulaşım, kentlerin karmaşık doğasına uyum sağlayacak şekilde oluşturulmuş bir sistemdir.

Kentsel ulaşım insanlık tarihi boyunca nüfus yoğunluğu, kent makroformu ve mekânsal organizasyonla doğrudan ilişkili olarak gelişme göstermiştir. Ulaşım ihtiyacı ilk dönemlerde genellikle yürümeyle karşılandığından kentler, yürüme mesafeleri doğrultusunda tasarlanmıştır; kompakt ve yoğun bir yapıya sahip karma kullanımlı alanlar olarak gelişme göstermiştir (Marshall'den aktaran Lee ve Bencekri, 2020). Tekerleğin icadı ve motorlu araçların ortaya çıkışı bu süreci köklü bir şekilde değiştirmiş, sınırlı olan kompakt kentler bu araçların yaygın kullanımıyla genişlemeye başlamıştır (Banister ve diğerleri, 2011). Sanayi devrimi sonrası üretilen yeni ulaşım araçları (özellikle raylı sistemler) ve hızla artan kentsel nüfus toplu taşıma sisteminin gelişimine zemin hazırlamıştır ve bu durum da kentsel makroformun hızla yayılmasını kaçınılmaz kılmıştır. 20. yüzyılın ortalarında otomobilin yaygınlaşmasıyla birlikte, düşük yoğunluklu banliyöleşme ve kentsel yayılma süreçleri hız kazanıp kentler çok merkezli bir yapıya dönüşmüştür, bu durum kentsel ulaşım alt yapısının gelişmesini zorunlu kılmıştır (Rodrigue, 2024). Bu süreçte ulaşım sistemleri; kentsel nüfusun yerleşim, çalışma, eğitim ve sosyal alanlarındaki temel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik şekillenmiş ve genişlemiştir. Sonuç olarak, Rodrigue (2024) tarafından da belirtildiği üzere kentsel ulaşım sistemleri, günümüzde hâlâ nüfus hareketlerini ve ekonomik faaliyetlerin dağılımını belirleyen temel faktörlerden biri olmaya devam etmektedir ve geçmişteki ulaşım altyapısı ise modern kentlerin mekânsal düzenine yön vermektedir.

Kentsel ulaşım sistemini diğer ulaşım sistemlerinden (kırsal, bölgesel, ulusal vb.) ayıran en belirgin özelliği, ulaşımın kısıtlı bir alandaki insan faaliyetleri etrafında yoğunlaşmasıdır (Loo, 2009). Ulaşım, kentlerin temel ihtiyaçlarını karşılama noktasında olumlu bir etkiye sahip olsa da Loo (2009) tarafından ifade edilen bu özelliği dolayısıyla bir takım problemleri de beraberinde getirmektedir. Bunun temel nedeni ise sınırlı bir alanda yüksek nüfus yoğunluğunun oluşması ve buna bağlı olarak ulaşım ve altyapı taleplerinin artmasıdır. Bu taleplerin etkin bir şekilde karşılanmaması noktasında yüksek nüfus artışı ve sınırlı altyapı nedeniyle kentsel ulaşım, farklı boyutlarda bir dizi olumsuz

dışsallığı içeren (Tablo I) bir faaliyet alanı olarak gündeme gelmektedir (Banister ve diğerleri, 2011; Zietsman ve Rilett, 2002).

Modellemede 2018 yılına ait meteoroloji dosyası kullanılmış olup, saatlik ham yüzey gözlemleri (Kocaeli istasyon numarası: 17066) ve ham üst hava verileri (Kartal istasyon numarası: 17062) Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteorolojik Veri Bilgi Satış ve Sunum Sistemi (MEVBİS) veri tabanından temin edilmiştir (URL-7). Temin edilen saatlik bazda yıllık meteorolojik veri dosyası, AERMET ön işlemci programı ile işlenmiş ve kullanılmıştır. Çalışma alanı için 2018 verilerine ilişkin rüzgârgülü Şekil 2'de verilmiştir. Gerekli arazi yükselteleri ise, AERMAP ön işlemcisi içinde yer alan WebGIS modülü ile programa girilmiştir. Emisyon verisi olarak ise, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılı trafik ve ulaşım bilgilerinden otoyollardaki ve devlet yollarındaki araç sayılarına ilişkin veriler esas alınarak "EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023" isimli veri tabanında yer alan Tier 1 emisyon faktörleri ile hesaplanan NOX, PM10, CO, NMVOC, CO2 ve SO2 kirleticilerine ilişkin emisyon verileri kullanılmıştır (URL-5). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2021 verilerine göre Aralık ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı 13 milyon 706 bin 65 adet otomobilin %37,6'sı dizel, %35,9'u LPG ve %25,5'i benzin yakıtlıdır (URL-4). Hesaplamalarda bu oranlar göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma kapsamında, öncelikle mevcut durum değerlendirilmiş daha sonra yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'nu kullanacak araç sayılarına ve türlerine bağlı olarak farklı senaryolar oluşturulmuştur. D130 devlet yollarında günde ortalama 171.230 otomobil, 19.294 orta yüklü ticari taşıt, 1.858 dizel otobüs 11.066 kamyon ve 14.905 tır geçmektedir (URL-5). S1: D-130'da seyreden araçların %20'sinin Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği, S2: D-130'da seyreden araçların %30'unun Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği, S3: D-130'da seyreden araçların %35'inin Güney Marmara Otoyolu'ndan geçtiği varsayımları üzerine kurulmuştur. Bu senaryolara göre D-130 ve yapılması planlanan Güney Marmara Otoyolu'nda seyredecek araç sayıları tekrar hesaplanmıştır.

Tablo I: Ulaşım ile İlgili Olumsuz Dışsallıklar (Miller ve diğerleri, 2016; Zietsman ve Rilett, 2002).

ÇEVRESEL	SOSYAL	EKONOMİK
Su kirliliği	Eşitlik/adalet	Tıkanıklık
Hava kirliliği	Ödenebilirlik	Trafik kazaları
Gürültü kirliliği	Yaşam kalitesi	Enerji kullanımı
Kentsel yayılma	Sosyal bozulma	Kaynak tüketimi
Arazi kullanımı	İnsan sağlığına etkileri	Hareket Engelleri
Atık imha sorunları	Görüntü kirliliği ve estetik	Altyapı maliyetleri
Küresel iklim değişikliği	Dezavantajlı hareketlilik üzerindeki etkiler	Tüketici maliyetleri
Habitat ve ekolojik bozulma		Erişilebilirlik kalitesi
Yenilenemeyen kaynakların tükenmesi		

Tablo I'den de okunduğu üzere ulaşımın sosyal, ekonomik ve çevresel alanlardaki olumsuz etkileri; yerelle sınırlı kalmayıp küresel boyutta da kritik gündem konularıyla (iklim değışikliği gibi) kendini göstermektedir. Enerji tasarrufu ve çevre koruma konularında dünya çapındaki gelişmeler dikkate alındığında kentsel ulaşımın enerji tüketimi ve hava kirletici emisyonları açısından da öncü bir sektör olması nedeniyle ulaşımın çevreyle birlikte ele alınması konusu giderek daha önemli ve gerekli hale gelmektedir (Han, Bhandari ve Hayashi, 2010). Rodrigue (2024); hızla büyüyen ulaşım sisteminin özellikle enerji tüketimi, hava kirliliği, sera gazı emisyonları, gürültü kirliliği ve arazi kullanımı gibi faktörler açısından hem yerel hem de küresel ölçekte çevresel yükü artırdığını ifade etmektedir. Ulaşımındaki fosil yakıt tüketimine dayalı enerji ihtiyacı, yalnızca yenilenebilir kaynakların tükenmesine yol açmakla kalmayıp, aynı zamanda ciddi hava kirliliği sorunlarına da neden olmaktadır. Bu emisyonlar, insan sağlığını tehdit ederken ekosistem üzerinde zararlı etkiler oluşturur ve sera gazlarının artışıyla iklim değışikliğini hızlandırır. İklim değışikliği ve hava kirliliği gibi küresel sorunlar, trafik sıkışıklığı, gürültü kirliliği gibi daha yerel düzeydeki olumsuz etkilerle birleşerek yaşam kalitesini ciddi şekilde düşürür. Ayrıca, yol ve altyapı projeleri, doğal alanları yok edip habitat kayıplarına ve biyoçeşitlilikte azalmaya neden olarak ekolojik dengeleri bozmaktadır.

Sonuç olarak, ulaşım modern kentsel yaşamın önemli bir parçası olarak kabul görülse de ulaşımın çevre üzerindeki olumsuz etkisi insan yaşamını tehdit eden küresel bir sorun haline gelmiştir ve bu soruna karşı çevre dostu ulaşım çözümlerinin geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi, toplu taşıma sistemlerinin güçlendirilmesi, motorsuz araç kullanımı ve çevre dostu teknolojilere yapılan yatırımlar bu ihtiyacı gidermek adına hayati önem taşımaktadır (Amin ve Vyas, 2016). Bu tür yaklaşımlar hem ekonomik hem de sosyal faydalar sağlarken ulaşımdan kaynaklı zararları en aza indirir ve ulaşımın çevresel etkileri arasındaki karmaşık ilişkileri daha iyi yönetmeyi mümkün kılar. Çalışmanın bir sonraki bölümünde kentsel ulaşımında bu çevreci yaklaşımlara dair (yerel

çözüm örneklerine dayalı) detaylı bilgilere yer verilmektedir.

3. Çevre Dostu Yerel Ulaşım Yaklaşımları

Toplum ve ekonomi için hayati öneme sahip olan ulaşım, pek çok olumsuz dışsalılığı bünyesinde barındırır. Bu olumsuz dışsallıkların etkisini ortadan kaldırmak için etkin politikaların geliştirilmesiyle birlikte bilhassa teknolojik yeniliklerin hayata geçirilip benimsenmesi büyük önem arz eder (Banister ve diğerleri, 2011). Elbette, yenilik yalnızca teknolojik bir gelişme değil, aynı zamanda toplumun ihtiyaçları, normları ve değerleriyle şekillenen bir süreçtir (Singh, Mishra ve Tripathi, 2021). Yani, yerel kültürel ve toplumsal değerleri yansıtır destekleyerek yenilikleri hayata geçirmenin gerekliliği dikkate değerdir çünkü ancak bu şekilde yeniliğin kabulü artırılır ve daha bütüncül, etkin bir çözüm elde edilir. Dolayısıyla, ulaşımında yenilikçi yaklaşımları yerel dinamiklerinden bağımsız hayata geçirmek, beklenmedik sonuçların ortaya çıkmasını kaçınılmaz kılar. Bu nedenle, yerel dinamiklere dayalı analiz yapma yaklaşımıyla kentsel ulaşım problemlerine yönelik çözümleri ortaya koymak elzemdir (Paköz ve Yedekçi Arslan, 2015). Etkin bir analiz yöntemi, net tanımlanmış bir veya birden fazla temel ulaşım problemini ve yerel özellikler temelinde sağlanmış bir sınıflandırmayı gerektirir. Bu sınıflandırma yapılırken hem kentlerin kendilerine özgü özelliklerinin hem de çevreci yaklaşımlar adına öne çıkan kentsel ulaşım alanlarının birlikte ele alınması önemlidir çünkü bu iki ana başlık ulaşım projelerinin tasarlanmasında ve uygulanmasında temel belirleyici faktör olarak rol oynar. Bu bağlamda sağlanan bir sınıflandırma; ulaşım sorunlarını çözmekle birlikte kaynakların verimli kullanılmasını, önerilen çevreci uygulamaların kolaylıkla benimsenmesini, geleceğe yönelik bütüncül stratejilerin geliştirilmesini ve çözüm modellerinin küresel ölçekte yaygınlaşmasını mümkün kılar. Belirtilen bu çerçevede, ulaşımında yerele uygun çevreci çözümlerin tespiti kolaylaştırmak amacıyla, OpenAI'nin ChatGPT modeli aracılığıyla derlenen birçok farklı ulaşım örneği değerlendirilerek bir sınıflandırma yapılmıştır (Tablo II).

