



**KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM
İSTASYONLARININ YAPISAL VE MİMARİ
TASARIM KRİTERLERİ, İYİLEŞTİRME VE
UYGULAMA ÖRNEKLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Mert KARAAĞAÇ

Eskişehir, 2023

**KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM İSTASYONLARININ YAPISAL VE MİMARİ
TASARIM KRİTERLERİ, İYİLEŞTİRME VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ**

Mert KARAAĞAÇ

Yüksek Lisans Tezi

Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Seyfettin Umut UMU

(İkinci Danışman: Doç. Dr. Mehmet Mete ÖZTÜRK)

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Haziran 2023

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Mert KARAAĞAÇ'ın KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM İSTASYONLARININ YAPISAL VE MİMARİ TASARIM KRİTERLERİ, İYİLEŞTİRME VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ başlıklı çalışması 01/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Seyfettin Umut UMU

Üye

: Doç. Dr. Kamil Bekir AFACAN

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Gülşen Akın GÜLER

Prof. Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

01/06/2023

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Mert KARAAğAÇ, KENT İÇİ RAYLI ULAşIM İSTASYONLARININ YAPISAL VE MİMARİ TASARIM KRİTERLERİ, İYİLEşTİRME VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Dr. Öğr. Üyesi Seyfettin Umut UMU

ÖZET

KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM İSTASYONLARININ YAPISAL VE MİMARİ TASARIM KRİTERLERİ, İYİLEŞTİRME VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Mert KARAAĞAÇ

Raylı Sistemler Mühendisliği Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Haziran 2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Seyfettin Umut UMU

(İkinci Danışman: Doç. Dr. Mehmet Mete ÖZTÜRK)

Kent içi raylı ulaşım sistemlerinde istasyonlar kamusal niteliğe sahip mekanlar olarak değerlendirilmektedir. Yolcu taleplerine hizmet edecek ve yolcuların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde düzenlenmesi gereken istasyonların, istasyona bağlı mekanların ve çevresel unsurların daha kullanışlı ve göze hitap edecek hale getirilmesi, yolcuların istasyonlara ulaşılabilirliğinin kolaylaştırılması gibi çalışmalar istasyonları tercih ve odak noktası konumuna getirmek amacıyla yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında, kent içi raylı ulaşım sistem istasyonlarının çevre planlamasına, istasyonların mekân organizasyonuna, istasyon tasarımında kullanıcıyı etkileyecek öğelere, istasyon konumlandırılmasına yönelik yer seçimini etkileyen parametrelere, engelli yolcular için gerekli tasarımlara ve istasyonların kapasitelerine ilişkin başlıklar ile kent içi raylı ulaşım istasyonlarının yapısal ve mimari tasarım kriterleri incelenmiştir. Ayrıca metro istasyonlarının kapasitelerinin hesaplanmasına yönelik kullanılan ölçütler sıralanmış ve kapasite hesabının temel akış süreci aktarılmıştır.

Kent içi raylı ulaşım istasyonlarında kullanıcıyı rahatlatacak ve yolcu trafiğine katkıda bulunacak mevcut standartlar kapsamında tasarım kriterleri incelenerek kent içi raylı ulaşım istasyonları üzerinde yapılabilecek iyileştirme ve öneriler geliştirilmesini sağlamak tez çalışmasındaki amaçlardan biridir. Bu sayede kent içerisinde yaşanan ulaşım sorunlarını çözerek toplu ulaşımında en uygun sistemin seçilmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Raylı Ulaşım, İstasyon Tasarımı, Yolcu-İstasyon İlişkisi, Hizmet Alanı, Sürdürülebilirlik

ABSTRACT

STRUCTURAL AND ARCHITECTURAL DESIGN CRITERIA, IMPROVEMENT AND APPLICATION EXAMPLES OF URBAN RAILWAY STATIONS

Mert KARAAĞAÇ

Department of Rail Systems Engineering

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, June 2023

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Seyfettin Umut UMU

(Co-Supervisor: Assoc. Prof. Mehmet Mete ÖZTÜRK)

In urban rail transportation systems, stations are considered as public spaces. Studies such as making the stations, station-related spaces and environmental elements more useful and appealing to the eye, facilitating the accessibility of passengers to the stations, which should be arranged to serve passenger demands and meet the needs of passengers, have been carried out in order to make the stations a preferred and focal point.

In this thesis, the structural and architectural design criteria of urban rail transportation stations are examined with the titles related to the environmental planning of urban rail transportation system stations, the spatial organization of stations, the elements that will affect the user in station design, the parameters affecting the site selection for station positioning, the designs required for disabled passengers and the capacities of stations. In addition, the criteria used to calculate the capacities of metro stations are listed and the basic flow process of capacity calculation is explained.

One of the objectives of this thesis is to provide improvements and suggestions that can be made on urban rail transportation stations by examining the design criteria within the scope of existing standards that will relieve the user and contribute to passenger traffic in urban rail transportation stations. In this way, it is aimed to select the most appropriate system in public transportation by solving the transportation problems experienced in the city.

Keywords: Rail Transportation, Station Design, Passenger-Station Relationship,
Service Area, Sustainability

TEŞEKKÜR

Danışmanlarım Doktor Öğretim Üyesi Seyfettin Umut UMU ve Doçent Doktor Öğretim Üyesi Mehmet Mete ÖZTÜRK, Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bana sağladıkları büyük destek ve rehberlik için danışman hocalarım Doktor Öğretim Üyesi Seyfettin Umut UMU ve Doçent Doktor Öğretim Üyesi Mehmet Mete ÖZTÜRK'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Sizlerin desteği olmadan bu çalışmayı başarıyla tamamlayamazdım. Sabrınız, bilgi birikiminiz ve yönlendirmelerinizle ilerlemem için beni motive ettiniz. Sizinle çalışmak benim için bir onur ve ayrıcalıktı.

Ayrıca tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen ve deneyimlerini aktaran Yüksek Raylı Sistemler Mühendisi Nurseda ÖZTAŞ'a, teşekkür ederim.

Bu süreçte her zaman yanımda olan, çalışmalarımda beni motive eden, desteğini esirgemeyen değerli aileme emekleri için çok teşekkür ederim.

Mert KARAAĞAÇ

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Mert KARAAĞAÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
DANIŞMAN ONAYI	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
GÖRSELLER DİZİNİ	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIX
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	1
1.2. Literatür Çalışması	3
2. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM SİSTEMLERİ	10
2.1. Tramvay Sistemi	13
2.1.1. Tramvay İstasyon Tasarımı	14
2.1.2. Tramvay İstasyon Örnekleri	15
2.1.2.1. Londra	15
2.1.2.2. Eskişehir	17
2.1.2.3. Berlin	19
2.1.2.4. Melbourne	20
2.2. Hafif Raylı Sistem	22
2.2.1. Hafif Raylı Sistem İstasyon Tasarımı	23
2.2.2. Hafif Raylı Sistem İstasyon Örnekleri	24

2.2.2.1. Meksiko	24
2.2.2.2. Aarhus	26
2.2.2.3. Addis Ababa	27
2.2.2.4. Ankara.....	28
2.3. Metro Sistemi.....	30
2.3.1. Metro İstasyon Tasarımı.....	31
2.3.2. Metro İstasyon Örnekleri	33
2.3.2.1. Londra	33
2.3.2.2. New York.....	34
2.3.2.3. Tokyo	36
2.3.2.4. İstanbul	38
2.4. Bölgesel Demiryolu Sistemi	39
2.4.1. Bölgesel Demiryolu İstasyon Tasarımı	40
2.4.2. Bölgesel Demiryolu İstasyon Örnekleri.....	41
2.4.2.1. Toronto	41
2.4.2.2. Kalküta	43
2.4.2.3. Paris.....	45
2.4.2.4. İstanbul	46
3. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM İSTASYON KONUMLARININ PLANLANMASI.....	48
3.1. İstasyon Yer Seçimini Etkileyen Parametreler	49
3.1.1. Yolcu Çekme Kapasitesi	49
3.1.2. Emniyet.....	52
3.1.3. Entegrasyon	54
3.1.3.1. Entegrasyon Uygulamaları	55
3.1.3.2. Entegrasyon Örnekleri	57
3.1.4. Hizmet Alanı	67
3.1.5. Yapım Metodu ve Maliyeti	70
3.1.6. Arazi Kullanımı	73
3.2. Tasarımda Kullanıcıyı Etkileyecek Öğeler	74
3.2.1. Biçim	75
3.2.2. Akustik	77

3.2.3. Renk ve Doku.....	78
3.2.4. Aydınlatma.....	80
3.2.5. Havalandırma	82
3.2.6. Sanatsal Çalışmalar.....	83
3.2.7. Engellilere Yönelik Tasarımlar	85
4. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM İSTASYONLARINDA TASARIM	
ÖLÇÜTLERİ	87
4.1. Çevresel Planlama.....	88
4.2. Mekânsal Organizasyon	90
4.3. Bilet Holü (Konkors Kat)	92
4.4. Peron	94
4.5. Yatay ve Düşey Dolaşım Alanları	99
4.6. Merdivenler	101
4.7. Yolcu Bilgilendirme Sistemleri	104
4.8. Kapasite Hesabı.....	105
4.8.1. Metro İstasyonlarında Kapasite Hesabı.....	106
4.9. İstasyon Güvenliği.....	107
4.10. Malzemeler ve Yüzeyler	108
5. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM İSTASYONLARININ İYİLEŞTİRME VE	
UYGULAMA ÖRNEKLERİ	110
5.1. Tramvay İstasyon İyileştirmeleri	110
5.2. Hafif Raylı Sistem İstasyon İyileştirmeleri.....	113
5.3. Metro İstasyon İyileştirmeleri.....	116
5.4. Bölgesel Demiryolu İstasyon İyileştirmeleri	123
5.5. Örnek İyileştirme Çalışmaları	127
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	135
KAYNAKÇA.....	141
ÖZGEÇMİŞ	146

TABLÖLER DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Tramvay Sistemi Teknik Bilgiler	13
Tablo 2.2. Londra Tramvay Hatları	16
Tablo 2.3. Eskişehir Tramvay Hatları	17
Tablo 2.4. Berlin Tramvay Sistemi Teknik Verileri	19
Tablo 2.5. Melbourne Tramvay Araçları	21
Tablo 2.6. Hafif Raylı Sistemi Teknik Bilgiler.....	22
Tablo 2.7. Meksiko Hafif Raylı Sistemi Teknik Verileri.....	25
Tablo 2.8. Ankara Hafif Raylı Sistemi Teknik Verileri.....	29
Tablo 2.9. Metro Sistemi Teknik Bilgiler	30
Tablo 2.10. New York Metro Sistemi Teknik Verileri	35
Tablo 2.11. Tokyo Metro Sistemi Teknik Verileri	36
Tablo 2.12. İstanbul Metro Sistemi Teknik Verileri	38
Tablo 2.13. Bölgesel Demiryolu Sistemi Teknik Bilgiler.....	39
Tablo 2.14. Kanada Bölgesel Demiryolu Sistemi Teknik Verileri	42
Tablo 2.15. Paris Bölgesel Demiryolu Sistemi Teknik Verileri	45
Tablo 2.16. İstanbul Bölgesel Demiryolu Sistemi Teknik Verileri	47
Tablo 3.1. İstasyon İçerisinde Yaya Hareketlerine Yönelik Servis Seviyeleri (Utku, 2008).....	51
Tablo 4.1. Katlar Arası Düşey Dolaşım Alanlarında Geçiş Yöntemleri (Metro İstanbul, 2021)	99
Tablo 4.2. Peron Alanı Kapasite Hesabı-Katsayılar/Değerler (Metro İstanbul, 2021)	106
Tablo 4.3. Düşey Sirkülasyon Elemanları Kapasite Hesabı-Katsayılar/Değerler (Metro İstanbul, 2021)	107
Tablo 4.4. İstasyon İçin Mahallerde Yolcu Yürüme Hızları (Metro İstanbul, 2021) ..	107

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Tramvay Ağı, Londra, İngiltere (UrbanRail, 2021)	16
Şekil 2.2. Tramvay Ağı, Eskişehir, Türkiye (Affinity, 2019)	18
Şekil 2.3. Tramvay Ağı, Berlin, Almanya (BVG, 2017).....	19
Şekil 2.4. Tramvay Ağı, Melbourne, Avustralya (Philip Mallis, 2023)	21
Şekil 2.5. Hafif Raylı Sistem Ağı, Meksiko, Meksika (MRT, 2022).....	25
Şekil 2.6. Hafif Raylı Sistem Ağı, Aarhus, Danimarka (Triagonal, 2022)	26
Şekil 2.7. Hafif Raylı Sistem Ağı, Addis Ababa, Etiyopya (Vikipedi, 2022).....	28
Şekil 2.8. Hafif Raylı Sistem Ağı, Ankara, Türkiye (Ego, 2022)	29
Şekil 2.9. Metro Sistem Ağı, Londra, İngiltere (Research Gate, 2021)	33
Şekil 2.10. Metro Sistem Ağı, New York, Amerika (NYC Subway Guide, 2022).....	35
Şekil 2.11. Metro Sistem Ağı, Tokyo, Japonya (Tokyo Metro, 2022).....	37
Şekil 2.12. Bölgesel Demiryolu Sistem Ağı, Toronto, Kanada (Go Transit, 2022).....	42
Şekil 2.13. Bölgesel Demiryolu Sistem Ağı, Kalküta, Hindistan (IRFCA, 2021)	44
Şekil 2.14. Bölgesel Demiryolu Sistem Ağı, Paris, Fransa (RERV, 2020).....	45
Şekil 2.15. Bölgesel Demiryolu Sistem Ağı, İstanbul, Türkiye (Rayhaber, 2019)	47
Şekil 3.1. Durakla, Devam Et Şeklinde Aktarma Yapmaya Olanak Veren Banliyö Hızlı Ulaşım İstasyonu (R. Vuchic, 2015).....	62
Şekil 3.2. Hafif Raylı Sistem ve Otobüs Hatlarına Aktarma Yapılabilen Bölgesel Demiryolu İstasyonu (R. Vuchic, 2015)	64
Şekil 3.3. Erişim Moduna Göre Farklı Ulaşım Hizmetleri İçin Kabul Edilebilir Erişim Mesafeleri (R. Vuchic, 2015).....	68
Şekil 3.4. İstasyon Sıklığının Bir Fonksiyonu Olarak Hizmet Alanı (R. Vuchic, 2015)	70
Şekil 3.5. Sabit Uzunluğu Olan Bir Hat Boyunca Yoğunluklarının Bir Fonksiyonu Olarak İstasyonların Toplam Maliyeti (Yatırım ve İşletme) (R. Vuchic, 2015).....	73
Şekil 3.6. Arazi Kullanım Senaryosu (Xia, Shen, Zhang, Wang, & Zhang, 2017).....	74
Şekil 4.1. Bir ve İki Girişli İstasyonların Hizmet Alanlarının Karşılaştırılması (R. Vuchic, 2015).....	89
Şekil 4.2. Karşılıklı Kenar Peron Vaziyet Planı	95
Şekil 4.3. Şaşırtmalı Kenar Peron Vaziyet Planı	95

Şekil 4.4. Orta Peron Vaziyet Planı.....	96
Şekil 4.5. Bölgesel Demiryolu Üç Boyutlu Peron Görseli, Hong Kong, Çin (Revit, 2022)	98



GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 2.1. Kent İçi Raylı Sistemler Haritası, Türkiye (Rail Turkey, 2022)	10
Görsel 2.2. C Sınıfı Yol Kullanım Hakkı, Portekiz (Pxhere, 2017).....	11
Görsel 2.3. B Sınıfı Yol Kullanım Hakkı, Türkiye (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2022)	12
Görsel 2.4. A Sınıfı Yol Kullanım Hakkı, Çin (Urban Transport, 2019)	12
Görsel 2.5. Tramvay Sistemi, Göteborg, İsveç (Alstom, 2022).....	13
Görsel 2.6. Tramvay Peron Tasarımı, Samsun, Türkiye (Vikipedi, 2011)	15
Görsel 2.7. Tramvay Peronu, Londra, İngiltere (Vikipedi, 2009).....	17
Görsel 2.8. Tramvay Peronu, Eskişehir, Türkiye (EskisehirNet, 2021)	18
Görsel 2.9. Tramvay Peronu, Berlin, Almanya (Berlin.de, 2022)	20
Görsel 2.10. Tramvay Peronu, Melbourne, Avustralya (Vikipedi, 2016).....	22
Görsel 2.11. Hafif Raylı Sistem, Londra, İngiltere (Vikipedi, 2014)	23
Görsel 2.12. Hafif Raylı Sistem Peron Tasarımı, Bursa, Türkiye (CA Mimarlık, 2021)	24
Görsel 2.13. Hafif Raylı Sistem Peronu, Meksiko, Meksika (Reddit, 2022).....	26
Görsel 2.14. Hafif Raylı Peronu, Aarhus, Danimarka (Letbanen, 2022).....	27
Görsel 2.15. Hafif Raylı Peronu, Addis Ababa, Etiyopya (Nation Africa, 2016)	28
Görsel 2.16. Hafif Raylı Peronu, Ankara, Türkiye (Rayhaber, 2019)	30
Görsel 2.17. Metro Sistemi, Berlin, Almanya (Turna, 2017)	31
Görsel 2.18. Metro İstasyonu, Toronto, Kanada (Toronto, 2020)	32
Görsel 2.19. Metro Peronu, Londra, İngiltere (Vikipedi, 2006)	34
Görsel 2.20. Metro Peronu, New York, Amerika (NY Post, 2020)	36
Görsel 2.21. Metro Peronu, Tokyo, Japonya (Trainspo, 2011).....	37
Görsel 2.22. Metro Sistem Ağı, İstanbul, Türkiye (Metro İstanbul, 2022).....	38
Görsel 2.23. Metro Peronu, İstanbul, Türkiye (Milliyet, 2022)	39
Görsel 2.24. Bölgesel Demiryolu Sistemi, Sidney, Avustralya (Junkee, 2022)	40
Görsel 2.25. Bölgesel Demiryolu İstasyonu, Bangkok, Tayland (Timeout, 2021).....	41
Görsel 2.26. Bölgesel Demiryolu Araçları, Toronto, Kanada (Urban Toronto, 2019)	43
Görsel 2.27. Bölgesel Demiryolu Peronu, Kalküta, Hindistan (Hindustan Times, 2021)	44

Görsel 2.28. Bölgesel Demiryolu Peronu, Paris, Fransa (Railway Technology, 2012)	46
Görsel 2.29. Bölgesel Demiryolu Peronu, İstanbul, Türkiye (TGRT, 2021).....	47
Görsel 3.1. Kalabalık Bir Metro Peronu (İzmir Metro, 2023)	50
Görsel 3.2. Hizmet Seviyeleri (Auckland Transport, 2022)	52
Görsel 3.3. İstasyon Güvenlik Merkezi (Metro İstanbul, 2023)	54
Görsel 3.4. Park Et-Devam Et Örnek Fotoğraf (Trimet, 2023)	56
Görsel 3.5. “Tmoney” Ülke Çapında Tek Ulaşım Kartı, Güney Kore (Korea Net, 2014)	57
Görsel 3.6. Châtelet Metro İstasyonu, Paris, Fransa (Google Earth, 2023).....	58
Görsel 3.7. Châtelet İstasyonunun Entegrasyonu, Paris, Fransa (Transport Paris, 2019)	59
Görsel 3.8. Schalke Metro İstasyonu, Gelsenkirchen, Almanya (Google Earth, 2023)	60
Görsel 3.9. Schalke İstasyonunun Entegrasyonu, Gelsenkirchen, Almanya (Süddeutsche Zeitung, 2021)	60
Görsel 3.10. Victoria Park Raylı Ulaşım İstasyonu, Toronto, Kanada (Google Earth, 2022).....	61
Görsel 3.11. Victoria Park İstasyonunun Entegrasyonu, Toronto, Kanada (Global News, 2021)	62
Görsel 3.12. Münih Ostbahnhof İstasyonu, Münih, Almanya (Google Earth, 2023)	63
Görsel 3.13. Münih Ostbahnhof İstasyonunun Entegrasyonu, Münih, Almanya (Vikipedi, 2006).....	64
Görsel 3.14. Kızılay Metro İstasyonu, Çankaya, Ankara	65
Görsel 3.15. Kızılay Metro İstasyonu Bakım Çalışmaları, Çankaya, Ankara	66
Görsel 3.16. Kızılay Metro İstasyonu Yönlendirme Levhaları, Çankaya, Ankara	66
Görsel 3.17. Raylı Sistem İstasyonuna Ait Hizmet Alanı (The Urbanist, 2022)	67
Görsel 3.18. Amsterdam Merkez İstasyon Yenileme İnşaat Çalışmaları, Amsterdam, Hollanda (Kersten, 2021)	71
Görsel 3.19. Sofia Metrosu İnşaat Çalışmaları, Sofia, Bulgaristan (Yüksel Proje, 2010)	72

Görsel 3.20. İstasyon Tasarımında Biçimsel Öğeler, Tuwaiq, Suudi Arabistan (Eye Of Riyadh, 2016).....	75
Görsel 3.21. Yer Üstü İstasyon Tasarımında Biçimsel Öğeler, Charlotte, Amerika (Gaston Gazette, 2021)	76
Görsel 3.22. Yer Altı İstasyon Tasarımında Biçimsel Öğeler, Paris, Fransa (Gastro, 2022)	76
Görsel 3.23. İstasyon Tasarımında Akustik Dizayn, Washington, Amerika (Seattle Met, 2019).....	77
Görsel 3.24. İstasyon Tasarımında Renklerin Kullanımı, Münih, Almanya (Listelist, 2017)	79
Görsel 3.25. İstasyon Tasarımında Kentsel Doku, Stockholm, İsveç (Brandlife, 2017)	80
Görsel 3.26. İstasyon Tasarımında Aydınlatma, Moskova, Rusya (Seetao, 2017).....	81
Görsel 3.27. Yeraltı İstasyon Tasarımında Havalandırma Sistemi, Londra, İngiltere (Tunnel Talk, 2012).....	83
Görsel 3.28. İstasyon Tasarımında Sanatsal Çalışmalar, Belçika (Rail Europe, 2013)	84
Görsel 3.29. İstasyon Tasarımında Sanatsal Çalışmalar, Singapur (Skyscrapercity, 2017)	84
Görsel 3.30. İstasyon Tasarımında Sanatsal Çalışmalar, İsveç (Sygic Travel, 2020)	85
Görsel 3.31. Engellilere Yönelik Zemin Kaplamaları, Rusya (Global Railway, 2021)	86
Görsel 3.32. Engellilere Yönelik İstasyon Tasarımı, Singapur (Auckland Transport, 2022).....	86
Görsel 4.1. Ormandaki Raylı Ulaşım İstasyonu Tasarımı, Jiaxing, Çin (World Architectures, 2021).....	88
Görsel 4.2. Raylı Ulaşım İstasyonu Çevresel Planlaması, Ghaziabad, Hindistan (Hindustan Times, 2021)	90
Görsel 4.3. Sürdürülebilir Bileşenlerin Platform Gösterimi, Konsept Tasarım (Chapman Taylor, 2020).....	91
Görsel 4.4. Raylı Ulaşım İstasyonlarında Mekânsal Organizasyon, San Francisco, Amerika (Market Street Railway, 2021).....	92

Görsel 4.5. Raylı Ulaşım İstasyonu Bilet Holü, Liverpool, İngiltere (Network Rail, 2021).....	92
Görsel 4.6. Raylı Ulaşım İstasyonu Konkors Katı, Omsk, Rusya (Vikipedi, 2020).....	93
Görsel 4.7. Karşılıklı Kenar Peron Görünümü, Westwood, Amerika (Boston Globe, 2015)	94
Görsel 4.8. Orta Peron Görünümü, Washington, Amerika (Railway Technical, 2023)	97
Görsel 4.9. Bölgesel Demiryolu Peron Görünümü, Frankfurt, Almanya (Railway News, 2020)	98
Görsel 4.10. Paddington Metro İstasyonu Yatay-Düşey Dolaşım Alanları, Londra, İngiltere (Network Rail, 2022).....	99
Görsel 4.11. Levent Metro İstasyonu Yatay-Düşey Dolaşım Alanları, İstanbul, Türkiye (İTÜ, 2014).....	100
Görsel 4.12. Sabit Merdivenler, Kolorado, Amerika (Daily Hive-Urbanized, 2022)	102
Görsel 4.13. Yürüyen Merdivenler, Kolorado, Amerika (Daily Hive-Urbanized, 2022)	102
Görsel 4.14. Merdivenler ve Asansörler, Boston, Amerika (Vikipedi, 2022)	103
Görsel 4.15. Yolcu Bilgilendirme Ekranları	104
Görsel 4.16. Yolcu Bilgilendirme Ekranları ve Danışma (Auckland Transport, 2022)	105
Görsel 4.17. İstasyon Kontrol Odası, Seattle, Amerika (Seattle Transit Blog, 2007)	108
Görsel 4.18. Örnek Malzeme Yüzeyleri, Lizbon, Portekiz (Portugalbside, 2017)	109
Görsel 5.1. Tramvay Hattı ile Kavşak Kesişimi, Hiroshima, Japonya (Skyline, 2020)	111
Görsel 5.2. Tramvay Hattı Projesi Simülasyon Çalışması	112
Görsel 5.3. Trafford Park Tramvay İstasyonu, Manchester, İngiltere (Manchester Evening News, 2019).....	112
Görsel 5.4. Delft Kampüs İstasyonu Modern Tasarımı, Delft, Hollanda (Strukton Rail, 2021).....	113
Görsel 5.5. Federal Karayolu Transfer Merkezi, Washington, Amerika (Sound Transit, 2022).....	114

Görsel 5.6. Hafif Raylı Sistem İstasyonu, San Jose, Amerika (VTA Transit, 2007)...	114
Görsel 5.7. Union Station Hafif Raylı Sistem İstasyonu, Denver, Amerika (Wikimedia, 2011)	115
Görsel 5.8. Blaak Metro İstasyonu, Rotterdam, Hollanda (Vikipedi, 2020)	116
Görsel 5.9. "Step-Free" Proje Örneği, Glasgow Metro İstasyonu, İskoçya (Scotland's Railway, 2023).....	118
Görsel 5.10. Shinjuku Metro İstasyonu, Tokyo, Japonya (NPR, 2017).....	119
Görsel 5.11. Metro İstasyonu Engelli Erişimi, Londra, İngiltere (Rail Business Daily, 2021)	120
Görsel 5.12. Metro İstasyonu Aydınlatma Sistemi, Stockholm, İsveç (Architizer, 2020)	121
Görsel 5.13. Metro İstasyonu Temizlik Hizmetleri, Singapur (The Strait Times, 2021)	122
Görsel 5.14. Illinois Bölgesel Demiryolu İstasyonu, Chicago, Amerika (Legat Architects, 2022).....	124
Görsel 5.15. Raylı Ulaşım İstasyonu, Delhi, Hindistan (Times of India, 2022).....	128
Görsel 5.16. Sistem Geneline İstasyon Tasarımı (Metro.net, 2022).....	129
Görsel 5.17. Ashok Nagar Metro İstasyonu, Madya Pradeş, Hindistan (Just Dial, 2020)	130
Görsel 5.18. Dijital Haritaların Kullanımı, Tokyo, Japonya (Japan Rail Pass, 2020)	131
Görsel 5.19. Hong Kong Metro İstasyonu, Çin (Tripsavvy, 2019).....	131
Görsel 5.20. USB Şarj İstasyonlarının Kullanımı, New York, Amerika (Digital Trends, 2016)	132
Görsel 5.21. Otomatik Kapıların Kullanımı, Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri (Dubai Online, 2020)	132
Görsel 5.22. Sanatsal Tasarımların Görünümü, Paris, Fransa (NPR, 2010).....	133
Görsel 5.23. Engelli Rampalarının Kullanımı, Bremen, Almanya (Portaramp, 2023)	133
Görsel 5.24. Modernizasyonu Yapılmış Demiryolu İstasyonu, Valencia, İspanya (The Journey, 2020)	134
Görsel 5.25. Paris Bölgesel Demiryolu İstasyonu, Fransa (Paris Perfect, 2022).....	134

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

m	: Metre
m ²	: Metrekare
mm	: Milimetre
km	: Kilometre
sn	: Saniye
dk	: Dakika
TSE	: Türk Standardları Enstitüsü
TS	: Türk Standartları
EN	: Avrupa Standartları
NFPA	: National Fire Protection Association (Ulusal Yangından Korunma Derneği)
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
LRT	: Light Rail Transit (Hafif Raylı Geçiş)
AŞTİ	: Ankara Şehirlerarası Otobüs Terminali
STE	: Servicio de Transportes Eléctricos (Elektrikli Taşıma Hizmeti)
MTA	: Metropolitan Transportation Authority (Büyükşehir Ulaşım Otoritesi)
VTA	: Valley Transportation Authority (Vadi Ulaşım Otoritesi)
MRT	: Mass Rapid Transit (Toplu Hızlı Geçiş)
RER	: Réseau Express Régional (Bölgesel Ekspres Ağı)
TTC	: Toronto Transit Commission (Toronto Transit Komisyonu)
CFD	: Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)
CCTV	: Closed-Circuit Television (Kapalı Devre Televizyon)
USB	: Universal Serial Bus (Evrensel Seri Veri Yolu)
LED	: Light-Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
ATM	: Automated Teller Machine (Otomatik Vezne Makinesi)
P+R	: Park Et – Devam Et
K+R	: Vedalaş – Devam Et

1. GİRİŞ

Ulaştırmanın amacı, insanların, canlı ve cansız diğer varlıkların belirli bir amaç veya bir fayda oluşturmak için bir başlangıç noktasından diğer bir bitiş noktasına yer değiştirmesini sağlamaktır. Bu yer değiştirme farklı taşıma modlarından oluşan ulaşım sistemleri ile yapılır. Ulaşım sistemleri ülkenin ekonomik, sosyal ve politik yapısına yön veren, toplumlar için vazgeçilmez ve kent için önemli bir yapıyı oluşturur.

Toplu taşımacılığın güçlenmesi ulaşım sistemlerine ayrılan tahsisli yolların ve raylı taşıma sistemlerinin geliştirilmesi ile oluşur. Ulaşım sorunlarının çözülmesi veya en aza indirilmesi kentlerde, zaman kaybının azalmasına ve buna bağlı olarak kişilerin ruhsal sağlıklarının iyileşmesine, enerji verimliliğinin artmasıyla birlikte ülke ekonomisine olan katkının yükselmesiyle sonuçlanır.

Toplu taşımanın önemli bir parçası olan raylı sistemler, kapasite, güvenlik, güvenilirlik, hız ve teknolojik kabiliyet bakımından diğer ulaşım modlarından ayrılmakta ve bu modların, şehirlere entegrasyonu ise önemli bir mühendislik uygulaması olarak görülmektedir. Kent içi raylı ulaşım modlarının sahip oldukları istasyonlar ve bu istasyonların kent içi çevresel unsurlar ile etkileşimi ise bu mühendislik uygulamalarının temel konularından bir diğeridir. Raylı ulaşım sistemleri ve istasyonları şehirlerin biçimlerini, nitelik ve niceliklerini kuvvetli şekilde etkilemektedir dolayısıyla sürdürülebilir bir kent yaşamı yaratmak için tasarlanmalı ve tasarımları dikkatle ele alınmalıdır. Çevresel etki, görsel durum, gürültü ve olası trafik sıkışıklıkları gibi kısa vadeli; istasyonun varlığı ile özendirilebilen ya da caydırılabilen istasyon civarındaki gelişmeler gibi uzun vadeli etkiler incelenmelidir. Bu etkiler çerçevesinde istasyonların tasarımında, istasyonda ve çevresinde istenen unsurların teşvik edilmesi sağlanmalı istenmeyenlerin ise caydırılması hedeflenmelidir.

1.1. Tezin Amacı

Şehir içi ve şehirlerarası yapılan yolculukların tamamını kapsayan toplu ulaşım, özel araç (otomobil, motosiklet, bisiklet vb.) dışında yapılan yolculuklar için kullanılan bütün ulaşım modlarını içerisinde barındıran bir tanımdır. Kent içi toplu ulaşımında ise ana amaç, iş, okul, eğlence veya gezi gibi eylemleri yerine getirmek olarak sıralanabilir. Otobüs, metrobüs, metro, bölgesel demiryolu, minibüs, tramvay, hafif raylı sistem, vapur ve feribot gibi farklı modlar kent içi toplu ulaşımında kullanılan araçlardır. Bu araçların hangi yoğunlukla kullanılacağı ise şehrin nüfusu, biçimi, trafik yoğunluğu, denize kıyısı olup olmaması gibi faktörler de göz önünde bulundurularak ekonomik koşullar ve

teknolojik eğilimler çerçevesinde belirlenmektedir. Buna ek olarak, her bir farklı modun sahip olduğu ve insanların bu modları deneyimlediği istasyonlar, duraklar ve iskeleler de tasarım açısından birbirinden farklı ve karmaşık yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda kent içi raylı ulaşım sistemlerinin sahip olduğu istasyon ve durakların da şehrin ihtiyaçlarına bağlı çeşitli tasarım ölçütleri bulunmaktadır.

Kent içi raylı ulaşım istasyonları, aynı modun durakları ile kıyaslandığında daha karmaşık tasarımlara sahip, daha büyük alana inşa edilen, bulundukları bölgeyi yatırımlar ile çekim alanına dönüştüren ve çok sayıda kullanıcıya hizmet eden yüksek yatırım maliyetli alanlar olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla istasyon tasarımlarında, çevre planlamasına, istasyonların mekân organizasyonlarına, istasyonun kent içindeki yer seçimine, tasarımda kullanıcıyı etkileyecek ölçütlere, engelli kullanıcılar (gerek tıbben gerekse eşya, valiz, bebek arabası vb. taşıyan kullanıcılar) için gerekli tasarımlara ve istasyonların kapasitelerinin hesaplanmasına dikkat edilmesi gereklidir.

Kentlerdeki ulaşım ihtiyacının artması ve trafik sorunlarının artması, kent içi raylı sistemlerin yaygınlaşmasına neden olmuştur. Bu sistemler, yoğun trafikte hızlı, konforlu ve çevre dostu bir ulaşım alternatifi sunar. Ancak, kent içi raylı sistemlerin başarılı bir şekilde işleyebilmesi için, istasyonlar arasındaki entegrasyonun iyi bir şekilde planlanması gereklidir. Entegrasyon, kent içi raylı sistemlerin anahtarıdır ve yolcuların kolayca istedikleri istasyona geçiş yapabilmelerini sağlar. Entegrasyon içerisinde, istasyonlarda kullanılan teknoloji, ulaşım araçlarının yolculara sunulan hizmetleri ve istasyonlarda bulunan diğer hizmetler yer almaktadır. Ayrıca, entegrasyon sürecinde, istasyonların konumu, yolcuların talepleri, işletme maliyetleri, farklı ulaşım modlarının şehirdeki varlığı ve diğer faktörler de dikkate alınır. Entegrasyon sistemi, yolcuların kent içinde seyahat etmelerini daha kolay ve verimli hale getirir. Bu sayede, insanlar daha az zaman kaybederler ve daha rahat bir şekilde seyahat ederler.

Ulusal ve uluslararası çalışmalar incelendiğinde, raylı ulaşım istasyonlarının belirtilen tasarım ve mimari ölçütleri hakkında mühendislik uygulamalarına ve literatür çalışmalarına ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir. Bu tez çalışmasında, kent içi raylı ulaşım sistem istasyonlarının, özellikle metroların, içerisinde kullanıcıyı rahatlatacak ve yolcu trafiğine katkıda bulunacak TS (Türk Standartları) mevzuatı, EN (Avrupa Standartları) mevzuatı ve diğer ilgili standartlar kapsamında tasarım ölçütleri incelenmiş olup kent içi raylı ulaşım istasyonları üzerinde yapılabilecek iyileştirme ve öneriler sunulmuştur. Çalışmayla, kent içerisinde yaşanan ulaşım sorunlarının çözümüne katkıda bulunarak

toplu ulaşımda en uygun sistemin seçilmesi hedeflenmiş ve ayrıca istasyon tasarımlarında dikkat edilmesi gereken unsurlar incelenmiştir.

1.2. Literatür Çalışması

Kent içi raylı ulaşım istasyonları, diğeri tüm toplu taşıma istasyon ve durakları ile kıyaslandığında önemli yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda istasyon tasarımlarının incelenmesi, yapısal ve mimari tasarımlarının özellikle kent ile uyumlu hale getirilmesi önemli bir ulaşım problemidir. Kent içi raylı ulaşım sistemi tasarımı her bir kente özgü olduğundan ve dolayısıyla istasyon tasarımları da bölgeden bölgeye değıştiğinden dolayı tek bir çözüm önerisi sunmak mümkün değıldir. Bu tez çalışması ile kent içi raylı ulaşım sistem istasyonlarının mimari ve yapısal tasarım unsurları incelenmiş ve olabildiğince en genel tasarım ölçütleri sunulmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda yapılmış çalışmalar ve standartlar incelenmiş ve aktarılmıştır.

Light, Andrews ve Wong (2022) çalışmalarında kaliteli bir kullanıcı deneyimi yaratabilmek için mevcut ve gelecekteki istasyon tasarımlarına yönelik yenilikçi ve tamamen entegre tasarım çözümleri geliştirmeyi amaçlamışlardır. Küresel olarak en iyi uygulamalara dayalı olarak, tüm tasarım çözümlerinin kapsayıcı, uyaralanabilir, kullanımı kolay, dayanıklı, güvenli ve emniyetli olmasını sağlamak için projelerinin başında tasarım ilkeleri oluşturmuşlardır. Son teknoloji toplu taşıma sistemlerinin ve toplu taşıma istasyonu tasarımına yönelik incelemeler sonucunda “Sistem Genelinde İstasyon Tasarım Standartları’nı” ortaya koymuşlardır.

Auckland Transport (2022) kılavuz çalışmasında, kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak adına raylı sistem istasyonlarında yolcu kapasitesi, işlevsellik ve işletilebilirliğinin nasıl elde edileceğini tanımlamıştır. İstasyon tasarımının, raylı sistem projesinin bütününe katkıda bulunduğunu ve bu sebeple tasarımda ekonomik, çevresel, sosyal ve kültürel hedefleri kapsayan sürdürülebilirlik yaklaşımının benimsemesi gerektiğini vurgulamıştır. İstasyonların tasarlanma ve sunulma biçimlerinin, yolcuların ve personellerin raylı sistem istasyonu içerisindeki davranışlarına etkilerini incelemiştir. Çalışma, Yeni Zelanda raylı sistem hat ve istasyon standartlarını bir araya getirerek uygulanabilir standartların bulunmadığı durumlarda uluslararası en iyi uygulamaları benimsemiştir. İstasyon tasarımının kalitesi, bir bütün olarak raylı sisteme olan güven seviyesini yükselteceğinin, bununla birlikte yolcu sayısı ve gelirin artacağının sonucuna varmıştır.

Metrolink (2022) çalışmasında, optimize edilmiş demiryolu genişletme programlarının bir parçası olarak yolcu güvenliğini iyileştirmek ve daha sık seferlerle güvenilir hizmetler sağlamak için Kaliforniya kentinde bulunan Chatsworth istasyonunda iyileştirme ve sinyalizasyon çalışmalarını yürütmüştür. Çalışma alanında bulunan hemzemin geçit bölgesinde, aktif uyarı cihazları, yaya kapıları ve platformlar arasında daha güvenli yolcu hareketine izin veren kanalize (düzenli yönlendirme) yaya geçidi operasyonu gerçekleştirmiştir. Oluşturulacak yeni yaya geçidi ve sinyal iyileştirmeleri, işe gidiş geliş sürelerinde etkili olacağından iş fırsatları yaratacağı, yayalar, araçlar ve trenler için güvenliği artıracığı, daha az rölanti süresi ile emisyonları azaltarak çevresel faydalar sağlayacağı, hizmetin sıklığını ve güvenilirliğini artıracığı sonucuna varmıştır.

Legat Architects (2022) çalışmasında, raylı sistem yatırımları sayesinde hem mevcut istasyonları destekleyici bir şekilde geliştirilebilmesi hem de toplu taşıma davranışlarında değişikliğe gidilebilmesi için oluşan fırsatları değerlendirmiştir. Demiryolu seyahatlerinin geleceğine yapılan garanti yatırımların istasyonların iyileştirilmesine yönelik tasarımlarla planlanması gerektiğini öne sürmüştür. Bölgesel istasyonların yolcuların bir başlangıç noktasından hedefledikleri bitiş noktasına götürülmesini ve kırsal kesimde yaşayan kullanıcıların kent merkezine gelebilmelerini sağladığını ve metropol alanlar büyüdükçe bölgesel yolculukların ulaşım ekonomisinde tercih edilen bir yapıya dönüştüğünü açıklamıştır. Yapılan yatırımlar sonucu getirisini elde etmenin ve istasyonun büyümesinde erişilebilirlik kolaylığının desteklenmesi gerektiğini savunmuştur.

Southern (2022) çalışmasında, yolcular ile yapılan anketler sonucunda alınan geri dönüşler ile birlikte istasyonlarda çeşitli iyileştirme uygulamaları yapmıştır. Örnek olarak, yön bulma işaretleri, erişilebilir tuvalet olanakları ve otomatik kapıları geliştirme gibi iyileştirmelerde bulunmuştur. LED aydınlatma, güneş panelleri ve bisikletçiler için tesisler kurarak istasyonların sürdürülebilirliğini artırmaya yönelik faaliyetler yapmıştır. Genellikle yerel topluluğun yardımıyla, duvar resimleri, yaratıcı işaretler gibi aktivitelerle istasyonları daha çekici yerler haline getirmeye çalışmıştır. Çevresel düzenleme içerisinde yolculara bisiklet parkları gibi olanaklar sağlamıştır. Bu çalışmayla birlikte istasyonlarda erişilebilirliği iyileştirme öneminin çok büyük olduğunu söylemiş ve bunlar üzerinde tespitlerde bulunmuştur.

Sameni ve Moradi (2022) çalışmalarında, verimli kapasite kullanımının, dünya çapındaki demiryolları için kritik öneme sahip olduğunu, ancak literatürde kapsamlı bir araştırma bulunmadığını tespit etmişlerdir. İstasyon kapasite tanımları sunarak kapasite kullanımını etkileyen önemli faktörleri takip etmişlerdir. Kapasite değerlendirme yöntemlerini analitik, optimizasyon ve simülasyon olmak üzere 3 kategoride sınıflandırmışlardır. Analitik yöntemleri ne kadar kapasitenin kullanıldığını belirlemek için, optimizasyon yöntemleri demiryolu ağının hedef fonksiyonlarını ve operasyonel kısıtlamaları tanımlamak için ve simülasyon yöntemlerini gerçek dünyadaki işletme koşullarını taklit edebilecek şekilde kapasite analizi için kullanmışlardır. Bu yöntemler bazı araştırmacılar tarafından daha da geliştirilmiştir. Bu çalışmayla beraber özellikle 2010'dan beri yayınlananlara daha fazla vurgu yaparak, son yirmi yılda yapılan büyük araştırmaları özetlemişlerdir.

Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü (2019) tarafından hazırlanan çalışmada, metro sistem tasarımlarında belirli standart kabullerin uygulanması suretiyle, planlanan raylı sistemlerdeki verimliliğin artırılması, mevcut problemlere çözüm önerileri sunulması ve gelecekte yapılacak projeler için bir referans oluşturulması hedeflenmiştir. Bu çalışmada, yolcuları, şehir ve trafiği, ülke ve kentte yaşayan insanları etkileyen ölçüt ve esaslar ile işletmecii kuruluşu etkileyen ölçüt ve esaslar ele alınmıştır. Çalışma, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) ve diğer ülkelerdeki kaynakların ülkemize uyumlu hale getirilmesiyle oluşturulmuş ve dünya genelinde kabul gören kaynakların incelenmesi ve analiz edilmesi sonucunda disiplinler arası bir gereksinim analizi sunmuştur. Bu çalışma, raylı sistem projelerinde etkili bir kaynak olarak kullanılabilir.

Bilson & diğerleri (2018) çalışmalarında, yer altı raylı ulaşım sistemlerinde kullanılan havalandırma sistemlerinin önemini vurgulamışlar ve daha eski sistemlerin performansını iyileştirmek veya yükseltmek için seçenekleri değerlendirmenin gerekliliğine dikkat çekmişlerdir. Ayrıca, mevcut raylı sistemlerin büyük ve karmaşık olması nedeniyle, nicel bir değerlendirmenin önemini vurgulamak ve süreci basitleştirmek için bir yöntem geliştirmişlerdir. Değerlendirme yöntemi ve analiz girişinin esnekliği, havalandırma sistemi performansının, maliyetlerinin ve risklerinin etkili bir şekilde değerlendirilmesini öne sürmüşlerdir. Yöntemin verimliliği aynı zamanda yıllar geçtikçe risk değerlendirmesinin ayarlanmasını, eğitim, ekipmanın durumu ve gözlenen olaylarla ilgili girdi parametrelerinin sistem eskidikçe ve iyileştikçe maliyetlerle ayarlanmasını mümkün kılacağı kararına varmışlardır.

Maden Aktop ve Avlar (2017) alışmalarında, Kadıköy ve Kartal metro istasyonlarında görsel konfor açısından eksiklikler ve hatalı uygulamaların tespit edildiğı belirtmişlerdir. İstasyon içinde yolcuları doğrudan etkileyen elemanların, örneğın duvarlar, peron zemini ve bekleme alanlarındaki malzemelerin estetik, aydınlatmayla uyumlu ve farklılık yaratacak şekilde seçilmesi gerektiğı vurgulanmıştır. Araştırma, yer altı metro istasyonlarındaki yolcu alanlarının görsel konfor kriterlerini açıklamakta ve örneklem olarak seçilen metro istasyonlarının görsel konfor özellikleri hem görsel konfor ölçütlerine hem de kullanıcılarla yapılan anket çalışmasına göre değerlendirilmektedir. Çalışmada istasyon tasarımında, donatı elemanları da dahil olmak üzere tüm elemanların renk, biçim, doku, sanatsal çalışmalar ve aydınlatma konularının, mekân kimliğı düşünülerek bütüncül bir tasarım anlayışı içinde ele alınması ve değerlendirilmesinin önemi vurgulanmaktadır. Bu sayede istasyonların görsel konforu artırılabilir ve yolcuların konforlu bir seyahat deneyimi yaşamaları sağlanabilecektir.