Tablo II: Ulaşımında Çevre Dostu Yerel Çözüm Örneklerinin Sınıflandırılması (Derleme ve sınıflama: OpenAI ChatGPT. (2025); Detaylandırma ve Doğrulama: (World Bank, 2024; Ardila-Gomez ve diğerleri, 2024; UN Habitat, 2013; Gehl, 2010 ve Kurumsal Web Siteleri).

Çözüm Kategorileri	Çözüm Örnekleri	Yerel Etkileri
Kentsel Yoğunluğa ve Nüfusa Göre Çözümler	Yüksek Nüfus Yoğunluklu Alanlar (Mega Kentler)	
	Sorun: Trafik sıkışıklığı, toplu taşıma yetersizliği, hava kirliliği	
	Bogotá, Kolombiya: TransMilenio (BRT)	Trafik sıkışıklığını azalttı ve toplu taşımaya erişimi artırdı. Ancak yoğun saatlerde kapasite sorunları devam ediyor.
	Shenzhen, Çin: Elektrikli Toplu Taşıma Filosu	Kent, karbon emisyonlarını ve hava kirliliğini büyük ölçüde azaltarak çevre dostu bir ulaşım ağı oluşturdu.
	Mexico City, Meksika: Metrobüs ve Ecobici	Metrobüs, trafik sıkışıklığını hafifletti. Ecobici, bisiklet kullanımını artırarak çevre dostu ulaşımına katkı sağladı.
	Tokyo, Japonya: Enerji verimli metro sistemleri	Yoğun metro ağı, trafik sorunlarını azaltıp kentlerde ulaşımı hızlandırdı.
	San Francisco, ABD: Bay Area Rapid Transit (BART)	Banliyöleri kent merkezine bağlayarak özel araç kullanımını azalttı. Ancak eskiyen altyapı eleştiriliyor.
	Delhi, Hindistan: Elektrikli rikşalar (E-rikşa)	Toplu taşıma araçlarını destekledi, mahalle içi hareketliliği artırdı ve kent içi entegrasyonu kolaylaştırır.
	Düşük Nüfus Yoğunluklu veya Orta Ölçekli Kentler	
	Sorun: Yetersiz toplu taşıma ağı, özel araç bağımlılığı	
Ljubljana, Slovenya: Araçsız tarihi merkez	Araç trafiğinden arındırılmış tarihi merkez, yaya hareketliliğini artırdı.	
Reykjavik, İzlanda: Jeotermal altyapı	Kış aylarında jeotermal enerjiyle yolların açık tutulması sağlandı.	
Vancouver, Kanada: SkyTrain (hafif raylı sistem)	Sürücüsüz raylı sistem, kent içi hareketliliği artırdı.	
Coğrafi ve Fiziksel Dinamiklere Göre Çözümler	Dağlık ve Engebeli Kentler	
	Sorun: Dik yokuşlar, zorlu arazi koşulları	
	Medellín, Kolombiya: Metrocable teleferik sistemi	Dağlık alanlarda yoksul mahalleleri kent merkezine bağlayarak sosyal eşitsizlikleri azalttı.
	Innsbruck, Avusturya: Dağ teleferikleri	Dağlık bölgelerde turizmi canlandırdı ve yerel ulaşımı kolaylaştırdı.
	Kıyı ve Su Kenarı Kentler	
	Sorun: Su yollarının kullanılamaması, kara yollarında trafik yoğunluğu	
	Venedik, İtalya: Vaporetto ve su taksileri	Tarihi dokuyu koruyarak su yollarının ulaşımında kullanılmasını sağladı.
	Hamburg, Almanya: Su taşımacılığı	Su yollarını entegre ederek kara trafiğini azalttı.
	Ekstrem İklimli Kentler	
	Sorun: Hava koşulları nedeniyle ulaşımında aksamalar.	
Tromsø, Norveç: Kış altyapısı	Kar ve buz sorunlarına karşı yolların daha güvenli hale getirilmesini sağladı.	
Phoenix, ABD: Güneş enerjili yollar	Güneş enerjisiyle yolların ışıklandırılması karbon salınımını azalttı.	
Reykjavik, İzlanda: Jeotermal ısıtılmalı yollar	Doğal enerji kullanımıyla kış şartlarında kent içi ulaşımı destekledi.	
Ekonomik Seviyeye Göre Çözümler	Düşük Gelirli Bölgeler	
	Sorun: Toplu taşıma erişiminin düşük olması, özel araçların pahalı olması	
	Dakar, Senegal: Car Rapide minibüsler	Ekonomik ulaşım sağladı ancak çevre kirliliğine neden oluyor.
	Nairobi, Kenya: Matatu minibüs kültürü	Esnek ulaşım çözümü sundu fakat düzensizlik trafik sorunlarına yol açtı.
	Kampala, Uganda: Boda-Boda motor taksiler	Uygun fiyatlı ve hızlı bir alternatif, ancak güvenlik sorunları mevcut.
Delhi, Hindistan: Elektrikli rikşalar (E-rikşa)	İlk-son mil problemine ekonomik bir çözüm sağladı ama düzensizliğe ve trafik sorunlarına yol açtı.	

Çözüm Kategorileri	Çözüm Örnekleri	Yerel Etkileri
Ekonomik Seviyeye Göre Çözümler	Orta ve Yüksek Gelirli Bölgeler Sorun: Araç bağımlılığı, trafik sıkışıklığı	
	Singapore: Elektronik yol ücreti (ERP)	Trafik yoğunluğunu azalttı, ancak yüksek maliyetli olduğu için eleştirildi.
	Oslo, Norveç: Elektrikli araç altyapısı	Elektrikli araçlara geçişi hızlandırıp karbon emisyonlarını azalttı.
	Masdar City, BAE: Otonom elektrikli araçlar	Karbon nötr hedefler için çevreci bir model sunuyor.
Tarihi ve Kültürel Dokuyu Korumaya Yönelik Çözümler	Tarihi Kent Merkezleri Sorun: Tarihi yapılar nedeniyle modern altyapıların uygulanmasındaki sınırlamalar	
	Ljubljana, Slovenya: Araçsız tarihi merkez	Tarihi doku korunarak yaya alanları oluşturuldu.
	Kyoto, Japonya: Sessiz tramvaylar	Tarihi bölgelerde gürültü kirliliğini azalttı.
	Venedik, İtalya: Tarihi dokuya uygun su taşımacılığı	Tarihi dokuyu koruyarak kent içi ulaşımı destekledi.
	Kültürel Uyum ve Katılım Sorun: Ulaşım projelerinin yerel kültürle çatışması	
	Auckland, Yeni Zelanda: Maori kültürüne uygun yaya alanları	Kültüre saygı duyularak toplumsal kabul artırdı.
	Bogotá, Kolombiya: Ciclovía (Araçsız günler)	Araçsız günler sosyal etkileşimi artırdı.
Christchurch, Yeni Zelanda: Deprem sonrası yayalaştırma	Depremden sonra kent merkezinde yaya dostu bir alan yaratıldı.	
Toplu Taşıma Çözümleri	Yüksek Kapasiteli Sistemler Sorun: Büyük kentlerde yüksek yolcu talebi	
	Bogotá, Kolombiya: TransMilenio (BRT)	Trafik sıkışıklığını azalttı ve daha az bireysel araç kullanımıyla karbon ayak izini küçülttü.
	Tokyo, Japonya: Yoğun metro ağı	Trafik sıkışıklığını azalttı ve entegre çalışma sistemiyle ulaşımında kesintisiz bir akış yarattı.
	Düşük Kapasiteli veya Esnek Sistemler Sorun: Orta ölçekli kentlerdeki talebin karşılanamaması	
	Vancouver, Kanada: SkyTrain	Banliyölerden kent merkezine bireysel araç kullanımını azaltarak trafik yoğunluğunu ve yakıt tüketimini azalttı.
	Addis Ababa, Etiyopya: Hafif raylı sistem	Düşük gelirli kullanıcılar için ekonomik ulaşım sağladı. Trafik sıkışıklığını ve hava kirliliğini minimize etti.
Mikro Hareketlilik ve Yaya Çözümleri	Bisiklet ve Scooter Çözümleri Sorun: Kısa mesafelerde çevreci ve pratik ulaşım eksikliği.	
	Montreal, Kanada: BIXI Bisiklet Paylaşım Sistemi	Kısa mesafelerde çevreci bir ulaşım alternatifi sundu.
	Copenhagen, Danimarka: Supercykelstier (Bisiklet otoyolları)	Kentte bisiklet kullanımını artırarak karbon salınımını düşürdü.
	Mexico City, Meksika: Ecobici bisiklet paylaşım sistemi	Kent içi bisiklet kullanımını artırarak toplu taşımayla entegrasyonu destekledi.
	Yayalaştırma ve Yaya Öncelikli Bölgeler Sorun: Araç trafiğinin yaya alanlarına zarar vermesi	
	Ljubljana, Slovenya: Araçsız tarihi merkez	Tarihi doku korunarak yaya hareketliliği artırıldı.
	Portland, ABD: Yaya dostu mahalleler	Araç bağımlılığını azaltarak yaya ve bisiklet kullanımını teşvik etti.
	Christchurch, Yeni Zelanda: Yaya odaklı yeniden planlama	Afet sonrası kent merkezinde yaya dostu bir altyapı oluşturuldu

Çözüm Kategorileri	Çözüm Örnekleri	Yerel Etkileri
Teknoloji ve Yenilik Odaklı Çözümler	Akıllı Trafik Yönetimi Sorun: Trafik sıkışıklığı ve zaman kaybı	
	Singapur: Elektronik yol ücreti (ERP)	Trafik akışını optimize etti, ancak sistemin maliyeti eleştirilere yol açtı.
	Quebec, Kanada: Akıllı trafik ışıkları	Trafik yoğunluğunu azaltarak verimliliği artırdı.
	Tokyo, Japonya: Enerji verimli trenler	Yüksek enerji tasarrufu sağlayan trenler trafik sorunlarını ve karbon salınımını azalttı.
	Yenilenebilir Enerji Çözümleri Sorun: Fosil yakıt tüketimi ve karbon emisyonları	
	Phoenix, ABD: SolarPath-Güneş enerjili yollar	Güneş enerjisi kullanımı karbon emisyonlarını azalttı.
	Reykjavik, İzlanda: Jeotermal enerjiyle ısıtmalı yollar	Çevreci ve sürdürülebilir bir altyapı modeli sundu.