Maden Aktop ve Avlar (2017) yazdıkları makalede, yer altı metro istasyonlarında uygulanan öncelikli tasarım kriterleri ele alınmış istasyon içerisindeki bilet holleri, yatay-düşey dolaşım alanları, peronları, merdivenleri ve diğeryardımcı mekanları geniş bir bakış açısıyla değerlendirmişlerdir. Bu mekanların konforlu, keyifli, güvenli ve estetik bir mimari tasarımla oluşturulması gerektiğini savunmuşlardır. Standartlara uygun ve kendine özgü bir kimliğe sahip iyi tasarlanmış bir istasyonun, kullanıcıların refah seviyesini artıracığı, yolcuların perona güvenli bir şekilde ulaşacakları ve yolculuk sürelerini kısaltacağı sonucuna varmışlardır.

Akabal, Masirin, Akasah ve Rohani (2017) alışmalarında, gelecek için uygun kent içi raylı ulaşım istasyon tasarımının belirlenmesinde ve önemli unsurların tespit edilmesinde yardımcı olmuşlardır. Yapılan incelemede, raylı sistem istasyon kalitesinin uzun zamandır yolcu davranışını etkileyen önemli bir faktör olarak kabul edildiğı ve sistem kalitesinin de buna bağılı bir parça olduğı görülmüştür. Yaptıkları bu araştırmalarla kalite kavramının; temizlik, öznel ve nesnel güvenlik, aydınlatma, iklim kontrolü, bilgi mevcudiyeti ve son olarak mimari/estetik kalite gibi çeşitli niteliklere ayrıştırılabileceğini ve elverişli bir şekilde tasarlanmış bir raylı sistem istasyonu sadece yolcu deneyimine katkıda bulunmakla kalmayarak, aynı zamanda demiryolu endüstrisinin ekonomik, sosyal ve çevresel faydalarını da destekleyici bir tesis olacağını göstermişlerdir.

Šojat, Brčić ve Slavulj (2017) çalışmalarında, tramvay önceliği araştırması ile, Zagreb şehrinin tramvay ağı için mevcut toplu taşıma verileri ve varsayımsal tramvay önceliği senaryosu belirlemişlerdir. Çalışma hızı artışı ve yolcu alanlarındaki tasarruf şeklindeki sonuçlar, çalışma kapasitesi aynı kalırken iyileştirme olasılıklarını göstermiştir. Bu çalışma içerisinde, sarı şerit uygulaması adı verilen karma trafik senaryosu ve tramvay öncelikli bağlantı senaryosu olmak üzere iki senaryo üzerinde durmuşlardır. Zagreb şehrinde, hizmet kalitesinin artırılmasıyla toplu taşıma cazibesinin önemli ölçüde artırılmasını ve mevcut ağ durumunda, hizmet kalitesine bağlı olarak işletme hızının artırılmasını öne sürmüşlerdir. Tüm bu etkenlerin yolcu seyahat süresinin ve işletmeci ile Zagreb Şehri'nin yerel halkı için maliyetleri etkilediğinin sonucuna varmışlardır.

Akbulut (2016) tarafından yapılan çalışmada, kent içi ulaşım stratejileri bütüncül bir yaklaşımla ele alınmış ve sürdürülebilirlik kapsamında karşılaşılan sorunlara çözüm önerileri sunulmuştur. Toplu taşımacılığı teşvik edecek önlemler alınarak özel araç kullanımının azaltılması önerilmiştir. Özellikle toplu taşıma istasyonları çevresinde yaya alanlarının artırılması, bekleme yapan yolcuların konforunu artıracaktır. Canlı sağlığının korunması, enerji tüketiminin azaltılması ve ekonomik ulaşımın sağlanması amacıyla, kent içi ulaşım sistemlerinin çevresel etkileri en aza indirilecek şekilde çözüm önerileri sunulmuştur. Bu senaryolarla birlikte, yolcuların toplu taşıma araçlarına yönelmesinin teşvik edilerek kent içi toplu ulaşımın geleceği değerlendirilmiştir.

Şenlik (2016) çalışmasında, kent içi raylı ulaşım türlerini ayrı ayrı incelemiş, birbirleriyle olan farklılıklarını irdelemiş ve toplu taşıma sistemlerinin kent ve insan üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Gerekli koordinasyonların planlanmaması durumunda, raylı sistem faaliyetlerinin azalacağını gözlemlemiştir. Kent içi raylı sistemlerde araç standartlarının mod seçimindeki öneminden ve araç karakteristiklerinin araç-yol-durak etkileşimleriyle belirlenmesinden bahsetmiştir. Yerel yönetimlerin raylı sistem üzerindeki kendi hizmetlerinin ve yatırımlarının verimli olarak sürdürüldüğünü belirtmesine karşın sistem veri tabanında sıkıntılar yaşadığını öne sürmüştür. Veri tabanları ile ilgili gerekli güncellemelerin yapılarak alanında uzman olan firmalardan ve üniversitenin eğitim kadrolarından faydalanılması gerektiği sonucuna varmıştır.

Chen & Wang (2015) çalışmalarında kent içi raylı ulaşım ortamının özelliklerini ve gereksinimlerini tanıtmışlardır. Raylı ulaşım istasyonları ile çevresindeki alanların estetik ve fonksiyonel tasarımının önemini vurgulamışlardır. Kent içi raylı ulaşım ortamı, yüksek hareketlilik ve yoğunluğu ile karakterize tespit etmişlerdir. Bu nedenle, raylı ulaşım istasyon tasarımlarının, işlevsellik, güvenlik, hız, konfor ve estetiğin bütünleşmesi açısından büyük önem taşıdığını görmüşlerdir. Yerel halkın ihtiyaçlarına ve alışkanlıklarına uygun bir tasarım, bölgesel kültürlerle uyumlu bir kamu demiryolu alanı ortamı yaratılmasına yardımcı olacağını öne sürülmüştür.

Kasımoğlu (2015) tez çalışmasında, tramvay sistemlerinde sıklıkla meydana gelen araç ve yaya kesişmelerinin yer aldığı istasyonların tasarımını ve düzenleme esaslarını Türkiye ve dünya genelinde kabul edilen tasarım kriterleriyle incelemiştir. Çalışma, istasyonların tasarımında etkili faktörleri, istasyon tiplerini, yerleşimini, farklı uygulamaların avantaj ve dezavantajlarını, kazaları önlemek için alınacak önlemleri, istasyon, hat çevresi ve araç tasarımının önemini açıklamıştır. Yapılan tasarımın güvenli yaya erişim bağlantıları, karayolu geometrik düzenlemeleri, sinyalizasyon, yönlendirme ve araç tasarımı ile yaya ve yolcu güvenliği sağlaması gerektiği vurgulanmıştır. Bütüncül planlama yaklaşımıyla standartlara uygun bir düzenlemenin yapılmasının gerekliliği belirtilmiş, uygulamaların kaza riskini azaltacağı, güvenli ve etkin bir tramvay sistemi oluşturacağı sonucuna varılmıştır.

Aggarwal (2015) çalışmasında, bilimsel ilerleme ve insan toplumunun gelişimiyle birlikte yüksek verimli ve enerji tasarruflu bir kent içi toplu ulaşım modu olan kent içi raylı ulaşım sisteminin, kolaylık, güvenlik, konfor ve çevre koruma gibi kapsamlı avantajları nedeniyle giderek daha fazla tercih edildiğinden ve saygı gördüğünden bahsetmiştir. Çalışmasını, çevresel sanat açısından, kent içi raylı ulaşım alanlarının mekan ortamının mevcut durumunu analiz etmek ve benzer mekanlar için tasarım ilkeleri ve yöntemleri önermek için hazırlamıştır. Kent içi raylı ulaşımın çevresinin, kamusalılık ve yüksek hareketlilik ile karakterize edildiğini öne sürmüştür. Sanat ortamı tasarımı, kullanım işlevini yerine getirmekten yola çıkmalı; yerel sakinlerin estetik taleplerini ve alışkanlıklarını dikkate almalı; genel stillere, özelliklere ve bölgesel kültürlere hakim olmalı; hız, güvenlik, konfor ve estetiği bütünleştiren bir kamusal demiryolu alanı ortamı yaratmak amacıyla, raylı sistem istasyonları ve çevresindeki peyzajlar arasında koordinasyon ve tekdüzelik sağlamak için çevredeki mimarileri ve tarihi ortamları bir araya getirilmesi gerektiğinin sonucuna varmıştır.

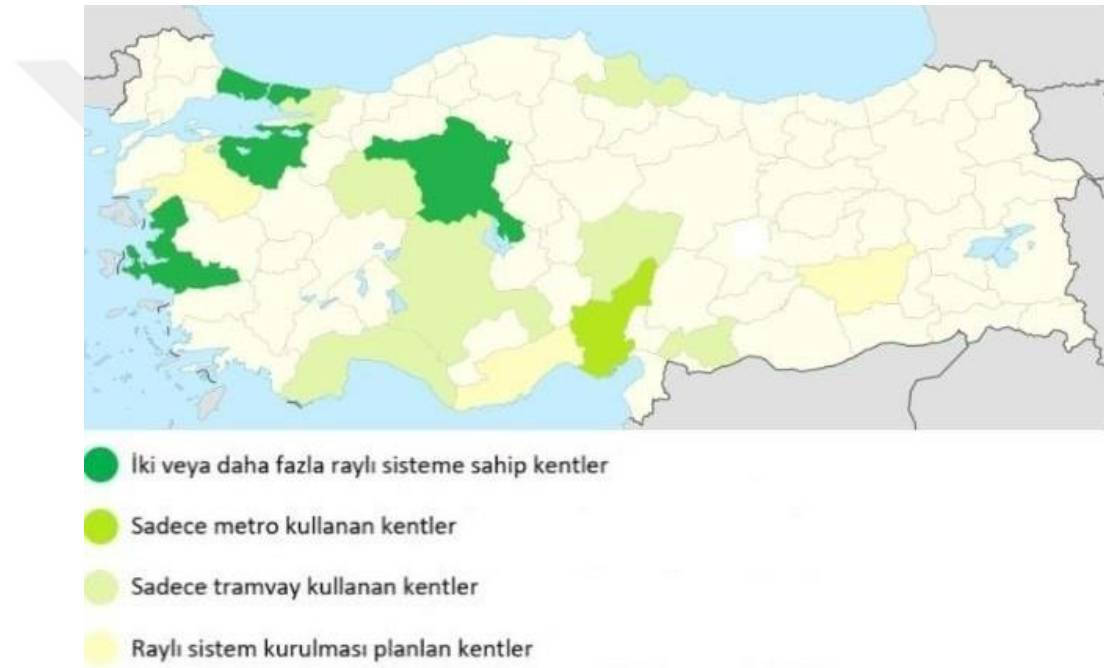
R. Vuchic (2015) kitabında, kent içi toplu ulaşım sistemlerine ilişkin işletme ve sefer tarifesi planlama, toplu ulaşım hatlarının organizasyonu, ulaşım sistemi planlaması ve mod seçimi ile ulaşım politikaları ve uygulaması konularına değinmiştir. Hatlar, ağlar ve organizasyon başlığı altında raylı sistem istasyon konumlarının planlanması, konum seçimini etkileyen parametreleri ve istasyonların birbiriyle ve diğer toplu ulaşım sistemleriyle olan entegrasyonlarını detaylarıyla aktarmıştır. Bu çalışma ile toplu ulaşım yaşanabilir şehirlerin planlanması ve işleyişindeki temel unsur olduğundan dolayı, ulaşım planlamasındaki ana hedef olarak yaşanabilir şehirler yaratma hedefiyle toplu ulaşım sistemlerini birbirine bağlamak için ulaşım ve şehirler arasındaki ilişkiyi açıklamıştır.

R. Vuchic (2015) kitabında, kent içi toplu ulaşım sistemlerinde yolcu taşımacılığı modları, toplu ulaşım sınıflamaları ve tanımları, raylı toplu ulaşım türleri ve kullanılan araçlara ilişkin bilgiler, konvansiyonel olmayan kavramlar ve kılavuzlu sistemler ve ara toplu taşımacılık konularını ele almıştır. Cadde tramvayları, hafif raylı ulaşım, raylı hızlı ulaşım (metro), bölgesel demiryolu gibi raylı ulaşım sistem türleriyle ilgili standartlar, bilgiler ve sayısal değerleri (işletme hızları, kapasiteleri, araç uzunlukları, peron yükseklikleri, güç teminleri vb.) vermiştir. Yaşanabilir kentler oluşturulmak hedefiyle, toplu ulaşım sistemlerinin birbiriyle entegrasyonu açıklanarak kent içi ulaşımına etki eden ölçütler karşılaştırmış, bu ölçütlerin kent ile ulaşım arasındaki ilişkilerini aktarmıştır.

Authority (2011) çalışmasında, kullanıcıların Kaliforniya'daki önemli yerler arasında ne kadar güvenli, hızlı ve verimli bir şekilde taşındığı ve çevresel etkilerin nasıl azaltıldığını gösteren bir proje hazırlayarak bu projeyi kente entegre etmeyi planlayan yerel yargı mercilerine ve topluluklara yardımcı olmayı amaçlamıştır. Raporda sunulan kent içi tasarım kılavuz ilkeleri, şehirlerin ve transit kurumların büyük ölçekli ulaşım sistemlerinin ayrılmaz unsurları olarak sağlam kent içi tasarım ilkelerini dahil ettiği uluslararası örneklere dayandırılmıştır.

2. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM SİSTEMLERİ

Kent içi toplu ulaşımın bir türü olan raylı ulaşım sistemleri; tramvaylar, hafif raylı sistemler, metrolar, bölgesel demiryolu sistemleri, maglev (manyetik raylı) sistemler ve monoraydan oluşmaktadır. Bu sistemlerin birçoğu ülkemizin farklı şehirlerinde kent içi toplu ulaşımında efektif bir biçimde kullanılmaktadır (Görsel 2.1). Raylı ulaşım hatları genel olarak, günün çoğu saatinde kısa sefer aralıklarına sahip, basit ve kolay anlaşılır türden bir hizmet sunar. Uygun demiryolu ve otobüs aktarma istasyonları ile bağlantılı olduğunda ise bu sistem, yüksek hizmet düzeyine sahip entegre (bütünleşmiş) bir ulaşım ağı yaratır.



Görsel 2.1. Kent İçi Raylı Sistemler Haritası, Türkiye (Rail Turkey, 2022)

Kent içi raylı ulaşım sistemlerinin farklı modlarının temel ayrımı, bu modlarda kullanılan araçların teknolojisine ve araçların üzerlerinde ilerledikleri güzergâhın karma trafikten ayrılma derecelerine bağlıdır. Yol kullanım hakkı olarak tanımlanan bu ayrım farklı modların trafikten ayrılma derecelerini sınırlamaktadır. Tramvay sistemlerinde hareket karma trafikte (otobüs, minibüs, otomobil, yaya, bisikletli vb.) işletme şeklinde gerçekleşirken, hafif raylı sistemlerde ise çeşitli düzenleyici önlemler ile nispeten karma trafikten ayrılmaktadır. Daha yüksek kapasite, konfor, güvenilirlik, güvenlik ve hızın sağladığı metro ve bölgesel demiryolu gibi sistemlerde ise hareket karma trafikten tamamen ayrıştırılmış yol kullanım hakkında gerçekleşmektedir. Kısmi ya da tam yol kullanım hakkı ayırımına sahip raylı ulaşım sistemleri, kent içi toplu taşımacılıkta tüm

sistemler arasında en yüksek genel performansa sahiptir. Özellikle ayrı yol kullanım hakkı mevcut olduğunda diğer kent içi toplu taşıma sistemlerine göre daha yüksek hizmet kalitesine ve daha kuvvetli bir kimliğe sahip olan raylı ulaşım sistemleri toplu ulaşım kullanımı ve toplu ulaşımın şehirdeki rolü üzerinde büyük etkiye sahiptir (R. Vuchic, 2015).

Yol kullanım hakkı; toplu taşıma araçlarının üzerinde işlediği seyahat yolu ya da arazi şerididir. Trafiğin geri kalanından ayrılma derecelerine göre farklılaşan üç temel yol (C, B ve A) kullanım hakkı sınıfı vardır.

- C Sınıfı, karma trafikli caddeleri temsil eder. Görsel 2.2’de gösterildiği gibi, yatay ve dikey işaretlemelerle ayrılmış özel şeritler içerisinde hareket eden toplu ulaşım öncelik sağlayabilir ve/veya toplu ulaşım araçları karayolu trafiği ile aynı yolu kullanabilir.



Görsel 2.2. C Sınıfı Yol Kullanım Hakkı, Portekiz (Pxhere, 2017)

- B Sınıfı, bordürler (kaldırımlar), bariyerler vb. ile trafiğin geri kalanından güzergâh doğrultusunda fiziksel olarak ayrılan yol kullanım haklarını içerir, ancak cadde kavşakları da dahil olmak üzere araçların ve yayaların kullandığı hemzemin (karayolu ile aynı düzeyde bulunan) geçitleri de kapsamaktadır (Görsel 2.3).



Görsel 2.3. *B Sınıfı Yol Kullanım Hakkı, Türkiye (İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2022)*

- A Sınıfı, hemzemin geçitlerin ya da araçların ve insanların herhangi bir yasal erişiminin olmadığı tam kontrollü yol kullanımı hakkıdır. Tünel, yükseltilmiş yapı olarak viyadük (Görsel 2.4) veya hemzemin şekilde olabilir.



Görsel 2.4. *A Sınıfı Yol Kullanım Hakkı, Çin (Urban Transport, 2019)*

2.1. Tramvay Sistemi

Tramvaylar, mevcut kent içi yollar üzerine yerleştirilen hatlar üzerinde elektrik enerjisinden yararlanarak hareket eden, yol ve trafik durumuna göre vatman adı verilen bir sürücü tarafından kontrol edilen, kolay inilip binilebilen alçak zeminli setlerin kullanıldığı toplu taşıma sistemleridir. Tramvay sistemlerine ait teknik veriler Tablo 2.1’de görülmektedir.

Tablo 2.1. *Tramvay Sistemi Teknik Bilgiler*

Yolcu Taşıma Kapasiteleri	4000-15000 kişi/saat
İşletme Hızları	12-20 km/saat
Araç Uzunluğu	14-35 metre
Peron Aralıkları	250-500 metre
Peron Yüksekliği	Alçak
Taban Yüksekliği	Düşük/Yüksek
Güç Temini	Katener Sistem

Tramvay toplu ulaşımının performansı, büyük ölçüde trafik koşullarına bağlıdır. Trafik sıkışıklığı söz konusu olduğunda hizmete olan güvenilirlik azalır. Tramvay araçlarının işletme hızı, peronlarda kaybedilen vakit sebebiyle diğer ulaşım araçlarına göre düşüktür ve C sınıfı yol kullanım hakkında işletilirler (Görsel 2.5).



Görsel 2.5. *Tramvay Sistemi, Göteborg, İsveç (Alstom, 2022)*

2.1.1. Tramvay İstasyon Tasarımı

Tramvay istasyonlarının tasarımı, tramvay sisteminin karşıladığı kullanıcı kapasitesine, çevre koşullarına ve (varsa) tramvay hattı çevresindeki karayollarına bağlı olarak planlanır. Tramvay sistemleri yaygın olarak hemzemin (cadde düzeyi ve karma trafik) tasarlanan sistemler olmakla birlikte, gerekli durumlarda, yeraltında veya yükseltilmiş bölümleri de olabilmektedir. Peron tipinin belirlenmesinde, hizmet alanı, hattın tasarım gerekleri (yatay/düşey kurp değerleri, hemzemin/viyadük geçiş seçimleri, arazi durumu ve kot ölçümleri ve tasarım hızı gibi) istasyonun konumu (ilk/son istasyon olması), peron bölgesinde sağlanabilecek koridor genişliği, istasyon yolcu yükü gibi kriterler göz önüne alınmaktadır. Başarılı bir çözüm için, tramvay sistemi kent görüntüsüne sorunsuz bir biçimde uyum sağlayabilmelidir (Görsel 2.6). İstasyonların tasarım ve boyutlandırmasında, kapasite ve maliyet dengesi kurulmalıdır (Kasımoğlu, 2015). Tüm bu veriler doğrultusunda tasarımlar;

- Sistemin ihtiyacını karşılayacak kadar geniş,
- Kent dokusuna ve kentsel mirasa uygun,
- Mevcut yolları en az derecede etkileyecek,
- Erişilebilir, trafik akışı ve işleyişi ile uyumlu,
- Yolcuların rahat ve güvenli hareket etmesine olanak sağlayan,
- İşletme verimliliğinin sürdürüldüğü ve ekonomik olan,
- Acil durumlarda iyi bir kalabalık yönetimi

gibi faktörlerin tümüne yönelik bütüncül ve optimum bir yaklaşım ile yapılmalıdır.

Tramvay sistemleri, kendi ihtiyaçlarına uygun bir durak türü seçerler. Ancak, tüm durak türleri, yolcuların güvenli, hızlı ve verimli bir şekilde tramvaylara binmelerine ve inmelerine yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Tramvay durakları, genellikle tramvay hatları boyunca belirli aralıklarla yerleştirilen, yolcuların binip inebileceği özel noktalardır. Aşağıda, tramvay duraklarının çeşitleri hakkında birkaç örnek verilmektedir:

- Basit durak: Bu tür duraklar, sadece bir platform ve tramvayın durabileceği bir alanı içerir. Yolcuların binip inmesi için yeterli alan vardır, ancak ek özellikler (oturma alanı, çatı vb.) bulunmaz.
- Yükseltilmiş durak: Bu tür duraklar, tramvay yolculuğunu daha erişilebilir hale getirmek için tasarlanmıştır. Durak, kaldırım seviyesinden biraz yüksek olacak şekilde inşa edilir ve yolcuların daha rahat bir şekilde binip inmesine olanak tanır.

- Üst geçitli durak: Bazı tramvay durakları, yolcuların tramvayı geçerken güvenli bir şekilde karşıya geçmeleri için üst geçitlerle donatılmıştır. Bu, tramvayların yüksek hızda geçtiği veya trafiğin yoğun olduğu yerlerde özellikle kullanılmaktadır.
- Çoklu durak: Bazı tramvay durakları, birden fazla tramvay hattının kesiştiği noktalarda bulunabilir. Bu tür duraklar, yolcuların farklı hatlara kolayca aktarma yapmasını sağlar.
- Paylaşılan durak: Tramvayın yanı sıra diğer toplu taşıma araçlarına da hizmet veren paylaşılan duraklar da vardır. Bu tür duraklar, yolcuların farklı toplu taşıma araçlarına kolayca geçiş yapmalarına olanak tanır.