Tablo II'den de anlaşıldığı üzere, farklı kategorilerde, özgün ihtiyaçlara dayalı pek çok çevreci ulaşım örneği vardır. Her ne kadar farklı başlıklar altında ele alınıp kategorize edilmiş olsalar da aslında tüm bu uygulama örnekleri çevre dostu yerel çözümler üretme hedefi doğrultusunda ortak bir paydada buluşurlar. Yerel dinamikler bağlamında kentsel yoğunluk ve nüfus, coğrafi özellikler, ekonomik durum, kentsel doku ve kültürel yapı; öne çıkan çevreci yerel ulaşım yaklaşımları bağlamında teknoloji, toplu taşıma sistemi ve mikro hareketlilik bu yapılandırılmış sınıflandırmanın temel belirleyici etkenleri olarak öne çıkar. Sıkı bir ilişki içerisinde olan bu etkenler aynı zamanda birbirini tamamlar niteliktedir.

4. Örnek Uygulamalar

Artan motorize araç talebi, yetersiz ulaşım altyapısıyla birleşerek sürdürülebilir çözümler gerektiren kritik çevresel problemlere neden olmuştur (Han ve diğerleri, 2010). Bu problemlere çevreci bir çözüm sunmak için motorlu bireysel araç kullanımının azaltılması ve toplu taşıma kullanımının teşvik edilmesi gerekir, bununla birlikte toplu taşıma filolarının çevresel etkilerle uyumlu olacak şekilde yenilenmesi de önem arz eder (Pejšová, 2014; Sinha, 2003). Ayrıca, mikro hareketlilik ihtiyaçları karşılanmadığı sürece sürdürülebilir kentsel bir ulaşım sisteminin tasarlanması neredeyse imkansız, bu nedenle toplu taşıma ve mikro hareketliliği birlikte değerlendirmek gerekir (Mohan ve Tiwari, 1999). Sonuç olarak, sürdürülebilir yerel ulaşımın sağlanmasında toplu taşıma, mikro hareketlilik ve teknolojik yenilikler birbirinin tamamlayıcısı olarak kilit rol üstlenirler. Bu nedenle, çalışma kapsamında çevresel ulaşım çözümleri adına detaylı inceleme yapmak için nüfus, yoğunluk, coğrafi özellik, ekonomik durum, kentsel doku ve kültürel yapı gibi yerel dinamiklerle birlikte toplu taşıma, mikro hareketlilik ve çağımızın vazgeçilmez aracı olan teknolojik yenilikler dikkate alınarak örnek uygulama seçimleri sağlanmıştır. Bu çerçevede, öncelikle farklı yerel dinamiklere sahip olan Shenzhen, Reykjavik, Medellín ve Delhi kentleri ele alınmış, akabinde bu dört kentin temel ulaşım problemlerine yönelik

geliştirdiği yerel uygulamalar incelenmiştir. Son olarak, temelde teknolojik yenilik göz önünde bulundurulacak şekilde toplu taşıma ve mikro hareketlilik ihtiyaçlarını karşılayan uygulama örnekleri belirlenmiştir: Toplu taşımada “elektrikli otobüs” ve “Metrocable teleferik sistemi”; mikro hareketlilikte ise “elektrikli riksâ”. Çevreci ulaşım yaklaşımlarında yerelliğin önemini somut dayanaklarla anlaşılır kılmak için çalışmanın bu bölümünde, tercih edilen örneklerin her biri kendi özelinde detaylı bir şekilde incelenip değerlendirilmiştir.

4.1. Elektrikli Otobüs (Shenzhen, Çin; Reykjavik, İzlanda)

Çağımızda, Elektrikli araçlar (EA), kentsel ulaşımın çevre üzerindeki yükünü azaltma bakımından kritik bir role sahiptir. Fosil yakıt kullanan araçların aksine, sıfır egzoz emisyonu sağladıkları ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalıştıkları için EA'lar (Şekil 1); sera gazı emisyonlarını büyük ölçüde azaltıp çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirgerler (Leeder, Jain, Wang ve Tvedt, 2021). Ayrıca, hava kalitesini yükseltme özelliğinin yanında enerji bağımlılığını azaltma potansiyelinin de varlığı, EA'ların sürdürülebilir gelecek hedeflerine ulaşma sürecinde temel bir araç olarak değerlendirilmesini kaçınılmaz kılmıştır. Bu bağlamda, toplu taşıma sektörünün elektrifikasyonu da çevreci ulaşım anlayışı sürecinde önemli bir rol üstlenir çünkü elektrikli otobüs, tramvay ve trolleybüs gibi toplu taşıma araçlarının yaygınlaştırılması, kentlerin karbon ayak izini büyük oranda azaltırken enerji verimliliğini de artırmaktadır (Leeder ve diğerleri, 2021). Özellikle elektrikli otobüslerin kullanımına dair istatistikler, bu araçların yüksek emisyon azaltma potansiyelinde olduğunu ve önemli çevresel faydalar sunduğunu ortaya koymuştur (The World Bank, 2021; Turoń ve Sierpiński, 2018). Elektrikli otobüsler, çevresel etkilerin ötesinde sosyal ve ekonomik boyutta da faydalar sağlar: Enerji verimliliğini artırır, gürültü kirliliğini azaltır, titreşimi azaltarak yolcu konforunu iyileştirir, daha düşük yakıt ve bakım maliyetleri sayesinde işletme giderlerini düşürür ve araçtan şebekeye uygulamalar sayesinde elektrik şebekesinin stabilizasyonuna katkı bulunur (Sclar ve diğerleri, 2020).



Şekil 1. Shenzhen’de En Sık Kullanılan BYD K8 Elektrikli Otobüs (The World Bank, 2021).

2009’dan beri emisyonları azaltma, otomotiv sektörünü güçlendirme ve petrol bağımlılığını azaltma hedeflerini destekleme noktasında ulaşımda elektrifikasyonu teşvik etmeye büyük önem veren Çin; özellikle toplu taşımada, hükümetin her düzeyinden gelen güçlü teşviklerle, 2019 yılı sonu itibarıyla otobüs filosunun %46,8’ini elektrikli hale getirmiştir (Bu oran 2013’te %0,33’tü) ve böylece bu alanda kapsamlı bir operasyonel deneyim kazanan ilk ülkelerden biri olmuştur (The World Bank, 2021). Dünyadaki elektrikli otobüslerin %99’nu kullanan Çin, bu deneyimi sayesinde teknolojinin etkin kullanımı, uygun politika üretimi, teknik altyapı sağlanması ve operasyonel tasarım gibi konularda diğer ülkeler için önemli bir rehber niteliğindedir (WRI, 2024). Dolayısıyla, elektrikli otobüs çözümünde başarılı bir örnek inceleme yapmak için Çin kentlerine yönelmek isabetli olacaktır. 2017 yılında, filosundaki 16,359 otobüsü elektrikli hale getiren Shenzhen, filosunun tamamı elektrikli otobüsten oluşan ilk kent olarak toplu taşıma elektrifikasyonunda öncü bir rol üstlenmektedir (The World Bank, 2021). Bu radikal dönüşümün dikkat çeken yönlerinden biri olarak özellikle sera gazı emisyonlarının azalması ön plana çıkmaktadır. Shenzhen’in elektrikli otobüs uygulaması toplu taşımada fosil yakıt tüketimini %95 oranında; Çin Ulusal Şebekesi’ndeki elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonlar hesaba katıldığında dahi, CO2 emisyonlarının %15-20 oranında azaltmıştır (Sclar ve diğerleri, 2020). Dünya Bankası (2021) verilerine göre:

- Elektrikli otobüs kaynaklı emisyon miktarının, klasik otobüs kaynaklı emisyon miktarının %52’sine denk gelmesi sonucu Shenzhen’de yıllık 194,000 ton karbondioksit emisyonunun önüne geçilmiştir;

- Bu süreçte karşılaşılan en temel zorluklar ise tartışmasız elektrikli otobüslerin yüksek başlangıç maliyetleri ve altyapı kısıtları olmuştur fakat kamu-özel iş birliğiyle; etkin politika ve teşvik mekanizmalarıyla bu durumun üstesinden gelinmiştir;
- Toplam maliyetin %60’ı ulusal ve yerel yönetimlerin sağladığı sübvansiyonlarla karşılanmıştır ve finansal kiralama modelleriyle bu maliyetler yıllık ödemelere bölünerek süreç etkin bir şekilde yönetilmiştir;
- Altyapı geliştirmede ise arazi tahsisi ve hızlı onay süreçlerinde önemli kolaylıklar sağlanarak kent bütününde 1,707 şarj istasyonu kurulmuş, hızlı şarj teknolojileri kullanılarak operasyonel verimlilik artırılmıştır ve böylece otobüslerin çalışma sürelerinin optimizasyonu sağlanmıştır.

Pek çok açıdan önemli faydalar sağlayan bu girişimin başarılı olmasında, şüphesiz, Çin hükümetinin yenilenebilir enerjiye verdiği öncelik ve Shenzhen’in sahip olduğu teknolojik altyapı kilit rol oynamıştır. Shenzhen; ekonomik ve politik destek avantajı, teknoloji geliştirme ve uygulama konusundaki altyapısı sayesinde başarı göstermiş olsa da elektrikli otobüs girişiminde bulunan tüm kentlerin aynı başarı düzeyini yakalama durumunun mümkün olmadığı da bir gerçektir. Bunun temel nedeni; elektrikli otobüs uygulama süreçlerinin doğasında var olan zorluklar ve kentlerin bu zorluklarla baş etme potansiyelinin farklılık göstermesidir. Konuya ilişkin güncel literatür ve 16 vaka çalışmasının incelendiği “Barriers to Adopting Electric Buses” adlı WRI (2019) raporuna göre adaptasyon sürecinde global ölçekte karşılaşılan temel zorluklar Tablo III’teki gibi üç kategoriye ele alınmaktadır.

Tablo III: Elektrikli Otobüs Uygulama Süreci Zorlukları (Sclar ve diğerlerinden (2019) Alınan Bilgiler Işığında düzenlenmiştir).

TEKNOLOJİK
Elektrikli otobüslerin şarj edilmesi için gerekli altyapı eksikliği önemli bir bariyer olarak tanımlanmaktadır. Uygulamanın yaygınlaşması için yeterli şarj istasyonlarına ihtiyaç vardır.
Hızlı şarj teknolojilerinin maliyeti yüksektir ve bunların yaygınlaştırılması zaman alabilir.
Şarj süreleri ve teknolojik standartların uyumsuzluğu, operasyonel sistemlerin etkili bir şekilde çalışmasını zorlaştırır.
Araçların menzili genellikle kent içi ulaşım için yeterli olsa da yoğun rotalar ve yüksek yolcu kapasiteleri, performansı olumsuz etkileyebilir.
Pil ömrünün ve şarj kapasitesinin sınırlı olması, otobüslerin günlük çalışma döngüsünü kısıtlayıp operasyonel planlamayı zorlaştırabilir.
FİNANSAL
Elektrikli otobüslerin satın alma maliyetleri, geleneksel otobüslere kıyasla 2-3 kat daha fazladır. Bu durum, özellikle düşük bütçeli belediyeler için caydırıcıdır.
Uzun vadede enerji ve bakım maliyetlerinin daha düşük olmasına rağmen, ilk yatırım maliyetleri büyük bir engel teşkil edebilir.
Kamu ve özel sektör, gerekli fonları sağlamakta zorlanabilir.
Finansal teşviklerin ve destek programlarının eksikliği adaptasyonu yavaşlatır.
Elektrikli otobüsler, yüksek maliyetlerine rağmen gelecekteki enerji fiyatlarının belirsizliğine bağlı olarak ekonomik riskler taşır.
Pil değişimi ve altyapı bakımı gibi masraflar uzun vadeli finansal planlamayı zorlaştırır.
KURUMSAL
Elektrikli otobüs geçişi, yalnızca araçların satın alınması değil aynı zamanda operasyonel süreçlerin yeniden düzenlenmesini gerektirir ancak bu konuda uzun vadeli stratejik planlama genellikle yetersizdir.
Toplu taşıma otoriteleri, elektrikli araçlara geçiş için gereken veri tabanlı analiz ve planlama süreçlerini uygulamakta zorlanabilir.
Elektrikli otobüslerin bakım ve yönetimi için uzmanlaşmış personel yetersizliği önemli bir engeldir.
Sürücüler ve teknik personel için yeterli eğitim programlarının olmaması, adaptasyon sürecini yavaşlatır.
Elektrikli otobüs adaptasyonu genellikle birçok kurum arasında koordinasyon gerektirir: toplu taşıma otoriteleri, enerji sağlayıcılar, yerel yönetimler ve üreticiler fakat bu paydaşlar arasındaki iş birliği genellikle yetersizdir.
Elektrikli otobüslerin yaygınlaşması için güçlü bir politik irade gereklidir ancak hükümet teşvikleri ve düzenlemeler geçişi desteklemek için genellikle yetersiz kalmaktadır.

Tablo III'teki bilgilere göre, elektrikli otobüslerin adaptasyon süreci; teknolojik, finansal ve kurumsal açıdan pek çok zorlukla karşı karşıyadır. Şarj altyapısının yetersizliği, hızlı şarj teknolojisinin yüksek maliyeti, pil ömrü ve menzil kısıtları operasyonel süreçleri zorlandırmaktadır. Ayrıca, elektrikli otobüslerin yüksek satın alma maliyetleri, kısıtlı teşvikler ve uzun vadeli maliyet planlaması, bu süreci önemli ölçüde yavaşlatmaktadır. Bunun yanı sıra, uzun vadeli stratejik planlama eksikliği, uzman personel yetersizliği ve paydaşlar arasındaki iş birliğinin zayıflığı da bu sürecin önündeki önemli kurumsal engelleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla, elektrikli otobüslerin benimsenmesi, çoğu kentte yavaş ve dengesiz bir şekilde ilerlemektedir: Dünya genelinde, mevcut durumda, belediye otobüslerinin yalnızca %17'si elektrikli olup (ki bunları çoğu Çin'dedir) en iyimser tahminlerde bile 2040 yılına kadar bu oranın %70'in altında kalacağı öngörülmektedir (Sclar

ve diğerleri, 2020).

Her kentin zorluklarla baş etme potansiyeli, o kentin yerel dinamikleri doğrultusunda farklılık gösterir. Bu durumu daha net anlayabilmek için toplu taşıma filosunu tamamen elektrikli hale getiren Shenzhen ve Reykjavik örneğini karşılaştırmalı ele almak faydalı olacaktır. Shenzhen, elektrikli otobüs filosuyla küresel ölçekte göz ardı edilmeyen çevresel bir etki yaratarak dünya çapında dikkat çeken bir dönüşüm gerçekleştirmiştir. Reykjavik ise bu alanda yerelde kayda değer adımlar atmış olsa da küresel ölçekte Shenzhen gibi gündem olmamıştır. Farklı kentsel ölçek ve koşullara oldukları için bu iki kentin elde ettikleri başarıların ve karşılaştıkları zorlukların da farklı olması kaçınılmazdır. Dolayısıyla, iki kent arasındaki bu ayrımın nedenini etkin bir şekilde değerlendirmek için iki kenti yerel dinamikler temelinde karşılaştırmak

değerli bir bakış açısı sunacaktır. Shenzhen'in yerel avantajları; büyük kapasiteli toplu taşıma filosunu tamamen elektrikliye dönüştürmesindeki başarısına büyük katkı sağlamıştır. Örneğin, BYD gibi büyük elektrikli araç üreticilerinin kentte bulunması, üretim maliyetlerini düşürmüş ve teknolojik entegrasyonu kolaylaştırmıştır. Genç bir kent olarak esnek altyapısı, şarj istasyonlarının hızla kurulmasına olanak tanımıştır. Ayrıca, Çin hükümetinin sağladığı finansal teşvikler, altyapı yatırımları ve stratejik destekler dönüşümü önemli ölçüde hızlandırmıştır. Bunun yanı sıra, Çin'in elektrikli araç liderliği hedefiyle birlikte Shenzhen'in küresel vizyonda bir pilot kent olması da projenin etkin sonuçları adına stratejik rol oynamıştır. İzlanda'nın başkenti Reykjavik ise daha küçük ölçekli bir kent olması nedeniyle Shenzhen ile kıyaslandığında farklı bir başarı hikayesi sunmaktadır. Reykjavik, kentsel ulaşımında çevre dostu çözümler adına önemli adımlar atmış olsa da bu çabalar Shenzhen'deki gibi küresel ölçekte bir çevresel etkiye neden olmamıştır ve yerelle sınırlı kalmıştır. Bu durumun temel nedenlerinden bir tanesi Reykjavik otobüs filosunun Shenzhen'inkine göre oldukça küçük olmasıdır: Yani, küçük ve sınırlı toplu taşıma filosuna sahip olmasından ötürü Reykjavik'in elektrifikasyon dönüşümü etkisi; Shenzhen gibi yoğun nüfuslu ve geniş otobüs ağına sahip bir kentteki dönüşümün oluşturduğu çevresel etki düzeyini yakalamamıştır (Ribeiro, Dias ve Mendes, 2024). Bir diğer neden ise; Shenzhen'de toplu taşıma sistemi kentsel ulaşımın bel kemiğini oluştururken Reykjavik'te ulaşımın ağırlıklı olarak otomobile dayalı ve toplu taşıma kullanımının oldukça düşük olmasıdır. 2019 verilerine göre, yolcuların %74'ü özel araçlarla, %14'ü yürüyerek, %5'i bisikletle ve yalnızca %5'i otobüsle yapılmıştır (Gunnarsdóttir, Árnadóttir, Heinonen ve Davíðsdóttir, 2023). Ayrıca, Reykjavik enerji üretiminin yenilenebilir kaynaklara dayalı bir yapıda olması, fosil yakıt kullanımını zaten düşük seviyelerde tutmaktadır (Ribeiro ve diğerleri, 2024), bu nedenle Reykjavik'in elektrifikasyon dönüşüm projesinin küresel ölçekte Shenzhen kadar dikkat çekmemesi gayet anlaşılır bir sonuç niteliğindedir. Bir başka söylemle, yoğun bir toplu taşıma ağına sahip olmasının yanı sıra daha önce fosil yakıt kullanımına büyük ölçüde bağımlı bir kent olarak Shenzhen, bu dönüşümü gerçekleştirdiği için küresel bir model haline gelirken; buna karşılık, Reykjavik'in toplu taşıma filosunun boyutunun küçük olması ve yenilenebilir enerjiyle zaten güçlü bir bağının bulunması, uluslararası gündemde Shenzhen gibi bir etki yaratmamasına neden olmuştur. Ancak, Shenzhen, küresel ölçekte dikkat çekici kazanımlar elde etmiş olsa da elektrifikasyon dönüşüm sürecinde karşılaşılan zorluklar açısından Reykjavik'inin daha avantajlı bir konumda olduğu söylenebilir. Reykjavik, enerji üretiminde yenilenebilir kaynakları yoğun bir şekilde kullandığı için karbon salımını azaltmada büyük zorluklar yaşamazken, fosil yakıtlara daha fazla bağımlı olan Shenzhen, emisyonları azaltmak için daha büyük bir baskıya maruz kalmıştır. Bununla

birlikte, toplu taşıma filosunun kapasitesi konusunda karşılaştırma yapıldığında, karmaşık ve yüksek kapasiteli toplu taşıma yapısı; Shenzhen'in dezavantajlı bir konumda bulunduğunu gösterir çünkü kompleks bir yapıyı dönüştürmek hem yönetsel hem de finansal ve altyapısal bağlamda pek çok zorlukla baş etmeyi gerektirir. Tüm bu zorluklara rağmen Shenzhen sahip olduğu avantajlar sayesinde elektrifikasyon dönüşümünü başarılı bir şekilde sağlamıştır.

Sonuç olarak, elektrikli otobüsler; yüksek emisyon azaltma ve enerji verimini artırma potansiyellerinden ötürü pek çok önemli çevresel fayda sunar. Bu nedenle, dünya genelinde hızla yayılan çevre dostu ulaşım çözümlerine geçiş anlayışının önemli bir parçası olarak elektrikli otobüslerin yaygın entegrasyonu gündeme gelmiştir ve birçok kent filosunu tamamen elektrikli hale getirmese de elektrikli otobüsleri toplu taşıma sistemlerine entegre ederek buna yönelik kıymetli adımlar atmıştır. Elektrifikasyon dönüşümünün doğasında var olan finansal, altyapısal ve kurumsal zorluklar nedeniyle bu süreç genel olarak yavaş ilerler ve ilerleme şekli kentlerin yerel özelliklerine göre değişiklik gösterir. Bu zorluklara rağmen Shenzhen, 2017 yılında filosunun tamamı elektrikli hale getiren ilk kent olarak toplu taşıma elektrifikasyonunda öncü bir rol üstlenmiştir.