Tramvay duraklarının farklı çeşitleri, yolcuların ihtiyaçlarına göre tasarlanabilmektedir.



Görsel 2.6. *Tramvay Peron Tasarımı, Samsun, Türkiye (Vikipedi, 2011)*

2.1.2. Tramvay İstasyon Örnekleri

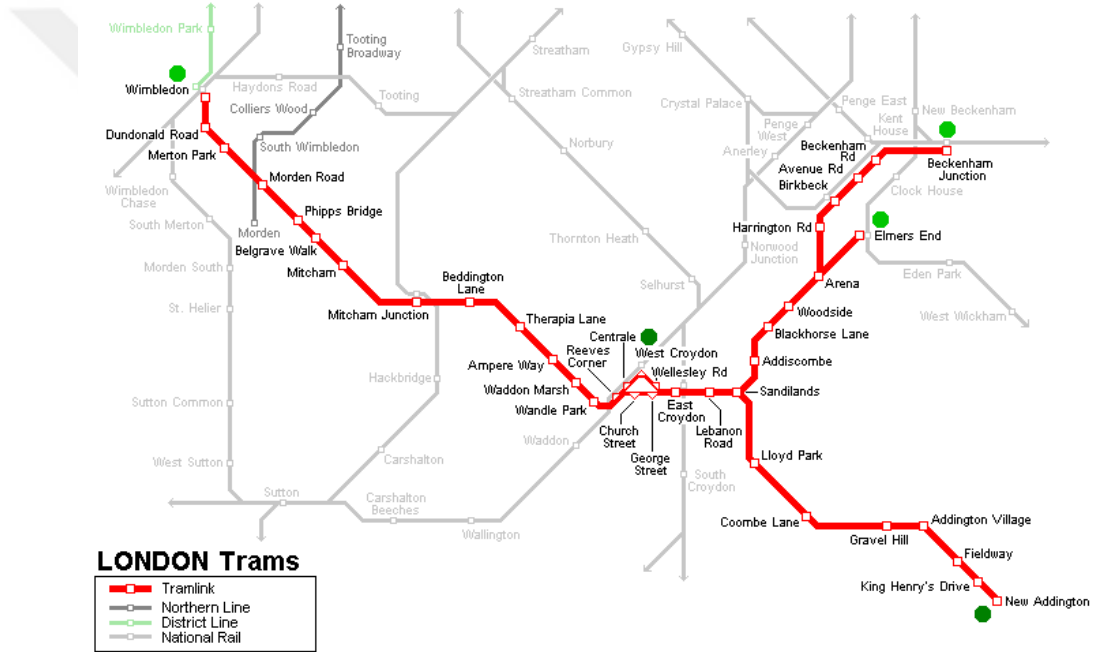
2.1.2.1. Londra

İngiltere'nin başkenti Londra'nın tramvay ağı Tramlink, 2000 yılında faaliyete geçmiştir. Londra tramvay ağı, Wimbledon'dan Beckenham'a kadar uzanan bu ağ Londra için yoğun bir şekilde kullanılan bir ulaşım şekli olmaktadır.

Sistem 4 hat ve 39 durağa sahiptir (Şekil 2.1). Ayrıca tüm hatların toplamında tramvay ağı 28 km uzunluğundadır. Bazı yerlerde eski demiryolu raylarının kullanıldığı, çoğunlukla trafik ile paylaşılan ve halka açık bu hatlar Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Londra Tramvay Hatları

Hat	İsim
1	West Croydon-Elmers End
2	Wimbledon-Beckenham Kavşağı
3	West Croydon-Croydon-New Addington
4	Wimbledon-Elmers End



Şekil 2.1. Tramvay Ağı, Londra, İngiltere (UrbanRail, 2021)

Tramlink tramvayları, mesai günleri Wimbledon, Elmers End ve Beckenham Junction'a 10 dakikada bir ve New Addington'a yaklaşık 7 dakikada bir çalışmaktadır. Tramlink, 30 adet araç ile işletilmektedir. Orijinal filo, “Bombardier Transportation” tarafından inşa edilen Görsel 2.7’da görülen 24 mafsallı alçak tabanlı Flexity Swift CR4000 tramvaydan oluşmaktadır (UKTram, 2022).



Görsel 2.7. Tramvay Peronu, Londra, İngiltere (Vikipedi, 2009)

2.1.2.2. Eskişehir

Eskişehir tramvay sistemi olan Estram, 2004 senesinin aralık ayında işletmeye açılarak halkın hizmetine sunulmuştur. Estram, 8 hattan oluşan ve şehrin iki üniversitesini birbirine bağlayan toplam 74 duraktan oluşan Eskişehir'deki tramvay sistemidir. Hatların isimleri Tablo 2.3'de verilmiştir. Toplam hat 55 km uzunluğundadır (Şekil 2.2).

Tablo 2.3. Eskişehir Tramvay Hatları

Hat	İsim
1	Otogar-SSK
2	Osmangazi Üniversitesi-SSK
3	Otogar – Osmangazi Üniversitesi
4	Osmangazi Üniversitesi – Çankaya Ring Hattı
5	SSK – Batıkent Ring Hattı
6	SSK – Çamlıca Ring Hattı
7	75. Yıl – Osmangazi Üniversitesi
8	Şehir Hastanesi-Kumlubel

2.1.2.3. Berlin

Almanya'nın başkenti Berlin'de bulunan tramvay hattı 1865 senesinde faaliyete başlamış ve 1895 senesinde elektrik enerjisine geçiş yapmıştır. Melbourne ve St. Petersburg kentlerinde bulunan tramvay hatlarından sonra dünyanın üçüncü büyük tramvay hattıdır (Vikipedi, 2022).

Tramvayların büyük çoğunluğu metro ve bölgesel demiryolu araçlarıyla bağlantılıdır. Bu sayede aktarmalı yolculuk etmek daha rahat ve konforlu şekilde olmaktadır. Berlin tramvay sistemi ile ilgili teknik veriler Tablo 2.4'de verilmiştir (Şekil 2.3).

Tablo 2.4. Berlin Tramvay Sistemi Teknik Verileri

Veri	Değer
Hat Sayısı	22
İstasyon Sayısı	803
Sefer Aralığı (dk)	20
Toplam Uzunluk (km)	190



Şekil 2.3. Tramvay Ağı, Berlin, Almanya (BVG, 2017)

Berlin tramvay sistemi içerisinde yer alan araçlar Görsel 2.9'de görüldüğü gibi alçak tabanlı ve bazılarının çift yönlü olduğu “Adtranz GT6N” ile çoğunlukla tercih edilen “Bombardier Flexity Classic” modelleridir (Schwandl, 2022).

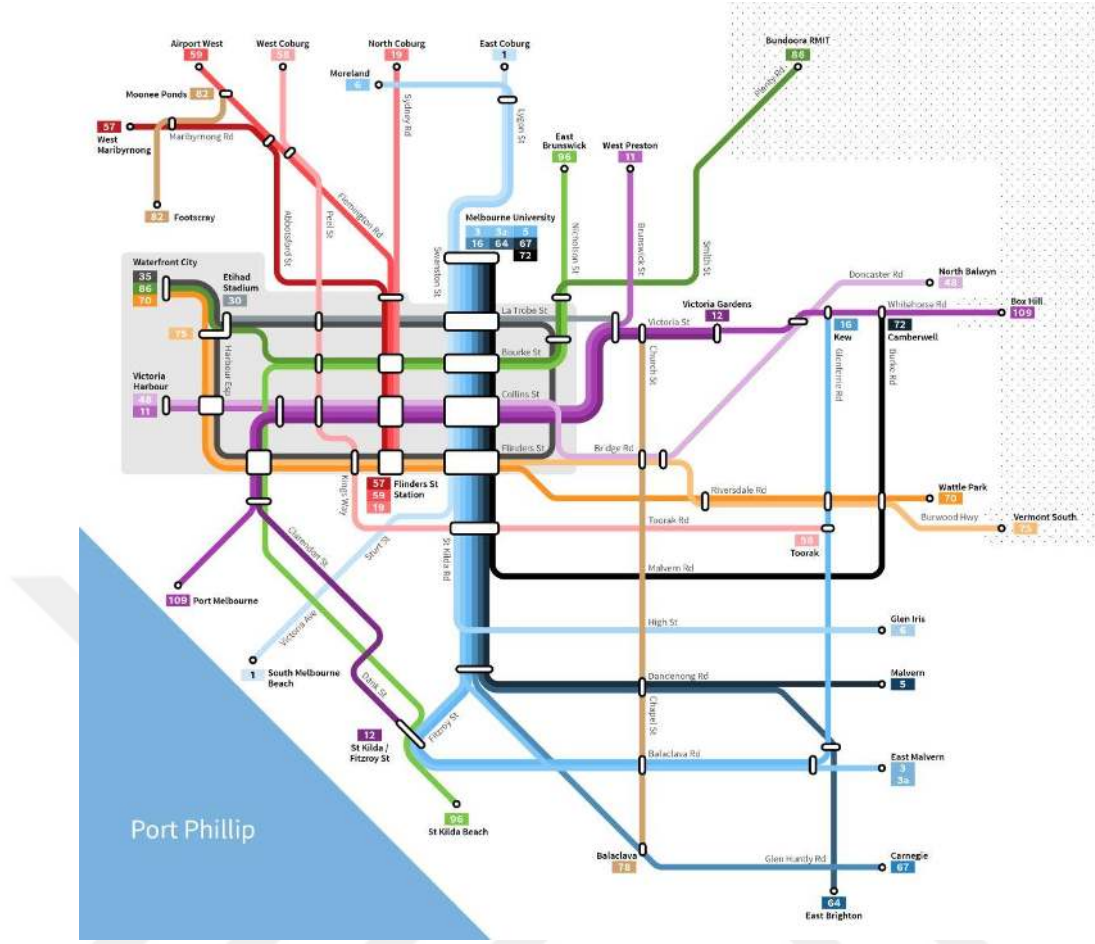


Görsel 2.9. *Tramvay Peronu, Berlin, Almanya (Berlin.de, 2022)*

2.1.2.4. Melbourne

Avustralya'nın Victoria eyaletinin Melbourne kentinde bulunan tramvay sistemi 1885'ten sürekli olarak çalışmaktadır. İlk elektrikli tramvay hattı 1889'da açılmış ancak birkaç yıl sonra 1896'da kapanmıştır. 1906'da St. Kilda ve Essendon'da elektrikli tramvay sistemleri hizmete alınmış ve Melbourne'un elektrikli tramvaylarının sürekli çalışmasının başlangıcı olmuştur. Victoria eyaletinin toplu taşıma sistemi 1983'te yeniden düzenlenmiştir. Yarra Trams, Melbourne'deki VicTrack'e ait olan ve Victoria Hükümeti adına toplu taşıma yapan tramvay ağının ticari adıdır (Vikipedi, 2022).

Mayıs 2014 itibarıyla, Yarra Trams sistemi 26 tramvay güzergahı (Şekil 2.4) boyunca 487 tramvay aracı ve 1763 tramvay durağı ile işletilmektedir. 250 km (155.3 mil) çift hat ile Melbourne'un tramvay ağı dünyanın en büyüğüdür.



Şekil 2.4. Tramvay Ağı, Melbourne, Avustralya (Philip Mallis, 2023)

Ocak 2019 itibariyle filo sekiz depodan işletilen 450'nin üzerinde kapasite ve hızlarına göre sıralandırılmış W, Z3, A1, B2, C1, C2, D ve E sınıfı tramvay aracından oluşmaktadır (Görsel 2.10). Bu sınıflarda bulunan araçlardan belli başlı olanlar Tablo 2.5’de verilmiştir.

Tablo 2.5. Melbourne Tramvay Araçları

Sınıf	Araç
W	Heritage
B	Yarra Trams
C	Alstom Citadis
E	Bombardier Transportation
D	Siemens Combino



Görsel 2.10. *Tramvay Peronu, Melbourne, Avustralya (Vikipedi, 2016)*

2.2. Hafif Raylı Sistem

Hafif raylı sistemler, esas olarak cadde tramvayının geliştirilmiş ve modern hale getirilmiş şeklidir. Hafif raylı sistemler ile yapılan toplu ulaşım; tek araç veya birkaç araçtan oluşan kısa diziler şeklinde işletilebilen arazi seviyesinde veya yükseltilmiş yollarda, diğer sistemlerden ayrılmış kendine ait tahsisli (özel) yolu bulunan, kent içi raylı ulaşım sistemidir. Genellikle büyüyen kentlerde ve nüfus artışlarının belli bir noktadan sonra sınırlı kaldığı çevre bölgelerde etkin olarak kullanılmaktadır (Şenlik, 2016). Bir sürücü tarafından sinyalizasyon sistemine uygun olarak kumanda edilen hafif raylı sistemlerine ait teknik veriler Tablo 2.6’de görülmektedir.

Tablo 2.6. *Hafif Raylı Sistemi Teknik Bilgiler*

Yolcu Taşıma Kapasiteleri	6000-20000 kişi/saat
İşletme Hızları	18-50 km/saat
Araç Uzunluğu	14-54 metre
Peron Aralıkları	350-1600 metre
Peron Yüksekliği	Alçak/Yüksek
Taban Yüksekliği	Düşük/Yüksek
Güç Temini	Katener Sistem

Hafif raylı sistemler en çok B sınıfı yol kullanım kapsamında, bazen A sınıfında ve istisnai durumlarda da kısa kesimlerde C sınıfında işletilir. Genellikle toplam ağ uzunluğunun %70'i ile %90'ını iki ayrı yol kullanım hakkı sınıfı (B ve A) oluşturur. En yaygın uygulamalardan biri, şehir merkezindeki ya da sıkışık arterlerdeki (kent içinde trafiği çok yoğun olan yol) en kritik kesimlerin ayrılmasıdır; böylelikle işletmede aksamalara yol açan nedenlerin çoğu ortadan kaldırılmış olur (Görsel 2.11) (R. Vuchic, 2015).



Görsel 2.11. Hafif Raylı Sistem, Londra, İngiltere (Vikipedi, 2014)

2.2.1. Hafif Raylı Sistem İstasyon Tasarımı

Hafif raylı sistem (LRT) istasyonun tasarlanmasında amaç, kente yakın bölgelerinin büyümesini ve gelişmesini sağlamak ve bölgesel bir yenilenme sürecinin hızlı bir şekilde başlatılması sağlamaktır. İstasyon tasarımı, sistemin içinden geçtiği semtlerin her biriyle ilişki kurma potansiyeline sahipken, kent için güçlü bir imaj yansıtmaktadır. Çeşitli istasyonların planlanması, her istasyon alanı için site, mimari tasarım ve kamusal sanat koordinasyonunu içermektedir.

Kent içi raylı ulaşım sistemlerinde merkez istasyon, bir arena, bir otobüs terminali veya yaklaşan bir eğlence merkezinin bitişiğinde yer alan toplu taşıma istasyonu, kent merkezi veya kent merkezi bölgelerinin birleştiği yerde bulunan büyük bir kamusal etkinlik merkezinin odak noktasını oluşturması hedeflenmektedir. İstasyon yapısı katenerleri, tabela, aydınlatma ve iletişim sistemleri için tüm destekleyici altyapıyı içermektedir.

Görsel 2.12’de peron tasarımında kullanılan kanopiler görülmektedir. Bu kanopiler yolcuları hava şartlarından korumak amacıyla tasarlanmaktadır. Kanopiler boyunca uygulanan LED aydınlatmalar, geceleri istasyonun aydınlatılmasının yanı sıra spor etkinlikleri, tatiller veya raylı ulaşım aracının geldiği konusunda uyarmak için bir işarete dönüştürülebilir. Senkronize çalışan aydınlatmalar programlama sayesinde renk ve tasarımları değiştirilerek kent içerisinde canlı bir görünüm sağlar.



Görsel 2.12. Hafif Raylı Sistem Peron Tasarımı, Bursa, Türkiye (CA Mimarlık, 2021)

2.2.2. Hafif Raylı Sistem İstasyon Örnekleri

2.2.2.1. Meksiko

Xochimilco hafif raylı sistemi yerel olarak “El Tren Ligero” ve hükümet tarafından Tren Ligero de la Ciudad de México olarak bilinen ve Meksiko’nun güney kısmına hizmet veren bir hafif raylı sistem hattıdır. Bu sistem, Meksiko metrosuna bağlanır, ancak bunun bir parçası olarak kabul edilmemektedir. Bunun yerine, Meksiko’nun elektrikli trolleybüs sistemini işleten ve daha önce belediyenin elektrikli tramvay sistemini işleten otorite olan Servicio de Transportes Eléctricos (STE) tarafından işletilmektedir (Vikipedi, 2022).

Meksiko’nun Xochimilco hafif raylı sistem hattına ilişkin teknik veriler Tablo 2.7’de verilmiştir (Şekil 2.5).

Tablo 2.7. Meksiko Hafif Raylı Sistemi Teknik Verileri

Veri	Değer
Hat Sayısı	2
İstasyon Sayısı	18
Araç Sayısı	24
Toplam Uzunluk (km)	12,8



Şekil 2.5. Hafif Raylı Sistem Ağı, Meksiko, Meksika (MRT, 2022)

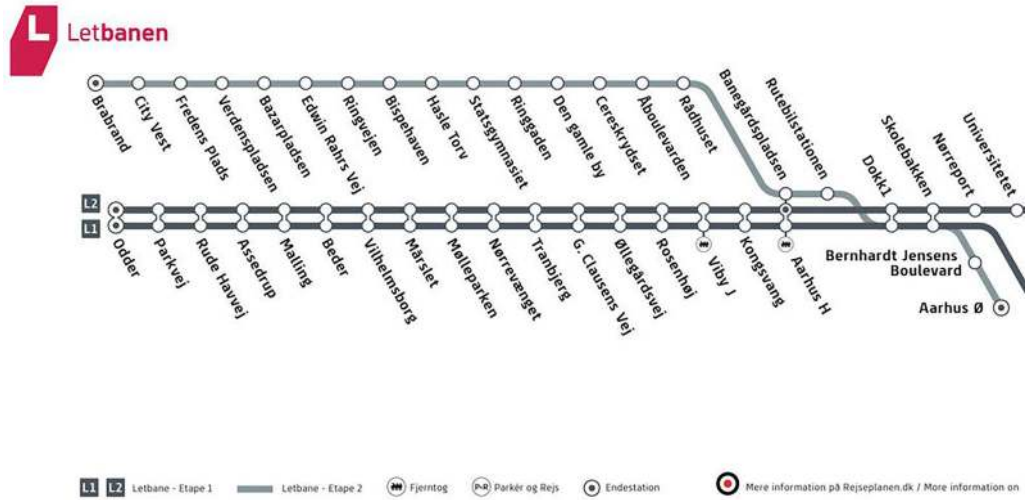
Xochimilco hattının vagonları şu anda Concarril veya Bombardier / Siemens tarafından 1990 ile 2014 yılları arasında inşa edilen 24 mafsallı yüksek tabanlı hafif raylı araçtan (LRT) oluşmaktadır. Her bir araba yaklaşık 30 metre uzunluğundadır ve 300 yolcuya kadar taşıma kapasitesine sahiptir (Görsel 2.13).



Görsel 2.13. Hafif Raylı Sistem Peronu, Meksiko, Meksika (Reddit, 2022)

2.2.2.2. Aarhus

Aarhus Letbane, Danimarka'nın Aarhus şehrinde bulunan ve Midttrafik şirketi tarafından işletilen hafif raylı sistem hattıdır ve Aralık 2017'de açılmıştır. 2019 yılında iki hat daha eklenmiş ve hali hazırda 3 hat olarak faaliyet vermektedir. Sistem 110 km uzunluğunda ve 51 istasyondan oluşmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Hafif Raylı Sistem Ağı, Aarhus, Danimarka (Triagonal, 2022)

Projelendirmede iki farklı türde hafif raylı sistem hattı düşünülmüş ve şehir merkezindeki bölgelere hizmet vermek için 70 km/saat hıza kadar çıkabilen geleneksel tramvaylar ve daha uzun mesafeli rotalarda ise maksimum 100 km/saat hıza sahip hibrit tramvay-trenler hizmete alınmıştır. Hatlarda kullanılacak araçlar Stadler/İsviçre markadır (Vikipedi, 2022).

- Stadler Tango: 12 araç, maksimum hız 100 km/saat, Grenaa ve Aarhus H. istasyonu arasında kullanılmıştır (Görsel 2.14).
- Stadler Variobahn: 14 araç, maksimum hız 80 km/saat, Odder ve Lystrup arasında kullanılmıştır.

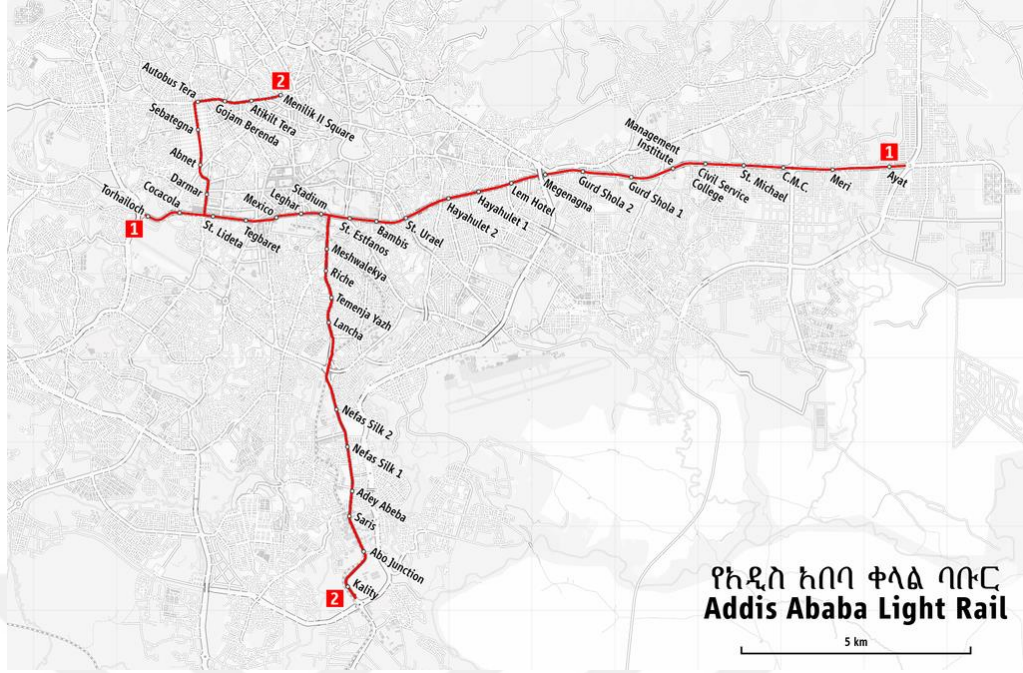


Görsel 2.14. Hafif Raylı Peronu, Aarhus, Danimarka (Letbanen, 2022)

2.2.2.3. Addis Ababa

Addis Ababa hafif raylı sistemi, 3,5 milyonluk Etiyopya'nın başkenti Addis Ababa'da bulunan ve 20 Eylül 2015 tarihinde hizmete alınmış olup Doğu Afrika ve Sahra Altı Afrika'nın ilk hafif raylı sistem hattıdır. Sistem 31,6 km uzunlukta olup Şekil 2.7'de görülen iki hat ve 39 durağa sahiptir (Vikipedi, 2022).

Addis Ababa hafif raylı sisteminde CNR Changchun firması tarafından üretilen (ve Shenyang Modern Tramvay tasarımına dayanan) 41 adet üç bölümlü %70 alçak tabanlı tramvay filosu (Görsel 2.15) işletilmektedir (Schwandl, 2022).



Şekil 2.7. Hafif Raylı Sistem Ağı, Addis Ababa, Etiyopya (Vikipedi, 2022)



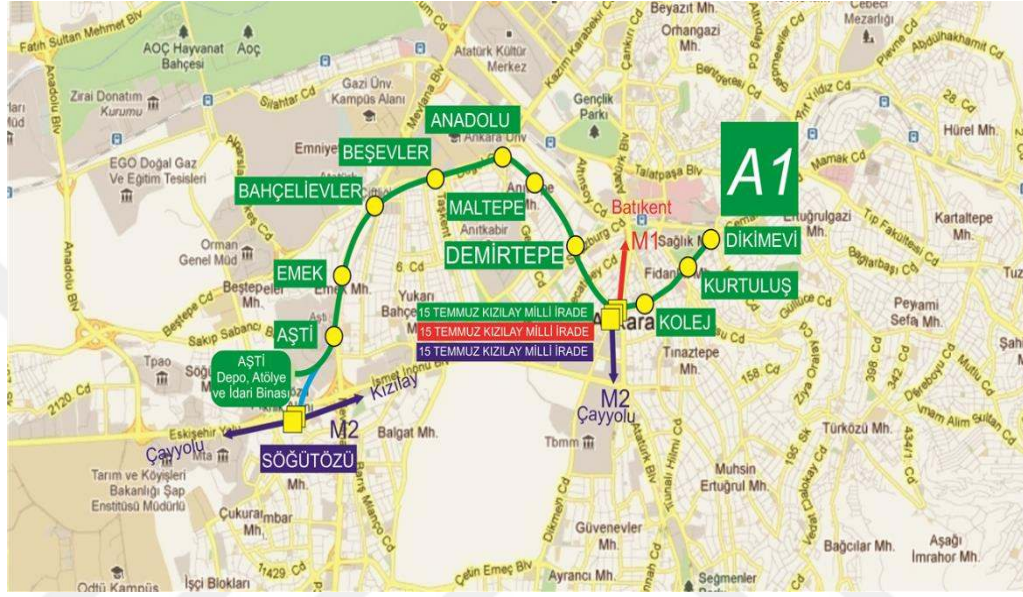
Görsel 2.15. Hafif Raylı Peronu, Addis Ababa, Etiyopya (Nation Africa, 2016)

2.2.2.4. Ankara

Türkiye'nin başkenti Ankara'da hafif raylı sistem olarak işletilen hattın adı Ankaray'dır. Hizmete girdiği 30 Ağustos 1996 tarihi itibarıyla, Ankara'nın en eski, Türkiye'nin de İstanbul'daki M1 metro hattından sonraki en eski ikinci raylı sistem hattıdır. Ankara hafif raylı sistem hattı ile ilgili teknik veriler Tablo 2.8'de verilmiştir (Şekil 2.8).

Tablo 2.8. Ankara Hafif Raylı Sistemi Teknik Verileri

Veri	Değer
Yolcu Kapasitesi	27000 kişi/saat
İstasyon Sayısı	11
Sefer Aralığı (dk)	4-10
Toplam Uzunluk (km)	8,5



Şekil 2.8. Hafif Raylı Sistem Ağı, Ankara, Türkiye (Ego, 2022)

Ankaray hattı, Yenimahalle semtinin güney doğusunda bulunan Ankara Şehirlerarası Otobüs Terminali (AŞTİ)'nin içerisindeki AŞTİ istasyonundan, Çankaya semtinin kuzey doğusundaki Dikimevi istasyonuna kadar gitmektedir (Vikipedi, 2022).

Sahip olduğu bazı özellikler bakımından metro sistemine yakın olsa da tam tanım olarak hafif raylı ulaşım sistemi olan Ankaray'ı, Ankara Büyükşehir Belediyesi hafif raylı sistem olarak sınıflandırmaktadır. Ankaray hafif raylı sistemi 33 araçlı (11 adet 3'lü dizi) olarak işletmeye açılmıştır (Görsel 2.16).



Görsel 2.16. Hafif Raylı Peronu, Ankara, Türkiye (Rayhaber, 2019)

2.3. Metro Sistemi

Kent içi raylı ulaşımında en büyük trafik potansiyelini gerçekleştiren sistem metrolardır. Yeraltında veya bazen yer üstünde hareket eden ve yol kesişmesi olmayan bu sistem, kendi içinde kapalı bir yapıdır. Genellikle yoğun nüfuslu kentlerde kullanılan toplu taşıma sistemleridir. Yüksek hızlara çıkabilen tam korumalı metro sistemlerine ait teknik veriler Tablo 2.9’da gösterilmektedir. Yüksek düzeyde otomasyon gerektiren bu raylı ulaşım modu yüksek yatırım maliyetine sahip, düşük işletme giderleriyle çalışmaktadır (Şenlik, 2016).

Tablo 2.9. Metro Sistemi Teknik Bilgiler

Yolcu Taşıma Kapasiteleri	10000-60000 kişi/saat
İşletme Hızları	25-60 km/saat
Araç Uzunluğu	15-23 metre
Peron Aralıkları	500-2000 metre
Peron Yüksekliği	Yüksek
Taban Yüksekliği	Yüksek
Güç Temini	Katener Sistem/Üçüncü Ray

Yol kullanım hakkı sınıfı bakımından A grubunun içerisinde yer alan metro sistemlerinin güzergahları genellikle her ne kadar tam olarak ayrıştırılmış olsa da hemzeminde, dolgu ve viyadük üzerinde veya tünel içerisinde olabilirler. New York, Paris, Moskova ve Tokyo gibi büyük metropollerin metro sistem hatlarının büyük çoğunluğu tünellerde ve yer almaktadır. Tüneller diğer tüm güzergâh tipleri arasında en

yüksek yatırımı gerektirse de sistemin diğer türlerden bağımsız şekilde hareket etmesine olanak tanır (R. Vuchic, 2015).

A sınıfı yol kullanım hakkı çoğu durumda daha kısa ağ uzunluğuna sahip yoğun kullanılan hatlar için sağlandığından, bu kılavuzlu sistemlerin faydaları ilave altyapı inşaatı ve ekipman için gereken yüksek yatırım maliyetinden daha baskın olmaktadır. Bu yol kullanım hakkı türlerinin çeşitliliği, metro sistemlerinin fiziksel koşullara, kentsel çevreye ve finansal kaynaklara göre ayarlanmış güzergahlara sahip olma özelliğini göstermektedir. Metro sistemleri kapsamlı altyapısı olan bir mod olsa da tahsisli yol konumları, istasyon türleri (Görsel 2.17), demiryolu araçları ve performans bakımından çeşitli yerel koşullara uyması için birçok farklı seçenek sunar.



Görsel 2.17. *Metro Sistemi, Berlin, Almanya (Turna, 2017)*

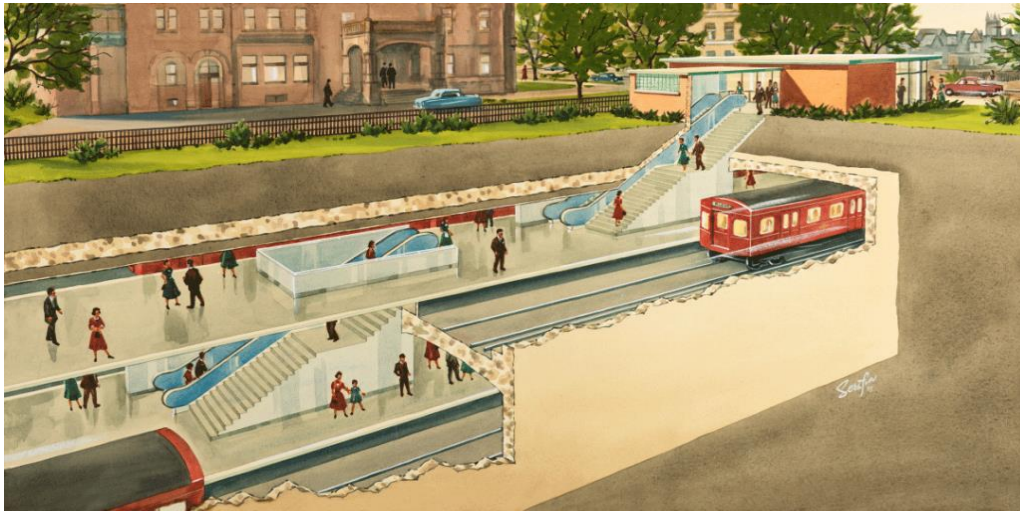
2.3.1. Metro İstasyon Tasarımı

Metro sistemi içerisinde yolcu sirkülasyonunu (giriş-çıkış) sağlayan alanlar metro istasyonlarıdır (Görsel 2.18). Bu alanlarda işlevsellik ve estetik unsurlar birbirlerinin ayrılmaz parçalarını oluşturmaktadır. Araçlardan ayrı olarak yolcular üzerindeki görsel etkinin çoğu istasyon mekanlarındadır. İstasyonlar ulaşılabilirliğin kuvvetli olduğu alanlarda planlanırken yolcular tarafından da kolay algılanabilir olmalıdır (Çetindağ, 2003).

Kent içi raylı sistem istasyon tasarımında en önemli hususlar, normal işletme dönemlerinde yolcuların rahat ve güvenli hareketini sağlamak ve acil durumlarda iyi bir kalabalık yönetimi ile yolcuların tahliyesini sağlamaktır. İstasyonların tasarım ve boyutlandırmasında, kapasite ve maliyet dengesi kurulmalıdır. Doğru bir istasyon tasarımında aşağıdaki özellikler sağlanmalıdır:

- İstasyonun bulunduğu bölgeyle, yakınında bulunan yapılarla, diğer ulaşım modları ile doğru ve etkin entegrasyonu,
- Her gruptan yolcunun, yüzey çıkışı ile tren arasında güvenli, rahat erişimi,
- Engelsiz, her tür kullanıcı için erişilebilir tasarım,
- Yolcu için kısa yürüme güzergahı ile net, kolay algılanabilir yolculu alan tasarımları,
- Uygun acil durum tahliye tedbirleri ve yeterli kaçış yolları,
- Hat işletmesi için gerekli/yeterli teknik alanlar,
- Teknik alanlar ve işletme odaları ile yolculu alanlar arasında kontrollü/güvenli geçiş,
- İstasyon güvenliği ve kamera kontrolünü zorlaştırmayacak mekânsal tasarımlar.

İstasyon tasarımları, yolcuların istasyon içerisinde hareketini kolaylaştıran, yürüme mesafe ve sürelerini en aza indirecek şekilde, basit ve kolay algılanabilir tarzda, izdiham ve sefer aksaklıkları durumlarına hazırlıklı şekilde planlanmalıdır. Cadde seviyesi ile peron arası yolcu güzergahı tasarımında, gereksiz ve şaşırtıcı dönüşler, çakışan yaya akımları, çıkmaz yollar ve darboğazlar bulunmamalıdır.



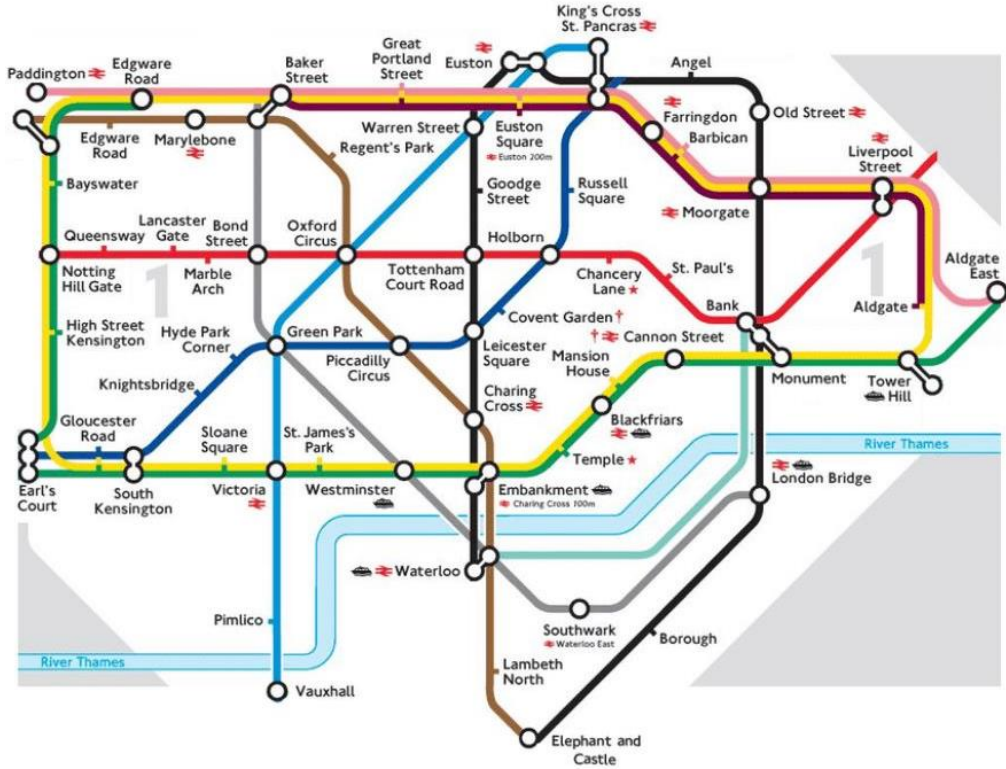
Görsel 2.18. Metro İstasyonu, Toronto, Kanada (Toronto, 2020)

2.3.2. Metro İstasyon Örnekleri

2.3.2.1. Londra

İngiltere'nin Londra kentinde bulunan metro sistemi, aynı zamanda tünellerin şekliinden dolayı “tüp” olarak da bilinir. 1863'te açılan metro sistemi, dünyanın en eski metro sistemlerinden biridir ve elektrik enerjisinin kullanıldığı dünyadaki ilk hattır.

21. yüzyılın başlarına gelindiğinde Londra metro sistemi, 270 istasyonu birbirine bağlayan yaklaşık 400 km hat uzunluğu ile yılda bir milyardan fazla yolcuya hizmet vermektedir. Bu yolcu sayısı ile birlikte Londra metro sistemi, Paris ve Moskova metro sistemlerinden sonra Avrupa kıtasının en fazla yolcusuna sahip üçüncü metro sistemi olmuştur. Sistem toplamda 11 hat ile yarıya yakını (%45) yeraltı tünellerinden oluşarak tasarlanmıştır (Şekil 2.9). Demiryolu taşıtlarında devam eden iyileştirme çalışmalarının bir parçası olarak, metro sistemi ilk klimalı arabalarını 2010 yılında piyasaya sürmüştür (Tikkanen, 2022).



Şekil 2.9. Metro Sistem Ağı, Londra, İngiltere (Research Gate, 2021)

Londra metrosu trenleri, daha büyük yüzey altı trenleri ve daha küçük derin tüp trenleri olmak üzere iki boyuttadır. Tüm hatlarda, altı ila sekiz vagonlu sabit uzunlukta araçlar kullanır (Görsel 2.19). 1999 senesinde kullanılmaya başlayan yeni tren setleri, maksimum ayakta yolcu sayısı, rejeneratif frenleme ve geliştirilmiş anons sistemleri gibi

özelliklere sahiptir. Ayrıca tekerlekli sandalyeler için erişim, kapı kontrollerinin boyutu ve konumu gibi tasarım standartlarını gerektiren erişilebilirlik düzenlemelerine uymaktadır (Connor, 2013).



Görsel 2.19. *Metro Peronu, Londra, İngiltere (Vikipedi, 2006)*

2.3.2.2. New York

Amerika'nın New York kentinde bulunan metro sistemi, New York hükümetine ait ve devlet tarafından yönetilen Metropolitan Transportation Authority'nin (MTA) bağlı kuruluşu olan New York Transit Authority tarafından işletilmektedir. 27 Ekim 1904'te hizmete açılan New York metro sistemi, dünyanın en eski, en çok kullanılan ve en fazla istasyona sahip raylı toplu ulaşım sistemidir. Ayrıca bu metro sistemi en çok kullanılan ve en çok istasyona sahip olanıdır. Dünyanın en büyük ağına sahip olan New York metro sistemi ile ilgili teknik veriler Tablo 2.10'da verilmiştir (Şekil 2.10). Sistem, tarihi boyunca acil durumlar ve afetler dışında yılın her günü 7/24 hizmet vermiştir. Yıllık yolcu sayısına göre, New York metrosu hem Batı Yarımküre'deki hem de Batı dünyasındaki en yoğun hızlı toplu taşıma sistemi ve aynı zamanda dünyadaki en yoğun yedinci raylı hızlı toplu ulaşım sistemidir.

Tablo 2.10. *New York Metro Sistemi Teknik Verileri*

Veri	Değer
Hat Sayısı	27
İstasyon Sayısı	472
Sefer Aralığı (dk)	6-12
Ortalama Hız (km/saat)	27
Toplam Uzunluk (km)	1370



Şekil 2.10. *Metro Sistem Ağı, New York, Amerika (NYC Subway Guide, 2022)*

New York Metrosu trenleri 8 ila 11 vagonlardan oluşur ve raylı araç dizilerinin uzunluğu 46 ila 183 m arasında değişebilmektedir. Sistem, biri A bölümü rotaları için diğeri B bölümü rotaları için olmak üzere iki ayrı araç filosuna sahiptir. A bölümü ekipmanı yaklaşık 2,67 m genişliğinde ve 15,65 m uzunluğundayken (Görsel 2.20), B bölümü ekipmanı yaklaşık 3,05 m genişliğinde ve 18,44 m veya 22,86 m uzunluğundadır (Vikipedi, 2022).



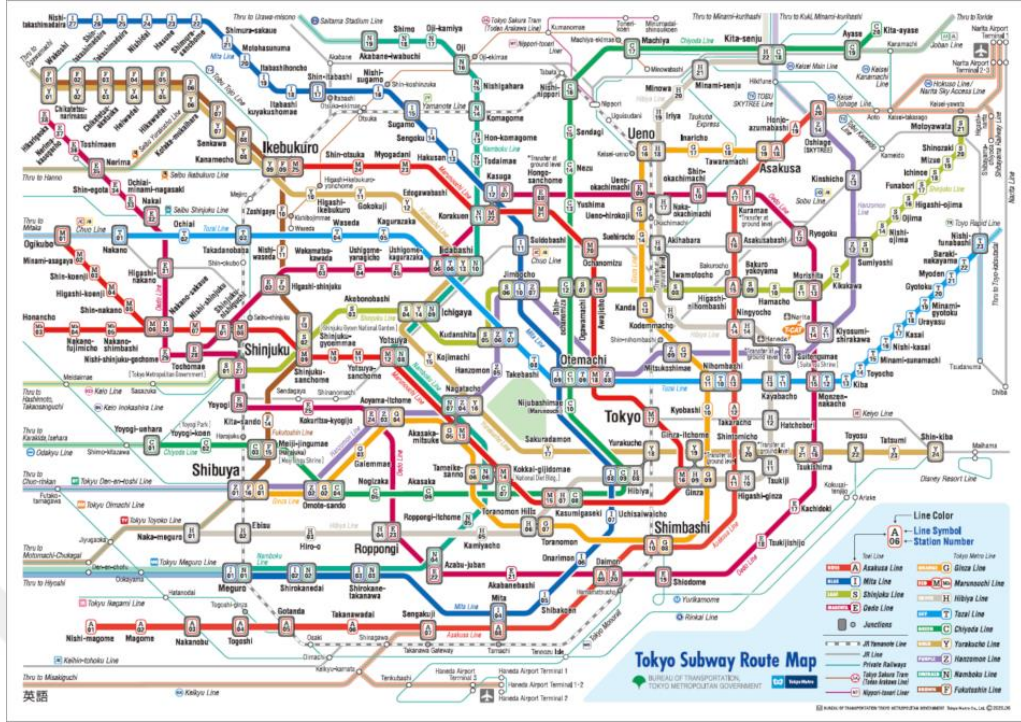
Görsel 2.20. Metro Peronu, New York, Amerika (NY Post, 2020)

2.3.2.3. Tokyo

Japonya'nın başkenti olan Tokyo kentinde bulunan metro sistemi 30 Aralık 1927 tarihinde açılarak Asya kıtasının ilk metro sistemi olmuştur. Tokyo metro sistemi, Toei ve Tokyo metrosu olarak iki farklı firma altında hizmet vermektedir. Tokyo metro sistemi genellikle kent içerisine hizmet vermekte ancak bölgesel demiryolu hatlarıyla oluşturduğu entegrasyon sayesinde çok daha geniş bölgeleri içine almaktadır. Hatların birçoğu doğrudan diğer raylı sistem hatlarına bağlanır, böylece yolculuk esnasında devamlılık sağlanmaktadır. Tokyo metro sistemi ile ilgili teknik veriler Tablo 2.11'de verilmiştir (Şekil 2.11).

Tablo 2.11. Tokyo Metro Sistemi Teknik Verileri

Veri	Değer
Hat Sayısı	13
İstasyon Sayısı	285
Sefer Aralığı (dk)	3-10
Günlük Ortalama Yolcu Sayısı (milyon)	7.6
Toplam Uzunluk (km)	304.1



Şekil 2.11. Metro Sistem Ağı, Tokyo, Japonya (Tokyo Metro, 2022)

1 Nisan 2016 tarihi itibariyle, Tokyo metrosunda, Japonya'daki özel bir demiryolu operatörü için en büyük filo olan 2.728 elektrikli araçtan oluşan bir filo işletilmektedir. Hat açıklığı 1435 mm ile 1067 mm olmak üzere iki farklı çeşitte çalışmaktadır.