4.2. Metrocable Teleferik Sistemi: Medellín, Kolombiya

Kolombiya'nın ikinci büyük kenti olan Medellín; Aburrá Vadisi boyunca uzanan, etrafı And Dağlarıyla çevrili engebeli bir arazi üzerinde konumlanmakta ve genellikle dağ yamaçlarına yayılan düzensiz yerleşimlerden oluşmaktadır (Şekil 2). Bu engebeli coğrafi yapı hem fiziksel hem de sosyoekonomik açıdan Medellín'in gelişim sürecinin şekillenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Dik yamaçlı ve ulaşımı zorlayıcı olan vadinin kuzey ve kuzeydoğu kesimleri daha düşük gelirli sosyal grupların yerleşim alanları olarak gelişirken; kentin düz ve erişilebilir olan merkez ve güney kesimleri, genellikle daha üst gelirli sosyal grupların yerleşim alanları olarak gelişme göstermiştir (Heinrichs ve Bernet, 2014). Kentin plansız ve altyapıdan yoksun olarak gelişen engebeli alanları, kentsel hizmetlerin sınırlı olduğu bölgeler olarak öne çıkarken; düzlük alanlarda bu olanaklara yüksek erişimin sağlandığı ve ekonomik refahın korunduğu gözlemlenmektedir (Meninato ve Marinic, 2024). Ayrıca, dik yamaçlarda yer alan kentin az gelişmiş bölgeleri, coğrafi koşullar nedeniyle toplu taşıma altyapısına entegrasyon açısından ciddi zorluklarla karşılaşmıştır (Alshalalfah, Shalaby ve Dale, 2014). Dolayısıyla, bu bölgedeki kent sakinlerinin, kentin ekonomik ve sosyal merkezlerine erişimi de kısıtlı olmuştur; bu fiziksel bağlantı eksikliği nedeniyle kentteki mekânsal eşitsizlikler derinleşmiş ve sosyal izolasyon artmıştır (Meninato ve Marinic, 2024). Medellín'deki bu durum, sosyoekonomik ayrışmanın mekânsal düzeyde pekişmesinde coğrafi yapının önemli bir etken olduğunu ortaya koyar.



Şekil 2. Medellín'in Kent Manzarası (Mergili, 2022).

Medellín'in toplumsal ve mekânsal eşitsizliklerini giderme adına erişim problemlerine yönelik çözüm arayışları, entegre bir toplu taşıma sisteminin sağlanmasını ön plana çıkarmıştır. Ancak, Medellín'in engebeli coğrafyasının kara yolu ve raylı sistem gibi geleneksel toplu taşıma çözümlerini ekonomik ve teknik olarak zorlaması, yenilikçi çözümleri gerekli kılmıştır (Heinrichs ve Bernet, 2014). Son yıllarda, gelişmekte olan birçok kent, düşük gelirli nüfus grupları ile kentin diğer grupları arasındaki erişim problemini azaltmak amacıyla hızlı otobüs taşımacılığı (Bus Rapid Transit - BRT), teleferikler ve raylı ulaşım sistemleri gibi bir dizi toplu taşıma projesi uygulamaktadır (Bocarejo ve diğerleri, 2014). Teleferik teknolojisi, özellikle

engebeli arazi gibi coğrafi eşiklere sahip kentler için gerekli toplu taşıma hizmetlerini sağlamakta önemli bir araç olarak öne çıkar (Cardona-Urrea, Soza-Parra ve Ettema, 2024). Bu anlamda, teleferik tabanlı yenilikçi bir toplu taşıma çözümü olan Metrocable projesi, Medellín'in kentsel dönüşüm planlarının merkezinde yer almıştır. Metrocable sistemi, sosyoekonomik dezavantajlı bölgelerdeki erişim sorunlarını çözmek ve kentsel entegrasyonu artırmak amacıyla kentin çeperdeki yamaç arazilerinde bulunan düşük gelirli mahallelere hizmet veren bir besleyici olarak 2004 yılında hizmete sunulmuştur (Cardona-Urrea ve diğerleri, 2024; Heinrichs ve Bernet, 2014).



Şekil 3. Medellín Metrocable K hattı (Mergili, 2022)

Hali hazırda altı yeni hattın inşası devam etmekte olan Metrocable'ın ilk K hattı (Şekil 3) kentin kuzeydoğu bölgesindeki yoğun nüfuslu mahallelerine başarıyla hizmet sağlamıştır ve akabinde ek hatlar açılmış; bazı hatlar turizm ve çevresel koruma amacıyla genişletilmiştir (Davilila ve Daste, 2013). Metrocable projesi uluslararası düzeyde ilham verici bir model olarak değerlendirilmiş ve projesinin etkisiyle Latin Amerika ve Karayipler bölgesinde teleferik uygulaması hızla yaygınlaşarak toplu taşımanın önemli bir parçası haline



gelmiştir (Cardona-Urrea ve diğerleri, 2024). Medellín'in bu projedeki başarısı, projenin sadece bir ulaşım çözümü sunmakla kalmayıp aynı zamanda sosyal uyumu ve ekonomik gelişmeyi teşvik eden çok yönlü bir yaklaşımı benimsemiş olmasından kaynaklanmaktadır (Cardona-Urrea ve diğerleri, 2024). Bu bağlamda, benzer yeni projelerin ilgili karar alma süreçlerini desteklemek adına Metrocable uygulama sürecinin, proje çıktılarının ve etkilerinin kapsamlı bir değerlendirmesi Tablo IV'te sunulmuştur.

Tablo IV: Metrocable Teleferik Proje Değerlendirmesi (Alshalalfah ve diğerleri, 2014; Cardona-Urrea ve diğerleri, 2024; Davlila ve Daste, 2013; Galvin ve Maassen, 2019; Heinrichs ve Bernet, 2014; Wallace, 2021).

Kategori	Alt Başlıklar	Detaylar
Uygulama Zorlukları	Topografya ve Altyapı	Medellín'in engebeli topografyası, dar sokakları ve düzensiz kentleşme düzeni, Metrocable'in tasarım ve inşaat sürecini zorladı.
	Sosyal Kabul	Düşük gelirli mahalle sakinleri, projeye başlangıçta direnç gösterdiler fakat ulaşımındaki iyileşmelerin kendi yaşamlarına etkisini hissetmeye başladıktan sonra projeyi benimsemeye başladılar. Ayrıca, halkın katılımını sağlamak için yoğun bilinçlendirme çalışmaları yapıldı.
	Entegrasyon	Başlangıçta, Metrocable ile metro arasında entegre biletleme sisteminin bulunmaması, düşük gelirli toplulukların ekonomik toplu taşımadan yararlanmasını zorlaştırdı. Ayrıca, aktarma noktalarındaki yetersiz düzenlemeler ve sefer saatleriyle sıklıklarındaki uyumsuzluk, kullanıcı memnuniyetsizliğine yol açtı. Bu koşullar, toplu taşıma ağının etkili bir biçimde bütünleşmesini geciktirdi.
	Finansman ve Sürdürülebilirlik	Yüksek başlangıç maliyetlerini karşılayıp işletme giderlerini sürdürülebilir kılmak amacıyla kamu-özel sektör iş birliğine gidildi; ancak yatırımcı çekme, düşük gelirli topluluklara uygun fiyatlandırma ve ekonomik sürdürülebilirliği güvenceye alma konularında önemli zorluklar yaşandı.
Proje Başarıları	Erişim ve Entegrasyon	Daha önce kent merkezine bağlantısı zayıf olan düşük gelirli mahalleler; Medellín'in geleneksel metro sistemiyle doğrudan bağlantısı sağlanan Metrocable hatları sayesinde, kentin ekonomik ve sosyal merkezlerine kolayca erişim sağladı. Medellín'in Metrocable'i, toplu taşıma sistemine tamamen entegre edilmiş dünyanın ilk teleferiğidir.
	Hızlı ve Ekonomik Uygulama	Metrocable projesinin geleneksel toplu taşıma sistemlerine göre çok daha kısa sürede ve daha düşük maliyetle hayata geçirilmesi, zaman baskısı altındaki yerel yöneticiler için etkili bir çözüm sundu.
	Sosyal Kapsayıcılık	İzole mahalleler, kent merkezine entegre edilerek sosyal dışlanma azaltıldı. Bu durum, Medellín'in "sosyal kentsel dönüşüm" çabalarını güçlendirdi.
	Katılım	Halkın proje kararlarına dahil edilmesi ve katılımcı bütçeleme uygulamaları, halk desteğini artırdı. Bu yaklaşım, halkın projeyi sahiplenmesini sağladı.
Uygulama Etkileri	Sosyoekonomik	
	Yaşam kalitesi	Ulaşımın iyileştirilmesi, düşük gelirli yeni iş ve eğitim olanakları sundu. Bu durum, yoksulluğun azalmasına ve yaşam standartlarının artmasına katkı sağladı. Aşırı yoksulluk oranında önemli bir düşüş sağlandı: Oran %36'dan (2002) %3 (2015) seviyelerine indi.
	Hizmetlere Erişim	Kent merkezine seyahat süresinin 2 saatten 30 dakikaya düşürülmesiyle yolculuk süreleri önemli ölçüde kıaldı. Bu iyileşme, eğitim, sağlık ve diğer sosyal hizmetlere erişimi kolaylaştırarak bireylerin bu hizmetlerden daha etkin yararlanmasına imkân sağladı.
	Eşitsizliklerin Azaltılması	Yolculuk maliyetlerinin düşmesi, kent merkezine erişimi kolaylaştırarak sosyal sınıflar arasındaki eşitsizlikleri azaltan bir etki yarattı
	Güvenlik	Ulaşım altyapısının iyileştirilmesi, yüksek suç oranlarına sahip dezavantajlı mahallelerin toplumsal entegrasyonunu güçlendirerek hem sosyal izolasyonu azalttı hem de kamu hizmetlerine erişimi artırdı. Bu gelişme, güvenlik algısında olumlu bir dönüşüm ve suç oranlarında da belirgin bir düşüş sağladı.
	Yerel Ekonomi	Proje, inşaat ve işletme aşamalarında yeni istihdam olanakları yarattı. Ayrıca artan ticaret hacmi, yerel ekonomiyi canlandırdı.
	Turizm ve Ticaret	Turistler, Metrocable üzerinden Medellín'in daha önce izole olmuş bölgelerini ziyaret etmeye başladı. Bu durum, turizm gelirlerini artırırken küçük işletmelerin gelişmesini destekledi.
	Çevresel	
	Hava Kalitesi	Büyük ölçüde Kolombiya'nın hidroelektrik kaynaklarına dayalı çalışan bu sistem, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azalttı ve karbon salınımını düşürdü. Bu, kentin genel hava kalitesini iyileştirerek sağlık sorunlarını azaltmaya yardımcı oldu. Her yıl 1,7 milyon galondan fazla dizel yakıtın kullanımı engellendi.
	Kentsel Alanların Korunması	Metrocable, diğer ulaşım altyapılarına kıyasla daha az yer kapladı ve çevreye minimum düzeyde zarar verdi. Tepelik arazilerdeki doğal alanların korunması sağlandı.
Gürültü	Geleneksel motorlu ulaşım araçlarına kıyasla çok daha az gürültü kirliliği yarattı.	

Tablo-IV'ten de anlaşıldığı üzere uygulama sürecindeki zorlukların üstesinden gelen Metrocable sistemi, kentin metro ağına entegre çalışarak yamaçlardaki düşük gelirli mahalleleri kent merkezine bağlamıştır. Tek bir biletle hem Metrocable hem de metro hatlarının kullanımı sağlanarak yolcuların ulaşım süreleri ve maliyetleri azaltılmıştır. Bu entegrasyon, fiziksel ve sosyal bağlantıları güçlendirmiş ve ekonomik fırsatlara erişimi sağlayarak yerel ekonomik canlılığı artırmıştır. İstasyon çevresinde artan ticari faaliyetler; suç oranlarının düşmesi ve mahallelerin görünürlüğünün artması projenin toplumsal etkilerinin somut göstergeleridir. Çevresel açıdan ele alındığında ise, fosil yakıtlı araçların yerini temiz enerjili teleferiklerin alması, karbon emisyonlarını kayda değer ölçüde azaltmış ve hava kalitesini iyileştirmiştir. Dolayısıyla, sosyoekonomik entegrasyon hedefiyle uygulanan proje aynı zamanda çevresel katkı da sağlayarak uzun vadede sürdürülebilir bir yerel ulaşım çözümü olarak dikkat çekmiştir. Ekonomik uygulanabilirliği, hızlı inşaa süreci ve yenilikçi yapısıyla Medellin teleferik sistemi, coğrafi kısıtlara sahip kentlerin sürdürülebilir gelişimine

yönelik etkili bir model sunmaktadır.

4.3. Elektrikli Rikşa: Delhi, Hindistan

Elektrikli rikşalar, üç tekerlekli olup küçük boyutları sayesinde dar sokaklarda hem yük hem de yolcu taşımacılığı için kolaylıkla kullanılabilen araçlardır (Şekil 4). Bu araçlar, enerji depolamak için bir bataryaya ve hareket için de bir elektrikli motora sahiptir; şarj işlemi için genellikle şebeke elektriği kullanılır ve tam dolu bir bataryayla, tamamen yüklü halde yaklaşık 80-100 kilometre yol gidilebilirler (Sameeullah ve Chandel, 2016). Düşük satın alma ve işletme maliyetleri sayesinde özellikle büyük kentlerde önemli bir pazar alanı edinen E-rikşalar 2008'den sonra Asya kentlerinde popüler hale gelmiştir (Sameeullah ve Chandel, 2016; Singh ve diğerleri, 2021). Bu coğrafyada yaygın kullanılan otomatik ve pedallı rikşalara tasarimsal benzerliği ve dikkat çeken çevre dostu özelliği nedeniyle bu araçlar, Asya'da hükümetlerce desteklenip halk tarafından kolayca kabul görmüştür (Aslam, 2019).



Şekil 4. Elektrikli Rikşa (E-rikşa) (Ajin, 2022; Shah, 2022).

Hindistan'ın Ulusal Başkent Bölgesinde çeşitli faaliyetlerin merkezi olan Delhi, ülkenin farklı bölgelerinden çok fazla göç alarak 2001-2011 yılları arasında yaklaşık 9 milyon nüfus artışıyla yüzleşmiştir (Beella, Diehl ve Vergragt, 2011; NIUA, y.y.). Öngörülemeden bu nüfus büyümesi, hareketlilik talebini artırmış; ulaşım altyapısı ve çevre üzerinde muazzam bir baskı oluşturarak hava kirliliği ve trafik sıkışıklığı gibi pek çok probleme neden olmuştur (Beella ve diğerleri, 2011). Bunun üzerine, çevreyi koruma politikaları kapsamında Delhi hükümeti, 2010 yılında Çin'den ithal ettiği E-rikşaları çevreci bir çözüm

aracı olarak tanıtmış ve 2015'te gerekli yasal düzenlemeleri sağlayarak bu araçların toplu taşıma sistemine entegre edilmesini kolaylaştırmıştır (NIUA, y.y.; Sameeullah ve Chandel, 2016). Kentsel ulaşımında önceden kullanılan geleneksel rikşalarla yapısal benzerliği sayesinde E-rikşalar halk tarafından kolayca benimsenmiş ve araçların kullanımı kısa sürede yaygınlaşmıştır. Yani, Delhi'nin yoğun kent dokusu, yetersiz ulaşım altyapısı ve sosyal dinamikleri; E-rikşaların ideal bir çözüm olarak öne çıkmasına ve popülerleşmesine neden olmuştur.



Şekil 5. Yoğun Delhi Trafiköi (Shigemitsu, 2013; Schell, 2019).

Trafik sıkışıklığı problemiyle karşı karşıya olan Delhi (Şekil 5), hava kirliliği seviyesinde dünyada önde gelen kentlerden biridir ve toplam hava kirliliğinin %40'ı da ulaşımdan kaynaklanmaktadır (NIUA, yy.). E-rikşalar, sıfır karbon emisyonu ile bu sorunun çözümünde önemli bir araç olarak değerlendirilebilir. Elektrikle çalışan bu araçlar, fosil yakıt tüketimini nispeten ortadan kaldırma potansiyelindedir. Ayrıca, küçük ebatları sayesinde dar alanlarda zorlanmadan hareket edebilir, böylece daha az yakıt tüketimi ve karbon salımıyla daha kısa süreli ve kolay bir ulaşım sağlar (Prakash, Dwivedi, Prakash ve Kapoor, 2018). E-rikşalar, çevre dostu bir çözüm sunmakla birlikte toplu taşımada ilk-son mil bağlantısı için de uygun bir seçenek olarak öne çıkar. Delhi'deki günlük seyahatlerin %64'ten fazlası toplu taşımayla sağlanır fakat ilk-son mil bağlantısı eksikliği söz konusudur, bu noktada 4-5 km'lik mesafelerde etkili bir ulaşım aracı olarak metro istasyonları ve otobüs durakları gibi toplu taşıma noktalarına kolay erişim

sağlayan E-rikşalar toplu taşımayı destekleyen ve tamamlayan bir yapıdadır (Beella ve diğerleri,2011; Ghate, Ms Akshima Tejas Suneja,2018; NIUA, yy.; Prakash ve diğerleri,2018; Singh ve diğerleri,2021). E-rikşalar ayrıca, Delhi'nin sosyal yapısının gerektirdiği ihtiyaçlar açısından da önemli bir rol oynar: Bu araçlar Delhi'nin düşük gelirli sosyal yapısı için kritik önem arz eden uygun maliyetli ulaşım seçeneklerini sağlamakla birlikte istihdam fırsatları da sunar (Prakash ve diğerleri, 2018; Singh ve diğerleri, 2021). Kısaca, kentin dar sokak dokusuna uygunluğu, olumlu çevresel etkileri, toplu taşımayı tamamlayıcı nitelikte olması ve sosyal ihtiyaçları karşılayabilir uygunlukta olması gibi pek çok özelliği sayesinde E-rikşalar Delhi'nin yerel problemlerine cevap vererek halk tarafından kolaylıkla benimsenmiştir. Ancak, uygulamanın bu başarılı yönlerine rağmen uygulama sürecinde belirli zorluklarla karşılaşılmış, önemli sosyoekonomik ve çevresel etkiler gözlemlenmiştir (Tablo V).

Tablo V: Delhi'deki E-Rikşa Uygulamasının Değerlendirmesi (NIUA, y.y.; Prakash ve diğerleri, 2018; Singh ve diğerleri, 2021)

Kategori	Alt Başlıklar	Detaylar
Uygulama Zorlukları	Yönetişim ve Politik Eksiklikler	2014 öncesinde yasal bir çerçevenin bulunmaması, kayıt dışı araçların yaygınlaşmasına yol açtı. Trafik polisinin belirli bölgelerdeki eksikliği, kuralların ihlal edilmesine neden oldu.
	Teknik ve Operasyonel Kısıtlar	Kısa ömürlü bataryalar ve uzun şarj süreleri operasyonel verimliliği düşürdü. Yağmurlu havalarda sıklıkla yaşanan arızalar sürücüler için ek maliyete neden oldu.
	Sosyal Kabul	E-rikşalar genel olarak toplum tarafından kolayca benimsense de bisiklet rikşası sürücüleri E-rikşalara geçişte bazı teknik ve finansal zorluklarla karşılaştı.
	Altyapı ve Hizmet Eksiklikleri	Şarj istasyonlarının ve güvenli park alanlarının yetersizliği, günlük operasyonları zorlaştırdı. Tanımlı durakların olmaması, trafik düzensizliğine yol açtı.
Uygulama Başarıları	Erişim ve Entegrasyon	E-rikşalar, metro ve otobüs sistemleriyle entegre çalışarak ilk-son mil probleminde çözüm sağlayıp toplu taşımayı tamamladı. Özellikle düşük gelir grupları için uygun fiyatlı, erişilebilir bir ulaşım seçeneği sundu.
	Çevresel Sürdürülebilirlik	Elektrikli motorlarla çalışan E-rikşalar, fosil yakıt tüketimini azaltıp karbon emisyonlarını düşürerek hava kirliliğiyle mücadelede etkili oldu. Ayrıca, sessiz çalışarak gürültü kirliliğini de azalttı.
	Ekonomik ve Teknolojik Uygunluk	Uygun maliyetli işletme giderleriyle düşük gelir gruplarını destekleyerek ulaşımında ekonomik bir alternatif sundu. Yeni batarya teknolojilerinin denemesi, teknolojik gelişmelere kapı araladı.
	Sosyal Kapsayıcılık ve Fırsat Eşitliği	Kadınların sektöre katılımını artırdı; göçmelere ve düşük gelirli bireylere ekonomik fırsatlar sundu.
Uygulama Etkileri	Sosyoekonomik Etkiler	
	Yerel Ekonomi	E-rikşalar, yerel ekonomiyi canlandırarak küçük ölçekli işletmeler için ulaşım kolaylığı sağladı ve tüketici hareketliliğini artırdı.
	İstihdam ve Gelir	E-rikşalar, düşük gelirli bireyler ve göçmenler için yeni iş fırsatları yarattı ve sürücülerin gelirini artırdı. E-rikşa sürücülerinin gelirlerinde %400'e varan artışlar, bu araçların ekonomik anlamda çekici hale gelmesini sağladı.
	Kadın İstihdamı	Kadın sürücülere yönelik artan teşvikler, sektörde çeşitliliği artırdı.
	Güvenlik	E-rikşaların düşük hızlarda çalışması, kazaların şiddetini azaltsa da standart dışı araç yapıları ve güvenlik önlemlerinin eksikliği, yolcular ve sürücüler için risk oluşturmaktadır.
	Çevresel	
	Hava ve Gürültü Kirliliği	Elektrikli motorlar sayesinde karbon emisyonları azaltılarak hava kirliliğiyle mücadeleye katkı sağlandı ve sessiz çalışmaları da gürültü kirliliğini azalttı.
	Trafik ve Hareketlilik	E-rikşalar, ilk-son mil ulaşımında hareketliliği artırırken, düzensiz duraklama, düşük hız ve trafik kurallarına uyumsuzluk nedeniyle trafik sıkışıklığını artırmaktadır.