Görsel 2.21. Metro Peronu, Tokyo, Japonya (Trainspo, 2011)

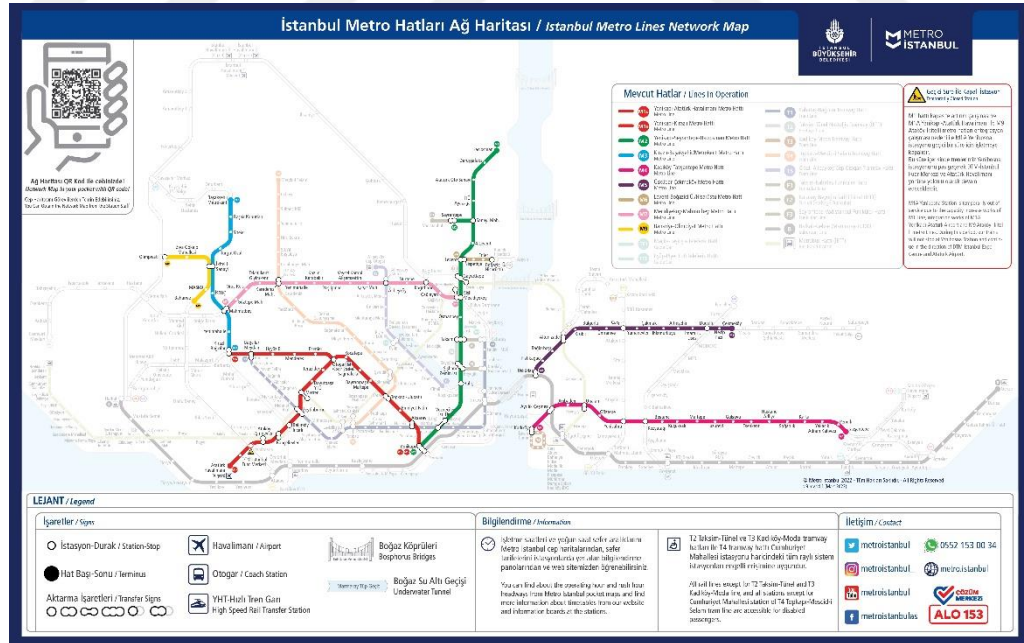
2.3.2.4. İstanbul

İstanbul metro sistemi, Türkiye'nin nüfus bakımından en büyük şehirde bulunmaktadır. 3 Eylül 1989 tarihinde M1 hattının hizmete girmesiyle birlikte faaliyete başlamıştır. Günümüzde isimlendirme olarak M1A, M1B, M2, M3, M4, M5, M6, M7 ve M9 olmak üzere 9 hattın (Görsel 2.22) oluşmaktadır. İstanbul metro sistemi ile ilgili teknik veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2.12).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı iştirak firması olan Metro İstanbul firması tarafından işletilmektedir ve zaman içerisinde yeni projelerle birlikte gelişmeye devam etmektedir (Metro İstanbul, 2021).

Tablo 2.12. İstanbul Metro Sistemi Teknik Verileri

Veri	Değer
Hat Sayısı	9 (İnşa Edilen:11)
İstasyon Sayısı	111 (Avrupa:72/Anadolu:39)
Ortalama Hız (km/saat)	35
Sefer Aralığı (dk)	3-10
Toplam Uzunluk (km)	144



Görsel 2.22. Metro Sistem Ağı, İstanbul, Türkiye (Metro İstanbul, 2022)

İstanbul metrosu filosunda 647 adet metro aracı bulunmaktadır (Görsel 2.23). Araç markaları 160 adet Hyundai Rotem, 270 adet CAF, 112 adet Alstom ve 105 adet ABB olarak sıralanmaktadır (Uysal, 2015).



Görsel 2.23. Metro Peronu, İstanbul, Türkiye (Milliyet, 2022)

2.4. Bölgesel Demiryolu Sistemi

Uzun mesafeli demiryollarının yerel hizmetlerini temsil eden bölgesel demiryolu sistemleri, tüm ulaşım modları arasında en yüksek teknik ve işletme standartlarına sahip olan moddur (Görsel 2.24). Bu sistemlerin çoğu demiryolu işletmecileri tarafından kot farkıyla ayrılan bazen de şehir dışındaki alanlarda sinyalizasyonlu hemzemin geçitlerin yer aldığı tahsisli yollarda işletilmektedir. Trafik sıkışıklığı, fosil yakıtlara bağımlılık ve diğer çevresel sorunların yanı sıra otomobil sahibi olma, çalıştırma ve park etme maliyetlerinin artmasıyla birlikte bölgesel demiryolu sistemleri popüler bir hale gelmiştir. Diğer sistemlere göre işletme hızı daha yüksek olan bölgesel demiryolu sistemi uzun mesafeler için daha fazla oturma ve daha az ayakta durma yeri sağlamaktadır. Bölgesel demiryolu sistemlerine ait teknik veriler Tablo 2.13’de görülmektedir.

Tablo 2.13. Bölgesel Demiryolu Sistemi Teknik Bilgiler

Yolcu Taşıma Kapasiteleri	8000-45000 kişi/saat
İşletme Hızları	40-75 km/saat
Araç Uzunluğu	20-26 metre
Peron Aralıkları	1200-7000 metre
Peron Yüksekliği	Yüksek/Alçak
Taban Yüksekliği	Yüksek/Düşük
Güç Temini	Katener Sistem/Üçüncü Ray/Dizel Yakıt



Görsel 2.24. Bölgesel Demiryolu Sistemi, Sidney, Avustralya (Junkee, 2022)

2.4.1. Bölgesel Demiryolu İstasyon Tasarımı

Bölgesel demiryolu ağları, genellikle kent merkezinden geçerek, birkaç istasyon hattını takip ederler. İstasyonlara ulaşmak için çeşitli erişim modları kullanılır; bu modlar arasında yaya, bisiklet, besleme otobüsleri, park et devam et ve vedalaş devam et gibi seçenekler yer alır. Kent merkezindeki istasyonlar genellikle şehirlerarası demiryolu istasyonları ile birleşik olsalar da bu istasyonlar kent merkezinin sınırlı bir kısmını kapsarlar.

Bölgesel demiryolu sistemleri, yoğun ve çoğunlukla tek yönlü yolcu trafiğiyle karakterize edilirler. Bu nedenle, bölgesel demiryolu hatlarına sahip istasyonlar, pik saatler dışında ve hafta sonları da düzenli sefer aralıkları (20, 30 ya da 60 dk) sunarak yoğun yolcu trafiğine hizmet verirler. Bu hizmet, sık seferler sayesinde yolcuların bekleme sürelerini minimize etmelerini ve seyahat planlarını daha verimli bir şekilde düzenlemelerini sağlar.

Sonuç olarak, bölgesel demiryolu ağları kentlerdeki toplu taşıma sisteminin önemli bir parçasıdır ve yoğun bir yolcu trafiği ile karşı karşıya kalırlar. Fakat, sık seferler ve çeşitli erişim modları gibi çözümler sayesinde bu istasyonlar, yolcuların seyahatlerini daha verimli ve konforlu hale getirmeyi başarırlar (R. Vuchic, 2015).

Yolcular, uzun seyahat süreleri sebebiyle, bavul, el bagajı gibi eşyaları taşırlar. Görsel 2.25'te de görüldüğü gibi, bölgesel demiryolu istasyonlarında kişi başına düşen alanın, yolcuların kapladıkları alan ve taşıdıkları eşyalar gibi faktörler göz önünde bulundurularak normal metro istasyonlarındakinden daha fazla olması gerekmektedir. Ayrıca, gelen yolcu ya da yakınları, trenin kalkışını ya da varışını bekleyecekleri için, oturma, yemek ve tuvalet ihtiyaçlarını gidermeleri için uygun mekanlar sağlanmalıdır (Yüksel Proje, 2007).



Görsel 2.25. Bölgesel Demiryolu İstasyonu, Bangkok, Tayland (Timeout, 2021)

2.4.2. Bölgesel Demiryolu İstasyon Örnekleri

2.4.2.1. Toronto

Kanada'nın Ontario eyaletinin başkenti Toronto kentinde raylı toplu taşıma sistemlerinde ilk olarak hizmete alınan GO Transit, 23 Mayıs 1967'de işletmeye açılmıştır. Tek hat ile başlayan sistem günümüzde entegre otobüs taşımacılığı ve eklenen yedi hat ile toplamda sekiz hat olarak çalışmaya devam etmektedir (Şekil 2.12).

GO Transit, hizmet ettiği alan içerisinde uzun mesafe şehirlerarası toplu taşıma hizmetlerine bağlanan güzergahlarda dizel motorlu çift katlı trenler ve tur otobüsleri işletmektedir (GO Transit, 2018). Toronto bölgesel demiryolu sistemi ile ilgili teknik veriler Tablo 2.14'de verilmiştir.

Tablo 2.14. Kanada Bölgesel Demiryolu Sistemi Teknik Verileri

Veri	Değer
Hat Sayısı	8
İstasyon Sayısı	71
Yıllık Ortalama Yolcu Sayısı (milyon)	13.6
Toplam Uzunluk (km)	625



Şekil 2.12. Bölgesel Demiryolu Sistem Ağı, Toronto, Kanada (Go Transit, 2022)

GO Transit'in vagonları, itme-çekme ekipmanı kullanmaktadır. Görsel 2.26'te görüldüğü gibi uzatılmış sekizgen şekliyle kolayca tanınabilen bu çift katlı vagonlar, 1970'lerin ortalarında Hawker Siddeley Canada firması tarafından GO Transit için aynı firma tarafından inşa edilen GO'nun orijinal tek katlı vagonlarının daha verimli bir yedeği olarak tasarlanmıştır (Wikipedi, 2022).

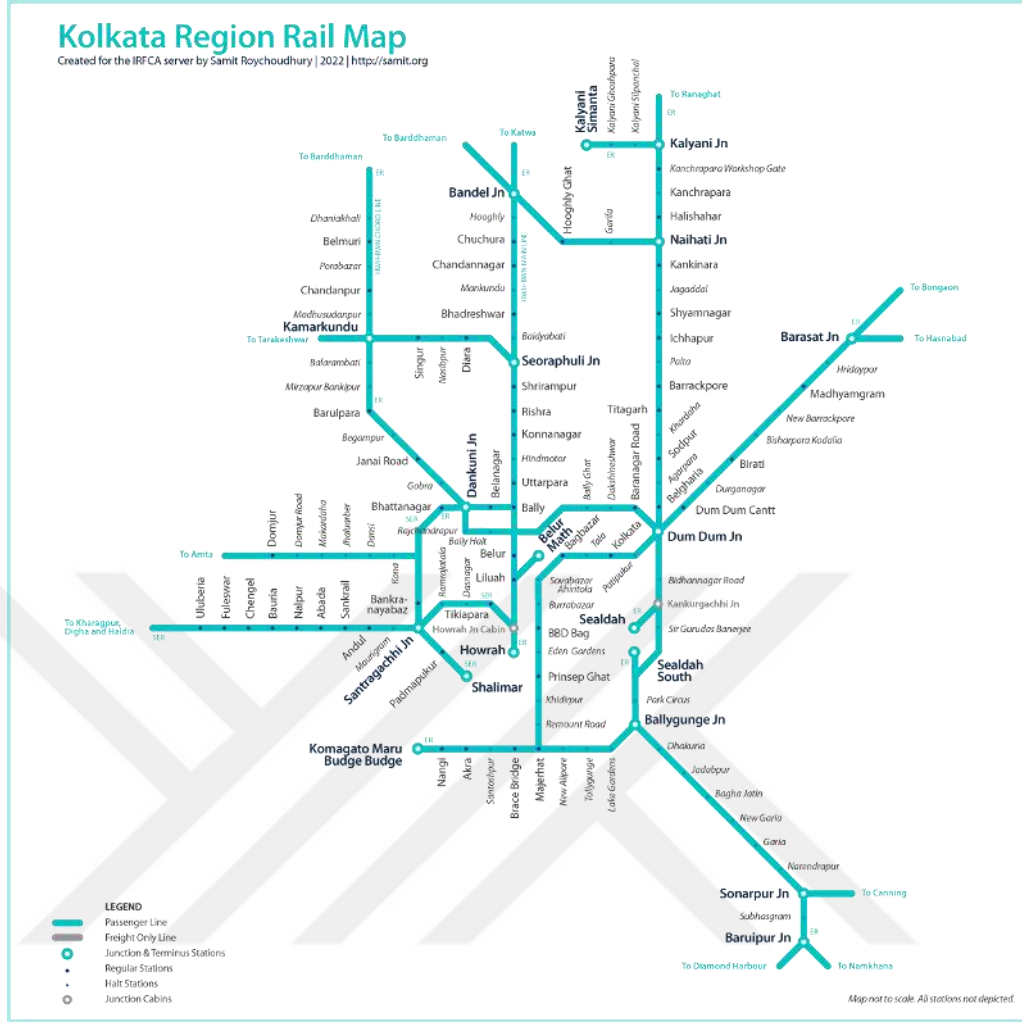


Görsel 2.26. Bölgesel Demiryolu Araçları, Toronto, Kanada (Urban Toronto, 2019)

2.4.2.2. Kalküta

Kalküta bölgesel demiryolu, Hindistan'daki Kalküta metropol bölgesi ve çevresine hizmet veren bir bölgesel demiryolu sistemidir. Ülkedeki en fazla istasyona sahip en büyük bölgesel demiryolu ağıdır. Aynı zamanda dünyadaki en büyük 7. bölgesel demiryolu sistemi olan bu sistem, beş ana hat ve on dokuz yan hattan oluşmaktadır (Şekil 2.13). Kalküta bölgesel demiryolu, günde 3,5 milyon insanı ve her yıl 1,2 milyar insanı taşımaktadır. Sistem 458 istasyonu ve 1.501 km toplam uzunluğu ile Hindistan'daki en büyük bölgesel demiryolu ağıdır.

Howrah, Sealdah ve Kalküta tren istasyonları, şehirdeki ağa hizmet veren üç ana terminaldir. Shalimar ve Santragachi istasyonları, yolcu/hızlı yolcu trenlerinin yanı sıra posta/ekspres trenleri için de hizmet vermektedir.



Şekil 2.13. Bölgesel Demiryolu Sistem Ağı, Kalküta, Hindistan (IRFCA, 2021)

Kalküta bölgesel demiryolu sistemi, Jessop, ICF ve Titagarh Wagons tarafından üretilmiş elektrikli ve 12 vagonlu araçlara sahiptir (Görsel 2.27). Bu araçlar ortalama 100 km/saat hızlara çıkabilmektedir (Jessop & Company Ltd., 2008).



Görsel 2.27. Bölgesel Demiryolu Peronu, Kalküta, Hindistan (Hindustan Times, 2021)

2.4.2.3. Paris

Réseau Express Régional bölgesel demiryolu ağı, yaygın olarak Paris ve bölgelerine hizmet veren hibrit bir bölgesel demiryolu ve hızlı toplu taşıma sistemidir. Birleşik bir şehir merkezi yeraltı raylı sistemi ve bölgelerden şehir merkezine bölgesel tren olarak hareket eder (Şekil 2.14). Şehir merkezinde Paris metrosu gibi hareket eder, ancak daha hızlıdır ve daha az durağa sahiptir. Bu, onu diğer şehirlerdeki ulaşımı iyileştirmeye yönelik teklifler için bir model haline getirmiştir. Paris bölgesel demiryolu sistemi ile ilgili teknik veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2.15).

Tablo 2.15. Paris Bölgesel Demiryolu Sistemi Teknik Verileri

Veri	Değer
Hat Sayısı	5
İstasyon Sayısı	257
Yıllık Ortalama Yolcu Sayısı (milyar)	1.8
Toplam Uzunluk (km)	587



Şekil 2.14. Bölgesel Demiryolu Sistem Ağı, Paris, Fransa (RERV, 2020)

İki farklı operatör tarafından işletilen sistem trenleri, ara bağlantı adı verilen bir uygulama olan aynı hat altyapısını paylaşmaktadır. Bu iki operatör, RATP (Régie Autonome des Transports Parisiens) ve SNCF (Société Nationale des Chemins de Fer Français) olarak bilinmektedir. RATP, Paris içindeki banliyö hatlarını, A ve B hatlarını işletirken, SNCF diğer banliyö hatlarını, C, D ve E hatlarını işletmektedir. Sistemde ara bağlantı, belirli trenlerin geliştirilmesini gerektirmiştir (Görsel 2.28). Paris bölgesel demiryolu ağı, uzak bölgeleri Paris'in merkezine kolayca erişilebilecek bir noktaya getirerek başkentin çevresi ile yeniden bütünleşmesine yardımcı olmuştur (Gerondeau, 2003).



Görsel 2.28. Bölgesel Demiryolu Peronu, Paris, Fransa (Railway Technology, 2012)

2.4.2.4. İstanbul

Marmaray, İstanbul'un kentsel yaşantısını sağlıklı olarak sürdürebilmesi, kentlilere çağdaş bir kent yaşam ve kentsel ulaşım imkânları sunulabilmesi, kentin doğal tarihi özelliklerinin korunabilmesi için tasarlanmış, elektrik enerjisi kullanarak çevreyi kirliletmeyen, yüksek kapasitesiyle ihtiyaçlara göre tasarlanmış, 2019 senesinde işletmeye açılan bölgesel demiryolu hattıdır. Marmara Denizi'ni dünyanın en derin (60,46 m) batırma tüp tüneli içerisinde geçerek Avrupa yakasında bulunan Halkalı ile Asya yakasında bulunan Gebze semtlerini birbirine bağlayarak hizmet vermektedir (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). İstanbul bölgesel demiryolu sistemi ile ilgili teknik veriler Tablo 2.16'da verilmiştir.

Tablo 2.16. *İstanbul Bölgesel Demiryolu Sistemi Teknik Verileri*

Veri	Değer
İstasyon Sayısı	42 (Avrupa:14/Anadolu:28)
Ortalama Hız (km/saat)	45
Sefer Aralığı (dk)	8-15
Toplam Uzunluk (km)	76,6



Şekil 2.15. *Bölgesel Demiryolu Sistem Ağı, İstanbul, Türkiye (Rayhaber, 2019)*

Marmaray, Hyundai Rotem tarafından üretilen TCDD E32000 (Hyundai-Rotem tarafından TCDD için üretilmiş elektrikli çok üniteli vagon) vagonlarını Görsel 2.29’de görülen on vagonlu ve beş vagonlu EMU konfigürasyonlarında kullanılmaktadır (Railway Gazette, Hyundai Rotem Signs Marmaray Train Contract, 2008).



Görsel 2.29. *Bölgesel Demiryolu Peronu, İstanbul, Türkiye (TGRT, 2021)*

3. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM İSTASYON KONUMLARININ PLANLANMASI

Kent içi raylı ulaşım sistemleri toplu taşımada, insanların hızlı, güvenli ve çevre dostu bir şekilde seyahat etmelerine olanak sağlayan önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, istasyon konumlarının belirli ölçütler doğrultusunda planlanması ve kent ile uyumu büyük önem taşımaktadır. Raylı sistem istasyonlarının konumlandırılması, şehir planlamasında ve ulaşım ağlarının entegrasyonunda temel bir faktördür. İstasyonların doğru yerlerde konumlandırılması, insanların günlük işlerini halletmeleri için gerekli olan seyahat sürelerini ve maliyetlerini azaltırken, trafik sıkışıklığı ve hava kirliliği gibi sorunların azaltılmasına da katkıda bulunur. Bu nedenle, raylı sistem istasyonlarının konumlandırılması, nüfus yoğunluğu, iş ve alışveriş merkezleri, trafik akışı, diğer toplu taşıma seçenekleri ile entegrasyonu ve raylı sistemlerin gelecekteki gelişimlerini göz önünde bulunduran kapsamlı bir planlama süreci gerektirir. İstasyonların doğru yerlerde konumlandırılması, toplu taşımanın etkinliğini artırır ve insanların daha verimli bir şekilde seyahat etmelerine yardımcı olur.

Kent içi toplu ulaşım istasyonlarının nüfus yoğunluğu yüksek bölgelere konumlandırılması, toplu taşımanın en verimli şekilde kullanılmasını sağlar. Bu bölgeler genellikle şehir merkezleri, turistik bölgeler veya yüksek nüfuslu banliyö bölgeleridir. İstasyonlar, ilgili bölgelerdeki nüfus yoğunluğu ve seyahat ihtiyacına göre planlanır. İş merkezleri ve alışveriş merkezleri, insanların günlük yaşamlarında en sık ziyaret ettikleri yerlerden bazılarıdır ve bu nedenle raylı sistem istasyonları da ilgili noktalara yakın konumlandırılır, böylelikle toplu taşıma kullanımı artar ve trafik sıkışıklığı azalır.

Kent içi raylı ulaşım istasyonları diğer toplu taşıma seçenekleriyle uyumlu ve entegre bir toplu ulaşımın etkili bir parçası olmalıdır. Toplu ulaşımında entegrasyon yolcuların farklı toplu taşıma araçları arasında kolayca geçiş yapmalarını sağlar. Örneğin, bir şehirlerarası raylı ulaşım istasyonu yakınında bir otobüs terminali veya metro istasyonu olması, yolcuların farklı toplu taşıma seçenekleri arasında geçiş yapmasını kolaylaştırır.

Kent içi raylı ulaşım istasyonlarının trafik akışının yoğun olduğu noktalara yakın konumlandırılması, yolcuların istasyonlara daha hızlı bir şekilde ulaşmalarını sağlar. Örneğin, ana caddeler, otoyollar veya köprülerin yakınına istasyonlar konumlandırılabilir.

Kent içi raylı ulaşım istasyonlarının konumları planlanırken, gelecekteki gelişimler de dikkate alınmalıdır. Şehir ve bölge plancılar, yeni konut projeleri, iş merkezleri veya diğer ticari alanlar için planlanan bölgeleri hesaba katarak, gelecekteki kent içi toplu ulaşım ihtiyacını karşılayacak olan istasyonların konumlarını da düzenlerler. İlgili etmenler, kent içi raylı ulaşım istasyonlarının konumlarının uygun ve etkili bir şekilde seçilebilmesi için kullanılır.

3.1. İstasyon Yer Seçimini Etkileyen Parametreler

Kent içi raylı sistem projelerinde istasyon için en uygun konumlandırmayı yapmak inşaat aşamasına geçmek için büyük önem taşımakta ve beraberinde kapsamlı bir planlama süreci gerektirmektedir. Planlama sürecinde ise etkili olan yolcu çekme kapasitesi, emniyet, entegrasyon, hizmet alanı, yapım metodu, maliyeti ve arazi kullanımı gibi parametreler bulunmaktadır. Yolcu çekme kapasitesi, istasyonların kaç kişiyi taşıyabileceğini belirlerken, emniyet parametresi, seyahat eden insanların güvenliğini sağlamak için önemlidir. Entegrasyon, istasyonların diğer toplu taşıma seçenekleri ile nasıl bağlantı kurduğunu ve transferlerin nasıl gerçekleştirileceğini belirlerken, hizmet alanı ise istasyonun çevresindeki bölgeye ne kadar hizmet verebileceğini belirler. Yapım metodu ve maliyeti, inşa edilme yöntemi ve maliyetlere ilişkin faktörleri içerirken, arazi kullanımı parametresi ise istasyonun yerleştirileceği arazinin kullanımının nasıl optimize edilebileceğini belirler.

3.1.1. Yolcu Çekme Kapasitesi

Kent içi raylı sistem istasyonları, yolcu çekme kapasitesi bakımından büyük kentlerdeki istasyonlardan küçük kentlerdeki istasyonlara kadar değişen bir dizi farklı boyutta tasarlanmaktadır. Yolcu çekme kapasitesi; istasyonun boyutuna, tasarımına ve yolcuların hareket ettikleri hatlardaki araçların kapasitesine göre değişmektedir. Ayrıca işletme hızı ve istasyon sıklığı gibi etkenlerden etkilenen yolcu çekme kapasitesi özellikle karayolu gibi yüksek hızlı bir alternatif hizmete paralel giden yolculuklar için önemlidir.