Sonuç olarak, E-rikşalar, Delhi'nin toplu taşıma sisteminde son yıllarda önemli bir yer edinmiştir. Bu durumu, kentin kendine özgü yerel dinamikleriyle doğrudan ilişkili değerlendirmek mümkündür. Delhi'nin yoğun nüfusu ve artan ulaşım talebi, ulaşım altyapısının geliştirilmesine duyulan ihtiyacı artırırken hava kirliliğiyle mücadele zorunluluğu, çevre dostu ulaşım araçlarının benimsenmesini gerekli kılmıştır. Bu bağlamda, küçük ebatlı, düşük maliyetli ve kolay erişilebilir olan E-rikşalar öne çıkmıştır. Delhi'nin sosyoekonomik çeşitliliği, yoğun nüfusu, dar sokakları ve toplu taşıma sistemindeki eksiklikleri, E-rikşaları kilit bir yerel ulaşım seçeneği haline getirmiştir çünkü bu araçlar, esnek ve ekonomik yapılarıyla

kentin ulaşım sistemindeki önemli boşlukları doldurmaktadır. Öte yandan, Delhi'nin altyapı eksikliği ve düzensiz büyümesi, bu araçların etkin kullanımında zorluklar yaratarak uygulamanın çevresel faydalarını sınırlamıştır. Ayrıca, Delhi'nin göç alan yapısı ve düşük eğitim düzeyine sahip sürücülerin sektörde yoğunlaşması, yasal düzenlemelere uyumu zorlaştırmış ve trafik güvenliğini olumsuz etkilemiştir. Yani, Delhi'nin yerel dinamikleri, e-rikşaların benimsenmesini hızlandırıp onları yerel ulaşımında önemli bir araç haline getirmiş olsa da uygulamanın etkinliğini artırmak ve zorlukları aşmak için altyapı yatırımları, düzenlemeler ve eğitim programları gibi hedefe yönelik yerel çözümlere ihtiyaç vardır.

5. Değerlendirme ve Sonuç

Kentsel ulaşım uygulamaları, çevresel sürdürülebilirlik hedefine ulaşmada önemli bir araç olarak değerlendirilir. Ancak, bu hedefe yönelik çözüm önerileri, her kente uygulanabilecek tek tip bir model yaklaşımının ötesine geçerek, yerel dinamikler temelinde belirlenmelidir çünkü her kentin coğrafi özellikleri, nüfus yoğunluğu, kültürel yapısı ve ekonomik imkânları birbirinden farklıdır. Özgün yaklaşımları gerektiren bu farklılıklar, kentsel uygulamaların hem tasarımını hem de uygulama biçimini doğrudan etkiler, bu nedenle projelerin başarısı ve sürdürülebilirliği adına, çevre dostu ulaşım çözümlerinde kentlerin özel ihtiyaçları ve bağlamı doğrultusunda geliştirilen esnek modeller kritik önem taşır.

Bu çalışma, farklı özelliklere sahip kentlerdeki çevre dostu ulaşım çözümlerinin nasıl şekillendiğini ve yerel dinamiklerin bu süreçteki belirleyici rolünü değerlendirmektedir. Doğru bir değerlendirme sunmak adına, çalışma kapsamında, incelenen bir dizi farklı uygulama örneği yerel koşullar ve bu koşulların gerektirdiği öncelikli ihtiyaçlar doğrultusunda sınıflandırılmıştır. Kentsel yoğunluk ve nüfus, coğrafi ve fiziksel özellikler, ekonomik düzey, tarihi ve kültürel doku, teknoloji ve yenilik, toplu taşıma, mikro hareketlilik kategorilerinden oluşan bu sınıflandırma, kentlerin yerel sorunlarının ve buna bağlı temel ulaşım ihtiyaçlarının hangi temeller üzerinden şekillendiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, nüfus yoğunluğu yüksek olan mega kentlerde trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve toplu taşıma yetersizliği gibi problemler öne çıkar ve çözüm olarak yüksek kapasiteli toplu taşıma uygulamaları önem taşır. Bunun yanında, coğrafi ve fiziksel dinamiklere göre tasarlanan çözümler incelendiğinde, dağlık arazilerde teleferik sisteminin; kıyı kentlerinde deniz ulaşımına yönelik uygulamaların ve ekstrem iklim bölgelerinde ise altyapının iklim koşullarına uyarlanması yönünde çözümlerin öne çıktığı görülür. Ekonomik olanaklar, ulaşımın finansmanı ve erişilebilirliği açısından kentlerdeki farklılıkları yansıtır, bu nedenle ulaşım problemleri ve önerilen çözümler ekonomik yapıya bağlı olarak şekillenir. Düşük gelirli bölgeler yetersiz ulaşım altyapısı ve beraberinde getirdiği problemlerle; orta ve yüksek gelirli bölgeler ise araç bağımlılığı, trafik sıkışıklığı gibi problemlerle baş etmek durumundadır. Dolayısıyla, sosyoekonomik düzeye bağlı olarak bu problemlere yönelik çözüm önerileri de farklılaşır. Ayrıca, kültürel yapı ve kültürel miras da farklı ulaşım çözümlerini gerektirir. Örneğin, tarihi kent merkezleri modern altyapıların uygulamasında sınırlamalara neden olur ve kentsel dokuya zarar vermeyen çözümleri gündeme getirir (dokuya uygun su taşımacılığı, sessiz tramvaylar, araçsız tarihi merkezler). Bu yerel dinamiklerin yanı sıra, teknoloji odaklı yenilikler ve mikro hareketlilik gibi ulaşımın gündem konu başlıkları da çözüm önerilerinin çeşitlenmesinde etkili olur: Mikro hareketlilik, kısa mesafe veya ilk-son kilometre (mil) ulaşım sorunlarına pratik

ve çevreci bir alternatif sunarken, teknoloji-odaklı yenilikler büyük ölçekli akıllı ulaşım ağlarını mümkün kılarak karbon emisyonunu azaltmada önemli rol oynar.

Bu genel çerçevede doğrultusunda, çalışma kapsamında, Shenzhen (Çin), Reykjavik (İzlanda), Medellín (Kolombiya) ve Delhi (Hindistan) kentlerinden örnek uygulamalar seçilmiş ve detaylı olarak incelenmiştir. Her bir örnek, farklı kategori altında değerlendirilebilecek spesifik özelliklere ve çözüm modellerine sahiptir. Kentsel yoğunluk ve nüfusa göre çözümler kategorisinde ele alınan Shenzhen, kamu-özel sektör iş birliğiyle, toplu taşıma filosundaki otobüsleri tamamen elektrikliye dönüştürmüştür; bu nedenle (toplu taşımanın bel kemiği olduğu) bir mega kentte büyük ölçekli ulaşım çözümlerinin başarısı adına önemli bir örnek niteliğindedir. Düşük nüfus yoğunluğu ve soğuk iklimiyle öne çıkan Reykjavik de toplu taşıma elektrifikasyonunda benzer adımlar atmış ancak farklı kent ölçeğine ve yerel dinamiklere sahip olması nedeniyle Reykjavik'in çevresel etki düzeyi Shenzhen' den farklılık göstermiştir. Yüksek nüfuslu Shenzhen'in geniş kapasiteli otobüs filosu, yerel üretim avantajları ve devlet desteği küresel çapta bir etkiyle sonuçlanırken Reykjavik'in küçük ölçeği ve yenilenebilir enerji altyapısı çabalarını yerelle sınırlı tutmuştur. Reykjavik; elektrikli otobüs uygulamasının ötesinde, genel ulaşım yaklaşımı adına değerlendirildiğinde, jeotermal kaynaklardan yararlanarak elektrikli ulaşımı ekonomik ve çevreci bir yaklaşımla bütünleştirme hususunda önemli bir örnek teşkil eder. Dolayısıyla, coğrafi ve fiziksel dinamiklere göre çözümler kategorisinde, özellikle ekstrem iklim şartlarında ulaşım altyapısının nasıl şekillendirilebileceğinin bir örneğini sunar. Bu iki kentin karşılaştırmalı değerlendirmesi, benzer ulaşım çözümlerinin farklı özelliklere sahip kentlerde farklı sonuçlar doğurduğunu ve bu durumun aynı kent içinde uygulanan farklı çözümlerin etkileri için de geçerli olduğunu, yani aynı çözüm yaklaşımının hem kentler arasında hem de kent içinde çeşitlilik gösterebileceğini, ortaya koymaktadır. Dağlık arazisi ve kent çeperlerinde yaşayan yoksul kesimleriyle tanınan Medellín, coğrafi ve fiziksel dinamiklere göre sınıflandırmada dağlık ve engebeli kent kategorisinde yer alır. Buradaki Metrocable teleferik sistemi, dik yokuşların toplu taşımayı zorlaştırdığı bölgelerde yaşayan insanların kent merkezine hızlı ve rahat erişimini sağlamıştır. Proje aynı zamanda ekonomik ve sosyal bütünleşmeyi desteklediği için toplu taşıma çözümleri kategorisinde de önemli bir örnektir. Medellín örneği, kentsel ulaşımın yalnızca araç trafiği ve çevre kirliliği boyutunda değil, sosyoekonomik sorunları hafifletmede de kullanılabilirliğini gösterir. Dağlık arazide inşa edilen teleferik istasyonları, çevresindeki mahalleleri canlandırarak güvenliği ve yaşam kalitesini yükseltmiştir. Yüksek nüfus yoğunluğu ve hava kirliliği sorunlarına sahip Delhi, kentsel yoğunluğa göre çözümler kapsamında ele alınmış olsa da

aynı zamanda mikro hareketlilik kategorisinde de değerlendirilebilir çünkü metro ve otobüs sistemleriyle entegre çalışarak ilk-son mil probleminde çözüm sağlayıp toplu taşımayı kısa mesafelerde tamamlayıcı nitelikte desteklemiştir. Elektrikli rıksa-lar, hem ekonomik seviye hem de kültürel faktörler göz önün-de bulundurulmuş geliştirilmiş pratik bir alternatiftir. Şehrin zaten benimsemiş olduğu rıksa kültürünü elektrikli hâle getirmek, emisyonların azaltılması ve trafik sıkışıklığının hafifletilmesi açısından çözüm sağlamıştır. Delhi'deki bu dönüşüm, büyük bütçeli projeler yerine, düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir yöntemlerin de çevre ve toplum yararına olabileceğini dayanaklardan bir modeldir.

Sonuç olarak, yerel dinamiklerin, çevre dostu kentsel ulaşım çözümlerinin şekillenmesinde ne kadar belirleyici bir etken olduğunu ortaya koymayı amaçlayan bu çalışma kapsamında, farklı dinamiklere sahip örnekler ele alınıp detaylı bir değerlendirmeye tâbi tutulmuştur. İncelenen kent örnekleri, çevreci ulaşım çözümlerinde tek tip bir yaklaşımdan ziyade yerelin bağlamına ve ihtiyaca göre uyarlanan esnek modellerin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Her kentin demografik ve coğrafik

yapısı, kültürel dokusu, ekonomik olanakları ve enerji kaynakları uygulanacak yöntemin niteliğini ve ölçeğini belirler, bu nedenle ancak ihtiyaç temelli, esnek ve yenilikçi stratejilerle başarılı ulaşım çözümlerini uygulamaya geçirmek mümkün olur. Bu çalışma, örnek uygulamaların sosyoekonomik ve çevresel çıktılarını kısmen ele almakla birlikte, farklı kentlerdeki uygulamaları standart ölçütler (örneğin aynı emisyon göstergeleri, benzer ölçekli maliyet analizleri veya kullanıcı memnuniyeti anketleri) temelinde doğrudan karşılaştırmaya yönelik bütüncül bir çerçeve sunmamaktadır. Ayrıca uygulamaların uzun vadeli etkilerinin ve yerel halkın katılım-sahiplenme düzeyinin, daha kapsamlı ve derinlemesine bir bakış açısıyla incelenmesinin gelecekteki araştırmaları zenginleştireceği düşünülmektedir. Dolayısıyla, sonraki çalışmalarda, birbirine benzer metriklerin kullanıldığı ve projelerin tüm paydaşlar üzerindeki etkilerini içeren kapsamlı bir değerlendirme yönteminin oluşturulması önerilmektedir. Böylece, aynı kategorideki ya da benzer yerel özellikteki kentlerin daha doğrudan ve kapsamlı bir biçimde kıyaslanması; mevcut ya da tasarı projelerin planlama aşamalarında daha fazla yol gösterici bilginin sunulması mümkün olacaktır.

Kaynakça

- Ajin, K.S. (2022). [Fotoğraf]. [pexels]. Erişim adresi: <https://www.pexels.com/tr-tr/fotograf/arac-surmek-arac-kullanmak-uzun-pozlama-10881293/>
- Alshalalfah, B., Shalaby, A. ve Dale, S. (2014). Experiences with Aerial Ropeway Transportation Systems in the Urban Environment. *Journal of Urban Planning and Development*, 140(1). doi:10.1061/(asce)up.1943-5444.0000158
- Amin, S. ve Vyas, D. S. (2016). Effects of Transportation on Environment. *International Journal of Advanced Research*, 4(11), 2127-225. doi:10.21474/ijar01/2073
- Ardila Gomez, A., Namkung, O.S., Dominguez-Gonzalez, K., He, H., & Bona, N. (2024). Planning for Transit-Oriented Development in Emerging Cities. Washington, DC: Dünya Bankası. <https://hdl.handle.net/10986/42222> (Lisans: CC BY-NC 3.0 IGO)
- Aslam, I. (2019). Dimension Analysis and Survey of E-Rickshaws in Delhi Region, 6(5), 615-624.
- Banister, D., Anderton, K., Bonilla, D., Givoni, M. ve Schwanen, T. (2011). Transportation and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*. doi:10.1146/annurev-environ-032310-112100
- Beella, S. K., Diehl, J. C. ve Vergragt, P. J. (2011). Sustainable Transport Scenarios for New Delhi. 10th International Conference of the Greening of Industry Network.
- Bocarejo, J. P., Portilla, I. J., Velásquez, J. M., Cruz, M. N., Peña, A. ve Oviedo, D. R. (2014). An Innovative Transit System and its Impact on Low Income Users: The Case of the Metrocable in Medellín. *Journal of Transport Geography*, 39. doi:10.1016/j.jtrangeo.2014.06.018
- Cardona-Urrea, S., Soza-Parra, J. ve Ettema, D. (2024). Aerial Cable Cars as a Transit Mode: A Review of Technological Advances, Service Area Characteristics, and Societal Impacts in Latin America and the Caribbean. *Transport Reviews*, 44(3). doi:10.1080/01441647.2023.2294752
- Davlila, J. ve Daste, D. (2013). Medellín's Aerial Cable-Cars: Social Inclusion and Reduced Emissions. *Cities, Decoupling and Urban Infrastructure* içinde .
- Gehl, J. (2013). *Cities for People*. Island Press.
- Ghate, Ms Akshima Tejas Suneja, M.D. (2018). The E-Rickshaw Story: Was the Advent of Electric Mobility in India Planned. <https://www.teriin.org/blog/e-rickshaw-story-was-advent-of-electric-mobility-in-india-planned> adresinden erişildi.

- Gunnarsdóttir, I., Árnadóttir, Á., Heinonen, J. ve Davíðsdóttir, B. (2023). Decarbonization of Passenger Transport in Reykjavík, Iceland - A Stakeholder Analysis. Case Studies on Transport Policy, 12. doi:10.1016/j.cstp.2023.101019
- Han, J., Bhandari, K. ve Hayashi, Y. (2010). Assessment of Policies toward an Environmentally Friendly Urban Transport System: Case Study of Delhi, India. Journal of Urban Planning and Development, 136(1). doi:10.1061/(asce)0733-9488(2010)136:1(86)
- Heinrichs, D. ve Bernet, J. S. (2014). Public Transport and Accessibility in Informal Settlements: Aerial Cable Cars in Medellín, Colombia. Transportation Research Procedia içinde (C. 4). doi:10.1016/j.trpro.2014.11.005
- Lee, S. ve Bencekri, M. (2020). Urban Form and Public Transport Design. Urban Form and Accessibility: Social, Economic, and Environment Impacts. doi:10.1016/B978-0-12-819822-3.00018-3
- Leeder, D., Jain, A., Wang, X. ve Tvedt, K. (2021). Going electric: Policy paper. A Pathway to Zero-Emission Buses. European Bank for Reconstruction and Development, (June), 78. https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2021/06/EBRD_UITP_GIZ_Going-Electric-A-Pathway-to-Zero-Emission-Buses_June2021.pdf adresinden erişildi.
- Loo, B. P. Y. (2009). Transport, Urban. International Encyclopedia of Human Geography: Volume 1-12, 1-12, V12-465-V12-469. doi:10.1016/B978-008044910-4.01039-7
- Meninato, P. ve Marinic, G. (2024). Transforming Medellín: Architecture and Urban Design As Agents of Social Change. Journal of Architecture and Urbanism, 48(1), 83-90. doi:10.3846/jau.2024.17793
- Mergili, M. (2022). [Fotoğraf]. [Openstreet]. CC BY-NC-SA 4.0 lisansı ile lisanslanmıştır. Erişim: <https://openstreetmap.org>. <https://www.mergili.at/worldimages/picture.php?16177>
- Mohan, D. ve Tiwari, G. (1999). Sustainable Transport Systems: Linkages between Environmental Issues, Public Transport, Non-Motorised Transport and Safety. Economic and Political Weekly, Vol. 34, N(25).
- NIUA. (y.y.). Assessment of the E-Rickshaw Operations in Delhi. https://smartnet.niua.org/sites/default/files/resources/assessment_of_the_e-rickshaw_operations_in_delhi.pdf adresinden erişildi.
- OpenAI ChatGPT. (2025). Kentsel Ulaşım Çözümleri ve Yerel Etkileri. Erişim Tarihi: 8 Ocak 2025
- Paköz, M. Z., Yedekci Aslan, G., (2015) Develi'de Sürdürülebilir Ulaşım Projeleri, içinde Akgül, B. v.d. (ed) Develi'de Örnek Bir Yerel Kalkınma Planlaması: DETOK, Nobel Kitabevi.
- Pejšová, M. (2014). Environmentally Friendly Public Transport. Transactions on Transport Sciences, 7(4). doi:10.2478/trans-2014-0013
- Prakash, N., Dwivedi, R., Prakash, N. ve Kapoor, A. (2018). Impact Assessment of E-Rickshaws while Analyzing Entrepreneurial Success of Rickshaw Pullers. Indian Journal of Economics & Business, 17(3), 287-294. <https://www.researchgate.net/publication/329513028> adresinden erişildi.
- Ribeiro, P. J. G., Dias, G. ve Mendes, J. F. G. (2024). Public Transport Decarbonization: An Exploratory Approach to Bus Electrification. World Electric Vehicle Journal. doi:10.3390/wevj15030081
- Rodrigue, J. P. (2024). The Geography of Transport Systems. The Geography of Transport Systems. doi:10.4324/9781003343196
- Rodrigue, J. P., Comtois, C. ve Slack, B. (2020). The Geography of Transport Systems. The Geography of Transport Systems (Fifth.). New York. doi:10.4324/9781003343196
- Sameeullah, M. ve Chandel, S. (2016). Design and Analysis of Solar Electric Rickshaw: A Green Transport Model. 2016 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability, ICEETS 2016 içinde. doi:10.1109/ICEETS.2016.7582927
- Schell, A. (2019). [Fotoğraf]. [iStock]. Fotoğraf Kimlik No: 1135371039. Erişim: <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/yeni-delhi-delhi-hindistan-da-tuktuks-otob%C3%BCsler-ve-insanlarla-b%C3%BCy%C3%BCk-trafik-gm1135371039-302022608>
- Sclar, R., Werthmann, E., Orbea, J., Siqueira, E., Tavares, V., Pinheiro, B., ... Castellanos, S. (2020). THE FUTURE OF URBAN MOBILITY The case for electric bus. Coalition for Urban Transitions. .
- Shah, A. (2022). [Tricycle on Wet Road]. [pexels]. Erişim adresi: <https://www.pexels.com/photo/tricycle-on-wet-road-10763741/>
- Shigemitsu. (2013). [Heavy traffic jam at Chandni Chowk in Old Delhi]. [iStock]. Fotoğraf Kimlik No: 458880273. Erişim adresi: <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/heavy-traffic-jam-at-chandni-chowk-in-old-delhi-gm458880273-23612529>
- Singh, D. R., Mishra, S. ve Tripathi, K. (2021). Analysing Acceptability of E-Rickshaw as a Public Transport Innovation in Delhi: A Responsible Innovation Perspective. Technological Forecasting and Social Change, 170. doi:10.1016/j.techfore.2021.120908
- Sinha, K. C. (2003). Sustainability and Urban Public Transportation. Journal of Transportation Engineering, 129(4). doi:10.1061/(ASCE)0733-947X(2003)129:4(331)
- The World Bank. (2021). Electrification of Public Transport Mobility and Transport Connectivity Series. International Bank for Reconstruction and Development /, 1-138. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/708531625052490238/pdf/Electrification-of-Public-Transport-A-Case-Study-of-the-Shenzhen-Bus-Group.pdf> adresinden erişildi.
- Turoń, K. ve Sierpiński, G. (2018). Selected solutions of environmentally-friendly urban transport systems.
- UN-Habitat. (2013). Planning and design for Sustainable Urban Mobility. United Nations Human Settlements Programme. [https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Planning and Design for Sustainable Urban Mobility.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Planning%20and%20Design%20for%20Sustainable%20Urban%20Mobility.pdf) adresinden erişildi.
- WRI. (2024). Release: Electric Bus Adoption Is Critical for Sustainable Cities - Here's How to Get There. World Resources Institute (WRI). <https://www.wri.org/news/release-electric-bus-adoption-critical-sustainable-cities-heres-how-get-there> adresinden erişildi.
- Zietsman, J. ve Rilett, L. R. (2002). Sustainable Transportation: Conceptualization And Performance Measures. Austin.