Büyük kentlerdeki raylı sistem istasyonları genellikle daha fazla yolcu trafiği nedeniyle daha büyük tasarlanmaktadır. Bu istasyonlar, genellikle birden fazla seviyeli veya birden fazla platformlu olarak inşa edilir ve yüz binlerce veya milyonlarca yolcuyu ağırlayacak kapasiteye sahip olurlar. Örneğin; New York'taki Grand Central Terminali, 44 platformu ve 67 ray hattıyla günde yaklaşık 750.000 yolcuya hizmet verirken, Paris'teki Châtelet–Les Halles istasyonu da yaklaşık 750.000 yolcuyu taşıyabilir. Daha küçük kentlerdeki istasyonlar ise, daha az yolcu taşıyacak şekilde tasarlanabilir. Bununla

birlikte, bu istasyonlar hala binlerce yolcuyu ağırlayabilecek kapasitede olmaktadır. Örneğin, Minneapolis-Saint Paul'deki Mall of America istasyonu, günde yaklaşık 30.000 yolcuyu taşıyabilirken, Denver'daki Union Station yaklaşık 100.000 yolcuya hizmet verir (Vikipedi, 2022).

Yolcu çekme kapasitesi, istasyonun yoğunluk saatlerine göre de değişebilir. Özellikle işe gidiş ve dönüş saatleri sırasında, yolcu trafiği daha yoğun olabilir ve istasyonlarda daha fazla yolcu bulunmaktadır (Görsel 3.1). Bazı istasyonlarda, sadece yoğun saatlerde veya özel etkinlikler, festivaller gibi özel durumlarda, yolcu trafiğinin istasyonlarda aniden arttığı zaman aralıkları olmaktadır ve bu durumda istasyonda yaşanan yoğunluk sebebiyle ek platformlar kullanılmaktadır.

Yolcu çekme kapasitesi birçok faktöre bağlıdır ve istasyonların boyutu, tasarımı, kullanılan araçların kapasitesi, yoğunluğu ve sefer sıklığı gibi faktörler göz önünde bulundurularak hesaplanır.



Görsel 3.1. Kalabalık Bir Metro Peronu (İzmir Metro, 2023)

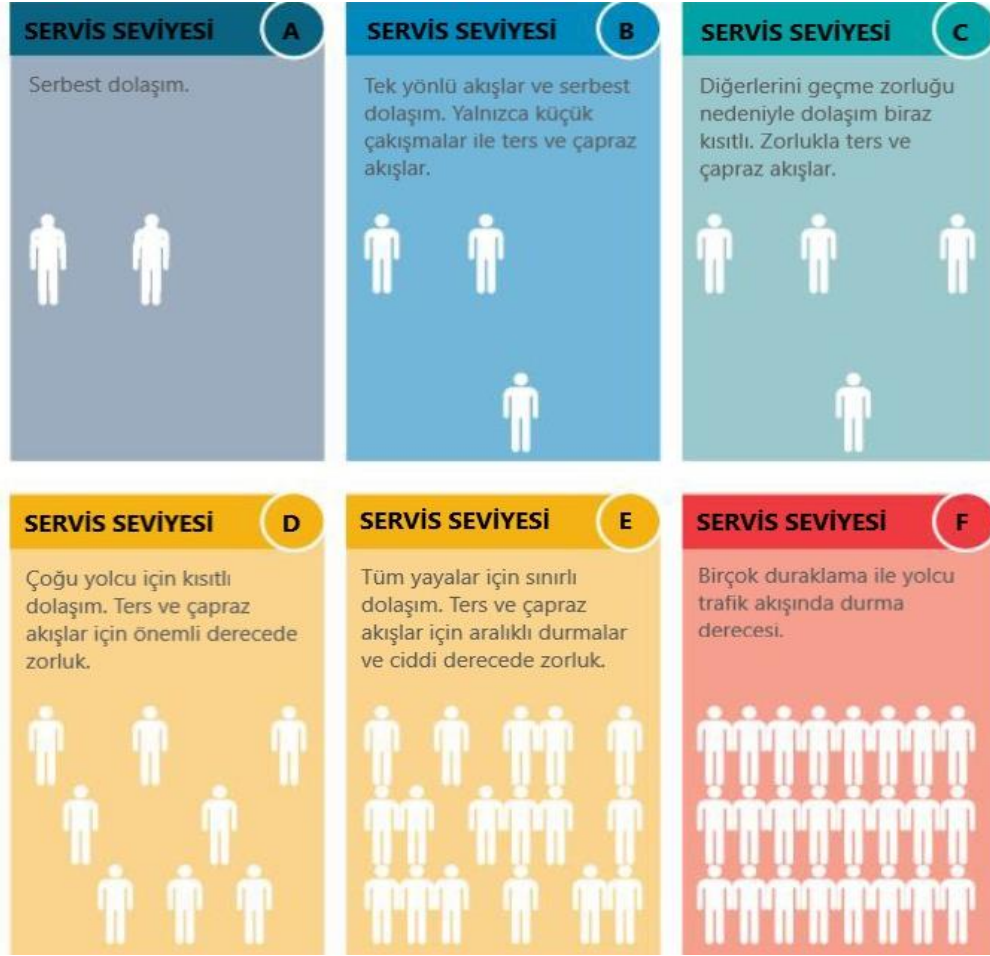
Yolcu talep seviyelerinin %20 üzerinde kapasite kullanımı için istasyon tasarımlarının hassasiyet testinden geçirilmesi kararlaştırılmalıdır. Bu duyarlılık testinin amacı, istasyon altyapısının hangi unsurlarının ilk önce başarısız olacağını belirlemek ve projenin ömrünün ötesinde büyümeyi karşılamak için beklenmedik durum ve istasyon yönetim planlarının hazırlanmasını sağlamaktır (Auckland Transport, 2022). İstasyon yerleşimleri, raylı ulaşım araçlarının her yönde aynı anda istasyonda bulunmasına ve bu durumun yarattığı yatay-düşey dolaşım elemanlarındaki yolcu dalgalanmalarına göre tasarlanmalıdır. Yürüyen merdivenler, her istasyonda normal pik saat çalışma

dönemlerinde uzun süreli bakım için hizmet dışı olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu yürüyen merdivenler, platformlardaki düşey dolaşım kapasitesini karşılamalıdır. Eğer hizmet seviyesi D düzeyinde kabul edilirse (Görsel 3.2), düşey dolaşım kapasitesinin bu koşullar altında çalışabilmesi için mümkün olan en uzun platform açıklığı süreleriyle tasarlanmalı ve yeterli esneklik sağlanmalıdır (Utku, 2008).

Platformların ve peronlara giden ve platformlardan gelen düşey dolaşım elemanlarının tasarımı, tasarım yılındaki en yoğun çalışma saatinin 15 dakikalık döneminde iki eş zamanlı tren varışından gelen iniş ve biniş yolcu hacimlerini karşılamalı, 2,5 dakikadan kısa bir sürede platform alanından tüm inen yolcular uzaklaştırılmalıdır. Raylı toplu ulaşım hizmetinde kesinti yaşandığı durumlarda, platformlar yolcu talebini karşılamak için ek yolcu hacmini barındıran ve herhangi bir alanda hizmet seviyesinden daha kötü olmayacak şekilde tasarlanmalıdır. İstasyondaki özel olaylar için yolcu tıkanıklığı, istasyon yönetim planı ile yönetilmelidir. Hizmetin kesintiye uğraması durumunda, yolcu hacimlerini etkileyen bu özel olaylar için alternatif çözümler üretilmelidir (Auckland Transport, 2022).

Tablo 3.1. İstasyon İçerisinde Yaya Hareketlerine Yönelik Servis Seviyeleri (Utku, 2008)

Servis Seviyesi	Açıklama
A	Bekleme bölgesinde, diğer yolcuları rahatsız etmeden serbestçe dolaşma ve ayakta durma imkânı bulunmaktadır.
B	Bekleme bölgesinde bulunan kullanıcılar, birbirlerini rahatsız etmeden sınırlı bir şekilde dolaşabilir ve ayakta durabilmektedir.
C	Bekleme alanında kişilerin birbirini rahatsız etmeyecek şekilde kısıtlı hareket imkânı vardır ve ayakta durmak mümkündür. Yoğunluğun hizmet oranını aşmamasına özen gösterilmelidir.
D	Temas etmeden ayakta durmak mümkündür; bekleme alanında dolaşmak sınırlanmıştır ve ileriye doğru hareket yalnızca grupça mümkündür. Bu yoğunlukta uzun süre beklemek rahatsız edicidir.
E	Diğerleriyle fiziksel temasla ayakta durmak kaçınılmazdır. Bekleme alanında serbestçe dolaşmak mümkün değildir, ancak bu yoğunlukta kısa bir süre sıraya girmek rahatsızlık vermez.
F	Bekleyen kullanıcılar, çevresindekilere dolaylı olarak temas eder; bu yoğunluk çok rahatsız edicidir. Bekleme alanında hareket etmek mümkün değildir ve bu kalabalıkta panik potansiyeli vardır.



Görsel 3.2. Hizmet Seviyeleri (Auckland Transport, 2022)

3.1.2. Emniyet

Kent içi raylı sistem istasyonlarında emniyet kavramı, istasyonlarda insanların ve trenlerin güvenliği için alınan tedbirleri ifade etmektedir. Bu tedbirler, insanların istasyonda güvenli bir şekilde seyahat edebilmelerini ve raylı ulaşım araçlarının da istasyonlara emniyetli bir şekilde yanaşmasını sağlamaktadır. Emniyet kavramı, kent içi raylı ulaşım istasyonlarında yer alan sinyalizasyon sistemlerini, trenlerin hızını kontrol eden teknolojileri, tren hareketlerini izleyen kameraları ve güvenlik personeli gibi unsurları içermektedir. Bunların yanı sıra, acil durum butonları, yangın alarm sistemleri ve acil çıkışlar da emniyet kavramının bir parçasıdır.

Sayısal verilerin kullanımı, kent içi raylı sistem istasyonlarının emniyeti açısından oldukça önemlidir. Bu veriler, istasyonlardaki hareketleri takip etmek, trenlerin hızını kontrol etmek ve acil durumlarda hızlı müdahale edebilmek için kullanılmaktadır. Örneğin, sinyalizasyon sistemleri, trenlerin hızını otomatik olarak kontrol etmek için sayısal verileri kullanmaktadır. Bu sayede, trenler istasyonlara güvenli bir şekilde

yaşatabilmekte ve insanların güvenliği sağlanabilmektedir. Ayrıca, istasyonlardaki kameralar da sayısal verileri kullanarak tren hareketlerini izlemekte ve güvenlik personelinin doğru zamanda müdahale etmesine olanak tanımaktadır. Acil durum butonları ve yangın alarm sistemleri de sayısal verileri kullanarak hızlı müdahale edilmesini sağlamaktadır. Sonuç olarak, kent içi raylı sistem istasyonlarında emniyet kavramı, insanların ve trenlerin güvenliği için alınan tedbirleri ifade etmektedir. Bu tedbirler, sayısal verilerin kullanımı ile birlikte, istasyonlarda güvenli bir seyahat imkânı sağlamaktadır.

Kişisel güvenlik ve emniyet, tüm istasyon kullanıcıları için esastır. Hem toplu taşıma sisteminin başarısında hem de insanlar için çekici yerler yaratılmasında büyük rol oynamaktadır. Kullanıcıların raylı ulaşım sistemi kullanırken yaşadıkları deneyimler, sistemin kullanım kolaylığı ve güvenliği konusundaki bakış açılarını şekillendirecektir. Güvenli geçiş yerleri aynı zamanda yolcu sayısını arttırmaya da yardımcı olacaktır (Authority, 2011).

Kullanıcıların faydalandığı park et ve devam et sistemi için güven faktörü çok önemlidir. Entegre otopark tesisleri, istasyon girişine yakın bir konumda olmalı ve tüm yollar engelsiz olmalıdır. İstasyon girişinden düz hatlı güzergahlar sağlanmalı ve personel pozisyonlarında tam bir denetim için %100 CCTV kapsama alanı sağlanmalıdır. Güvenli ve emniyetli bir ortamı teşvik etmek için tüm park et ve devam et park yerleri ortalama 100 lükse kadar aydınlatılmalıdır. Yukarıdakilerin tümüne ek olarak raylı ulaşım istasyon tesisi için aşağıdaki güvenlik özelliklerini içerecek şekilde tasarlanmalıdır (Metro İstanbul, 2021):

- İstasyon kontrol ve yangın/olay kontrol tesisi (ortak personel ve ortak tesisler sağlamak için tercihen müşteri hizmetleri merkezinin yanında) olmalıdır.
- Yer altı duman tahliyesi ve ek acil durum kaçışlarına yönelik tünel ve istasyon havalandırma sistemleri kurulmalıdır.
- Yangın durumunda düşük alev yayılımı, düşük duman, toksik olmayan emisyonları ele alan ve toplam yangın yükünü minimumda tutan malzeme seçimi yapılmalıdır.
- Ek yangın kontrol önlemleri ve acil servis müdahalesine yönelik sistemler planlanmalıdır.



Görsel 3.3. İstasyon Güvenlik Merkezi (Metro İstanbul, 2023)

Sonuç olarak, kent içi raylı sistem istasyonlarında emniyet kavramı, insanların ve raylı ulaşım araçlarının güvenliği için alınan önlemleri ifade etmektedir. Sayısal verilerin kullanımı, bu önlemlerin daha etkili bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır. Bu sayede, insanlar güvenli bir şekilde seyahat edebilmekte ve trenler de istasyonlara emniyetli bir şekilde yanaşabilmektedir.

3.1.3. Entegrasyon

Kent içi raylı sistem istasyonlarında entegrasyon, farklı ulaşım modlarının (raylı ulaşım, otobüs, vapur, dolmuş, taksi, özel ulaşım vb.) birbiriyle bağlantılı ve uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlayan bir süreçtir. Bu süreç, raylı sistemlerin, otobüs hatları, bisiklet parkları, otoparklar ve yürüyüş yolları gibi diğer ulaşım seçenekleriyle bir araya getirilerek, yolculuğun mümkün olan en sorunsuz ve etkili şekilde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır.

Entegrasyon süreci, birçok faktörü içermektedir. Örneğin, istasyonların fiziksel düzeni, bilgi sistemleri, biletleme ve ödeme sistemleri, seyahat süresi ve transferlerin kolaylığı gibi faktörler, yolculuk yapmak isteyenlerin daha az zaman ve çaba harcayarak, daha hızlı ve uygun fiyatlı bir şekilde hedeflerine ulaşmalarını sağlamaktadır. Bu süreçte, dijital teknolojilerin kullanımı da önemlidir. Akıllı bilet sistemleri, seyahat edenlerin yolculuk geçmişlerini takip ederek, daha doğru bir şekilde ulaşım taleplerini tahmin etmeyi mümkün kılmaktadır. Bu sayede, ulaşım sistemlerinin daha iyi planlanması ve optimize edilmesi mümkün olur. Gerçek zamanlı yolcu bilgilendirme sistemleri, seyahat edenlere raylı ulaşım ve otobüs seferlerinin durumunu ve varış saatlerini bildirerek,

yolcuların seyahatlerini planlamalarına yardımcı olur. Entegrasyon süreci, şehirlerdeki ulaşım sistemlerinin verimliliğini ve kullanımını artırmak için önemlidir. Yolculuk süresini kısaltırken, trafik sıkışıklığını azaltarak, çevresel etkileri azaltır ve ulaşım maliyetlerini düşürür. Bu nedenle, şehir planlamacıları ve ulaşım işletmecileri, kent içi ulaşım sistemlerinde entegrasyonu sağlamak için önemli adımlar atmaktadır.

Çevredeki kentsel bağlamla (birbirine yakın olan mekanların veya sistemlerin bir araya getirilip bütünleşmiş hali) iyi entegre edilmiş istasyonlar;

- İyi tasarlanmış,
- İyi inşa edilmiş,
- İyi yönetilen,
- İyi bağlantılı,
- İyi hizmet verilen,

kapsayıcı, güvenli ve çevreye duyarlı kalırken gelişen yerler yaratmaya yardımcı olur. Kentsel bağlama duyarlı istasyon tasarımı, çevredeki kamusal alanları kasıtlı olarak şekillendirebilir, canlandırabilir ve karşılığında kentte yaşayan toplulukların içinde olacağı aktif ve entegre konumlar yaratabilir (Akabal, Masirin, Akasah, & Rohani, 2017).

İstasyon tesisleri, bitişik ofis binaları ve alışveriş tesisleri dahil olmak üzere kamusal alanla sorunsuz bir şekilde bütünleşecek ve geçişleri kolaylaştıracak şekilde tasarlanmalıdır. İstasyon ve çevresindeki bağlam arasında güçlü bir ilişki oluşturmak, daha zengin ve daha tatmin edici bir ortam sağlar, kentin karakterini geliştirir ve kullanıcılara bir yer duygusu sağlar. Birbirine bağlı toplu ulaşım ağları, sokaklar, patikalar, bisiklet yolları ve kamusal alanlar insanları ulaşmak istedikleri noktaya bağlamaya yardımcı olur ve erişilebilirliği artırır.

3.1.3.1. Entegrasyon Uygulamaları

Park et devam et uygulaması, özellikle büyük şehirlerdeki raylı ulaşım sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Bu uygulama, araç sahiplerine, arabalarını park edecekleri bir yer sağlar ve ardından raylı ulaşım sistemini kullanarak seyahat edebilme imkânı sunar (İspark, 2022).

- Park et devam et uygulaması, genellikle bir bilet veya kart ile kullanılır. Araç sahipleri, park alanına giriş yaparken biletlerini veya kartlarını kullanır ve aynı gün içinde raylı ulaşım sistemini kullanırken bu biletleri veya kartları tekrar kullanırlar. Bu sayede, araç sahipleri hem park alanlarını kullanabilir hem de raylı ulaşım sisteminden yararlanarak daha hızlı ve ekonomik bir şekilde seyahat edebilirler.

- Park et devam et uygulaması, genellikle bir elektronik sistem kullanır. Bu sistem, park alanlarındaki boş yerleri gösteren bir harita veya ekran sunar. Araç sahipleri, bu haritayı kullanarak boş park yerlerini kolayca bulabilirler. Park alanları, güvenlik kameraları ile izlenerek araçların güvenliği de sağlanır.
- Park et devam et uygulamasının bir diğer avantajı, araç sahiplerinin park sorununu çözebilmeleridir. Özellikle büyük şehirlerde, park yeri bulmak oldukça zor olabilir. Park et devam et uygulaması, araç sahiplerine uygun bir park yeri sağlayarak bu sorunu çözmeye yardımcı olur.

P+R (Park et-devam et), K+R (Vedalaş-devam et) gibi iyileştirmeler, toplu ulaşım sistemlerine entegrasyonun artması yönünde fayda sağlamaktadır. Şehir merkezlerine özel araçla girmek yerine uygun aktarma merkezlerinin otoparkları kullanılmaktadır (Görsel 3.4). Genellikle otoparka girildiği gün, toplu taşıma sistemlerinin sefer saatlerine uygun şekilde çıkış yapılması durumunda ücretsiz şekilde bu iyileştirmeden faydalanılabilmektedir. Ayrıca uzun süreli kullanımlarda ekstra kampanyalarla sistemin kullanımı arttırılabilmektedir. Bu sayede P+R ve K+R gibi yeniliklerin katkıları aşağıdaki maddelerde görülmektedir (R. Vuchic, 2015).

- Trafik sirkülasyonunu hızlandırır dolayısıyla ekonomik açıdan katkı sağlar.
- Karbon emisyon salınımını azaltır.
- Daha az yakıt tüketimi ve daha az karayolu işgaline neden olur.
- Diğer toplu ulaşım sistemlerine yönelimi arttırır.
- Şehirdeki trafik sebebiyle oluşan stresin azalmasını sağlar.



Görsel 3.4. Park Et-Devam Et Örnek Fotoğraf (Trimet, 2023)

Ayrıca akıllı ulaşım sistemleri sayesinde tek bir ulaşım kartı ile bir ülkenin bütün şehirlerinde toplu taşıma araçları kullanılabilir. Örneğin; Güney Kore’de “Tmoney” isimli kart sayesinde yolcular tüm ulaşım sistemlerinden faydalanabilmektedir (Görsel 3.5). Bunun dışında kartın “kullan sonra öde” gibi kampanyaları insanları özel araç yerine toplu ulaşım kullanmaya teşvik etmektedir. Bu durum ülkenin toplu taşıma kullanımı artırarak toplu ulaşım sistemlerinin arasındaki entegrasyonu artırmaktadır (Seung-ah, 2014).



Görsel 3.5. “Tmoney” Ülke Çapında Tek Ulaşım Kartı, Güney Kore (Korea Net, 2014)

3.1.3.2. Entegrasyon Örnekleri

Kente hizmet eden tüm toplu ulaşım modlarının birbirleri ile uyumlu ve bütünleşik olarak işletilmesi ve erişilebilirliğin artırılması topluma yönelik katkının gözetilmesi ve sürdürülebilir bir toplu ulaşım ağı kurulması açısından önemlidir. Otobüs, metrobüs, metro, tramvay, bölgesel demiryolu araçları gibi toplu ulaşım sistemlerinin birbirleriyle entegre bir şekilde çalışması potansiyel kullanıcıların zamandan kazanmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla, kent içi raylı ulaşım istasyonlarının tasarımında farklı modlar ile entegrasyonun sürdürülebilir ve uzun vadede olumlu etkileri olan ulaşım ağının planlanmasında önemli olduğu ve istasyonların kilit noktalar olduğu görülmektedir. Örneğin; birçok kentte tramvaylar daha yüksek kapasiteli modlar için besleme hattı olarak kullanılmaktadır. Önemli aktarma istasyonları sayesinde bir yolcu tramvaydan indikten sonra yönlendirmeler aracılığıyla daha yüksek kapasiteli metro ya da bölgesel demiryolu sistemlerine geçebilmektedir. Örnekten de anlaşılacağı üzere, raylı ulaşım modlarının genel özelliklerine bağlı olarak bir alt mod bir diğer üst modun besleyicisi veya

tamamlayıcısı olabilmektedir. Genel olarak, sürdürülebilir ve etkin işletilen bir toplu ulaşım ağı için toplu ulaşım araçları günün pik (en yoğun) saatlerinde yolcu sirkülasyonun arttığı noktalarda düşük kapasiteli araçlarla beslenmelidir. Bu bütünleşmeyle bağlantılı seyahatlerin çoğalmasıyla çeşitli toplu taşıma araçları arasında hat-zaman-ücret entegrasyonu yapılabilmektedir. Ayrıca engelli yolcuların ulaşabileceği ve çeşitli ulaşım sistemleri arasında rahatlıkla tercih yapabileceği toplu ulaşım sistemler geliştirebilmektedir (Akbulut, 2016).

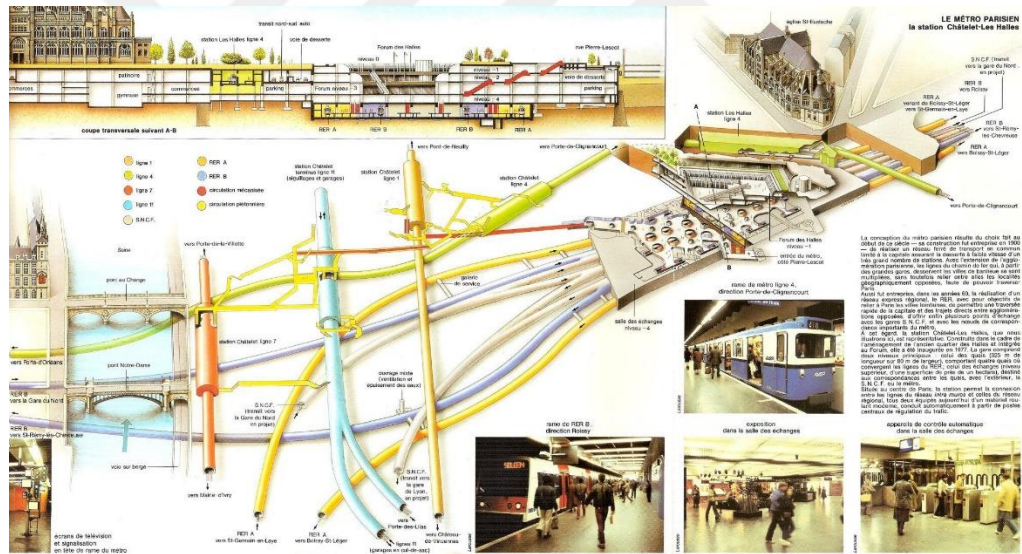
Bir ulaşım ağının üzerindeki aktarmaların sayısı ve konforu söz konusu herhangi bir kent içerisinde toplu ulaşım hizmetlerinin karakteriyle ilişkilidir. Genellikle, çok sayıda aktarma yapılmadan sürdürülen ulaşım ağları sadece işe veya okula gidip geri dönmek üzerine kurulmuş düzenli yolculukları tanımlar. Yetersiz entegrasyon geliştirmeleri mevcut yolculuklar açısından engeller yaratır ve toplu taşımayı tercih eden potansiyel yolcuları vazgeçirir. Teknoloji ve haberleşmenin gelişmesiyle son yıllarda intermodal (modlar arası) istasyonlar tasarımı olduğu gibi transfer (aktarma) merkezlerinde, araç park alanları, daha iyi bilgilendirme ve kolay ödeme gibi aktarma aşamalarını kolaylaştıran çok sayıda yenilik olmuştur (R. Vuchic, 2015).

Paris'in merkezi noktalarından biri olan Châtelet istasyonu (Görsel 3.6), şehrin en işlek metro istasyonlarından biridir. İstasyon, 5 metro hattı, 3 bölgesel demiryolu hattı (RER) ve birçok otobüs hattı ile entegre bir şekilde çalışmaktadır. Bu nedenle, Châtelet istasyonu, Paris halkının ve turistlerin şehirde seyahat etmek için en sık tercih ettiği ulaşım merkezlerinden biridir.



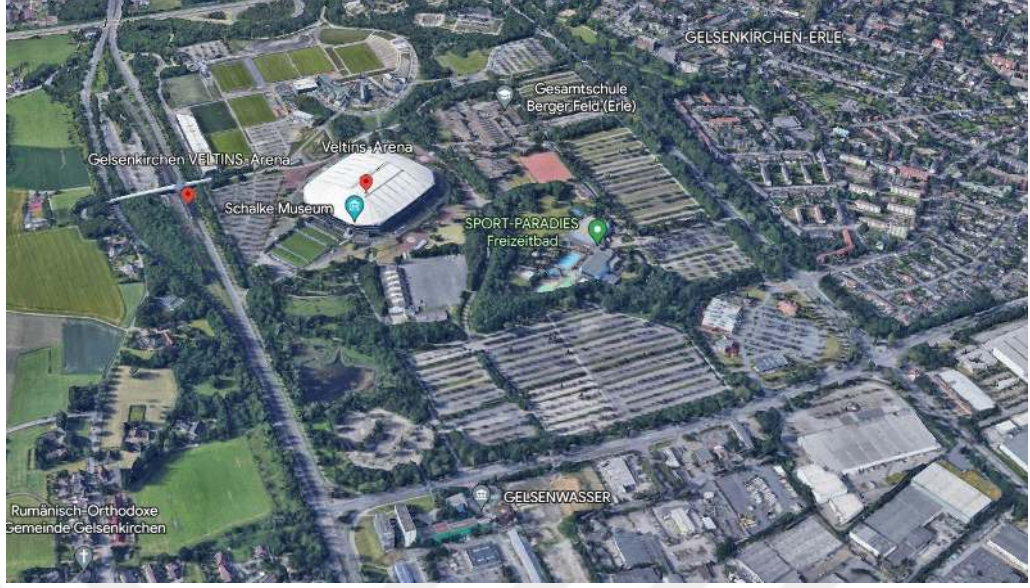
Görsel 3.6. Châtelet Metro İstasyonu, Paris, Fransa (Google Earth, 2023)

Châtelet istasyonunun entegrasyonu (Görsel 3.7), sadece ulaşım açısından değil, aynı zamanda ticari ve kültürel açıdan da büyük bir önem taşımaktadır. İstasyonun çevresinde, mağazalar, restoranlar, sinemalar, tiyatrolar ve müzeler gibi birçok turistik yer bulunmaktadır. Bu nedenle, istasyon, sadece Paris'in ulaşım merkezi değil, aynı zamanda şehrin sosyal ve kültürel hayatında da önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, Châtelet istasyonunda, yoğunluk nedeniyle gecikmeler meydana gelmektedir. Bu sorunlar, istasyonun yeniden tasarlanması ve iyileştirilmesi çalışmalarının başlatılmasına neden olmuştur. Bu çalışmalar kapsamında, istasyonun altyapısı güçlendirilerek daha fazla giriş ve çıkış noktasının eklenmesi ve yolcu akışının düzenlenmesi planlanmaktadır. Châtelet istasyonu ve entegrasyonu, Paris'in ulaşım sisteminin en önemli unsurlarından biridir. Yapılacak iyileştirmeler sayesinde, istasyonun daha etkin ve verimli bir şekilde çalışması, Paris halkı ve turistler için daha iyi bir seyahat deneyimi sağlayacaktır. Aynı zamanda, istasyonun turistik ve kültürel değeri de artacaktır (Plan Metro, 2022).



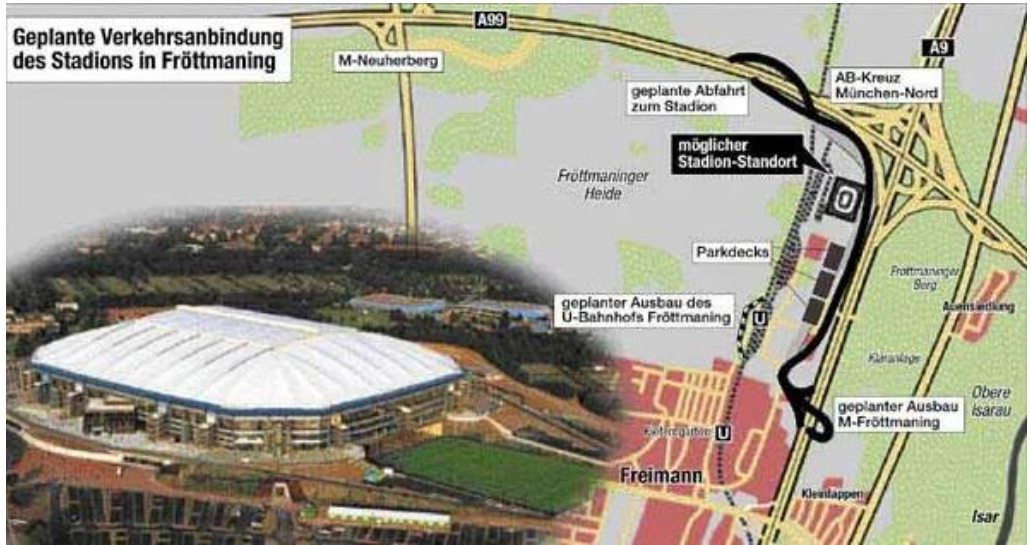
Görsel 3.7. Châtelet İstasyonunun Entegrasyonu, Paris, Fransa (Transport Paris, 2019)

Almanya'nın Gelsenkirchen şehrinde yer alan Schalke metro istasyonu (Görsel 3.8), şehirdeki en aktif ulaşım merkezlerinden biridir. Schalke istasyonu, Gelsenkirchen şehir merkezine yakın bir konumda yer almaktadır ve Gelsenkirchen metrosunun bir parçasıdır. Ayrıca, Schalke istasyonu, Almanya'nın en büyük futbol kulüplerinden biri olan Schalke 04'ün ev sahipliği yaptığı Veltins Arena'ya da ev sahipliği yapmaktadır.



Görsel 3.8. Schalke Metro İstasyonu, Gelsenkirchen, Almanya (Google Earth, 2023)

Schalke istasyonu, Gelsenkirchen'in kuzey bölgesinde yer almaktadır ve çevresinde birçok ticari ve kültürel alan bulunmaktadır. Bu alanlar arasında, Veltins Arena, Schalke Parkı ve Schalke Müzesi gibi yerler yer almaktadır. Ayrıca, istasyon yakınında birçok eğlence mekânı da mevcuttur. Schalke istasyonunun entegrasyonu (Görsel 3.9), şehrin ulaşım sisteminin daha verimli bir şekilde çalışmasına yardımcı olmaktadır. Gelsenkirchen metrosu ve diğer toplu taşıma araçları ile entegre bir şekilde çalışan Schalke istasyonu, şehirdeki ulaşımın daha hızlı ve kolay olmasını sağlamaktadır. Bu sayede, Schalke istasyonu, Gelsenkirchen şehrindeki ulaşımın önemli bir parçası olarak kabul edilmektedir (Mapa Metro, 2010).



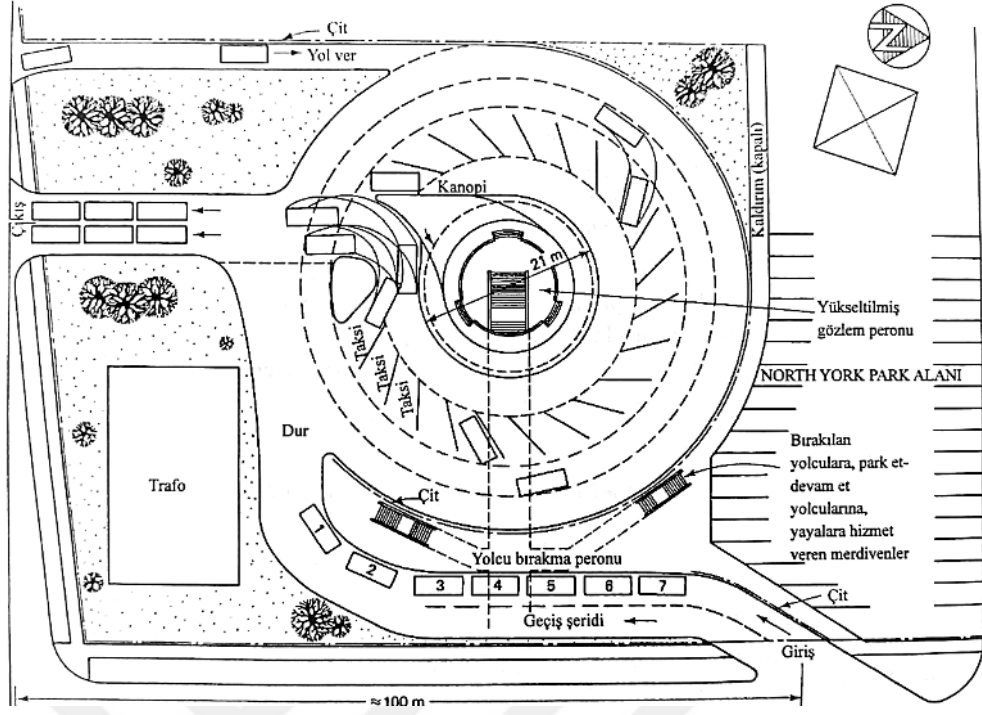
Görsel 3.9. Schalke İstasyonunun Entegrasyonu, Gelsenkirchen, Almanya (Süddeutsche Zeitung, 2021)

Victoria Park Raylı Sistem İstasyonu (Görsel 3.10), Toronto, Kanada'da bulunan bir istasyondur. İstasyon, Toronto Transit Commission (TTC) tarafından işletilmekte olup, Bloor-Danforth hattında yer almaktadır. Victoria Park, Doğu York bölgesinin ana ulaşım merkezlerinden biridir ve ana hatları birbirine bağlayan bir transfer istasyonudur.



Görsel 3.10. Victoria Park Raylı Ulaşım İstasyonu, Toronto, Kanada (Google Earth, 2022)

Vedalaş-devam et alanı tüm erişim caddelerinden kolaylıkla ulaşılabilir olmalıdır. Kapalı yolcu indirme alanı ve beklemek için istasyon çıkışı gören bir park alanı bulunmalıdır. "Arasından geçilebilen" park alanlarına ve araçların dolaşımına izin veren bir yapıya sahip hayali bir vedalaş-devam et tesisi Şekil 3.1'de gösterilmektedir. İstasyon alanının geri kalanı park için kullanılmaktadır. Otomobil ile yaya çakışmalarını minimize etmek için istasyonun dolaşım yolları istasyon binasından uzak olmalıdır. Binaya yönelen koridorlar ve dik açılı park etme sistemi genellikle dolaşım ve alan kullanımı bakımından en iyi uygulamadır (R. Vuchic, 2015).



Şekil 3.1. Durakla, Devam Et Şeklinde Aktarma Yapmaya Olanak Veren Banliyö Hızlı Ulaşım İstasyonu (R. Vuchic, 2015)

İstasyonun entegrasyonu (Görsel 3.11), çevredeki otobüs hatları ve tramvaylar ile sağlanarak Scarborough bölgesi ve Toronto Pearson Uluslararası Havalimanı'na ulaşım imkânı sunmaktadır. Bu entegrasyon sayesinde, yolcuların istedikleri yere kolayca ve hızlı bir şekilde ulaşmaları mümkündür. Bunun yanı sıra, istasyonda park et devam et sistemleri, bisiklet kiralama ve otopark gibi diğer ulaşım modları da mevcuttur. Victoria Park istasyonu, modern mimarisiyle de dikkat çekmektedir. İstasyonun içi, renkli seramik panolar ve geniş cam yüzeylerle dekore edilmiştir. İstasyonda ayrıca çeşitli restoranlar, kafeler ve mağazalar da bulunmaktadır (TTC, 2022).



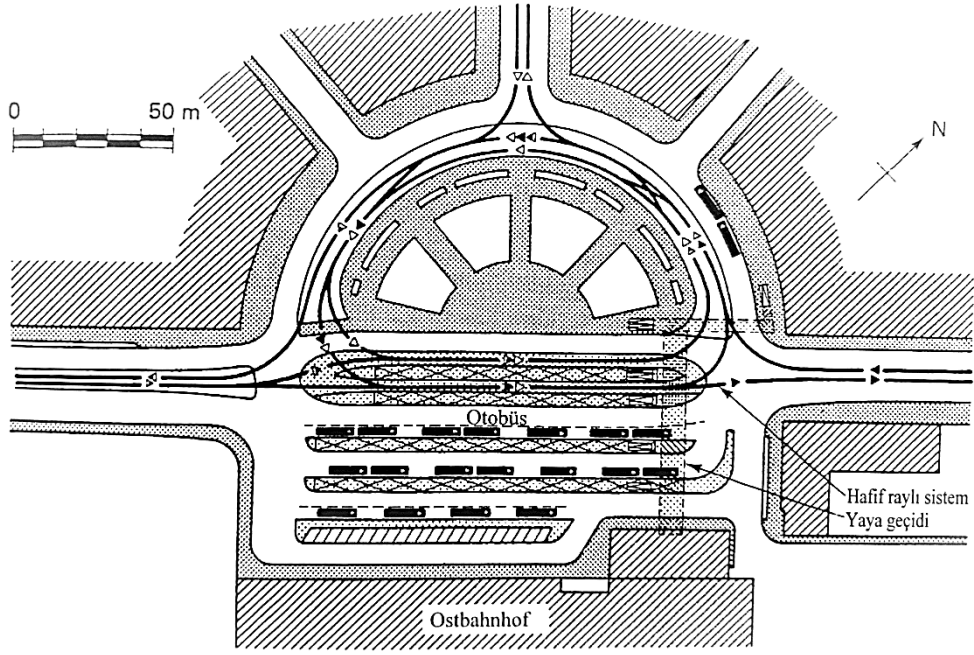
Görsel 3.11. Victoria Park İstasyonunun Entegrasyonu, Toronto, Kanada (Global News, 2021)

Münih Ostbahnhof, Almanya'nın Münih şehrinde bulunan bir ana demiryolu istasyonudur. İstasyon, şehrin doğusunda yer almaktadır ve birçok uluslararası ve ulusal tren hizmeti sunmaktadır. Aynı zamanda, Münih'in ana metro hatlarından biri olan S-Bahn hattı (S3-S8) da bu istasyondan geçmektedir. Münih Ostbahnhof metro istasyonu, S-Bahn hatlarına kolay erişim sağlayan bir transfer merkezi olarak hizmet vermektedir (Görsel 3.12). İstasyonda ayrıca, tramvay hatları ve otobüs durakları da bulunmaktadır. Bu sayede, Münih'in tüm bölgelerine rahatlıkla ulaşım sağlamak mümkündür (Bahnhof, 2022).



Görsel 3.12. Münih Ostbahnhof İstasyonu, Münih, Almanya (Google Earth, 2023)

Şekil 3.2'de gösterilen Münih'teki Ostbahnhof, otobüslerin ve hafif raylı sistemin son istasyon manevraları için kullandığı döngülerin ve istasyona bir yeraltı yaya geçidi ile bağlanan, duraklar için kullanılan paralel ceplerin (otobüsler için üç, hafif raylı sistem için iki) ilginç bir kombinasyonudur (R. Vuchic, 2015).



Şekil 3.2. Hafif Raylı Sistem ve Otobüs Hatlarına Aktarma Yapılabilen Bölgesel Demiryolu İstasyonu (R. Vuchic, 2015)

İstasyon, modern mimarisi ve geniş mekanlarıyla da dikkat çekmektedir. Ziyaretçiler, alışveriş yapabilecekleri mağazalar, restoranlar ve kafeler gibi birçok olanaktan faydalanmaktadır. İstasyonun içinde ayrıca yolcuların rahatlamalarına olanak tanıyan oturma alanları, tuvaletler ve bagaj depolama hizmetleri de mevcuttur. Münih Ostbahnhof istasyonunun entegrasyonu ulaşım modlarını birbirine bağlamaktadır (Görsel 3.13). Bu sayede, ziyaretçiler Münih'de kolaylıkla seyahat etmektedir (Bahnhof, 2022).



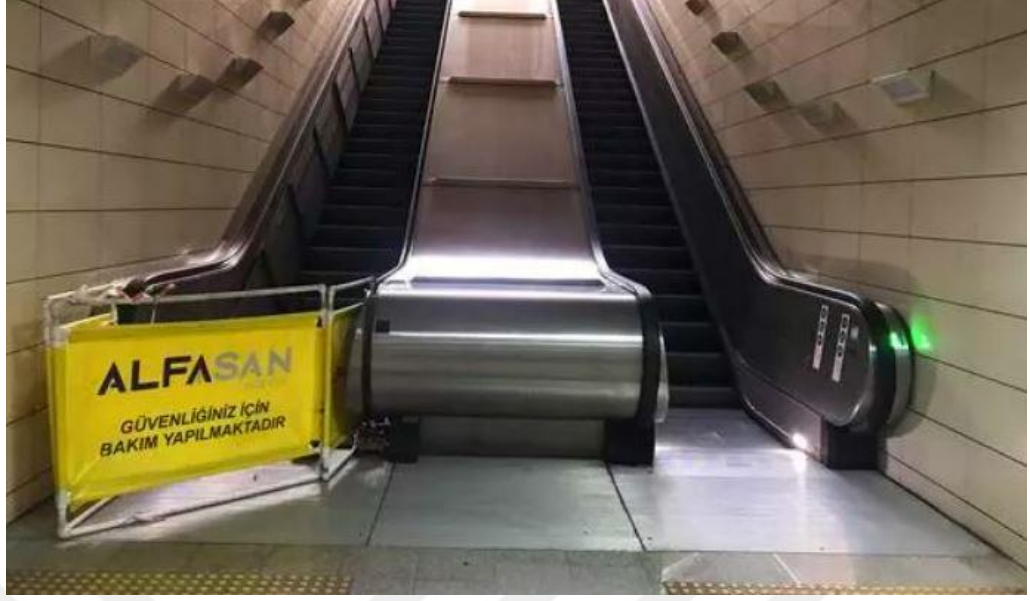
Görsel 3.13. Münih Ostbahnhof İstasyonunun Entegrasyonu, Münih, Almanya (Vikipedi, 2006)

Ankara Kızılay metro istasyonu (Görsel 3.14), Ankara'nın en yoğun ve merkezi bölgelerinden biri olan Kızılay'da yer almaktadır. Bu istasyon, Ankara metrosunun en kalabalık ve önemli istasyonlarından biridir. Kızılay, hem Ankara'nın en büyük alışveriş merkezleri hem de otobüs terminali gibi önemli ulaşım merkezlerine ev sahipliği yapması nedeniyle, Kızılay metro istasyonu da bu yoğunluğu yansıtmaktadır. Kızılay metro istasyonunun önemi, Ankara'nın en yoğun nüfuslu merkezi olması ve burada birçok ticari, kültürel ve turistik mekanların bulunmasıdır. İstasyon, Ankara'da yaşayan kullanıcıların ve turistlerin şehir içi seyahatlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, Kızılay metro istasyonu, Ankara metrosunun en önemli transfer istasyonlarından biridir ve M2, M3 ve M4 hatları bu istasyonda kesişmektedir.



Görsel 3.14. Kızılay Metro İstasyonu, Çankaya, Ankara

Kızılay metro istasyonu zaman zaman ciddi sorunlarla da karşılaşmaktadır. Bunların en önemlisi, yoğun nüfus ve dolayısıyla kalabalık olmasıdır. Görsel 3.15'de görüldüğü gibi istasyondaki düşey dolaşım alanlarında sık sık bakım çalışmaları yapılması, yoğun saatlerde trenlere binmek için uzun kuyruklar oluşturmaktadır. Bu nedenle, istasyonun fiziksel yapısı, yoğunluğa uygun olacak şekilde düzenlenmeli ve yenilenmelidir. Ayrıca, Kızılay metro istasyonunun engelli erişimine uygunluğu da sorunlu bir konudur. İstasyonun birçok noktasına tekerlekli sandalyelerle erişim zorluğu yaşanmaktadır. Bu nedenle, istasyonun daha fazla engelli dostu hale getirilmesi gerekmektedir.



Görsel 3.15. Kızılay Metro İstasyonu Bakım Çalışmaları, Çankaya, Ankara

Kızılay metro istasyonunun sorunları arasında, yolcu bilgilendirme sistemlerinin yetersizliği de yer almaktadır. İstasyonda bulunan bilgi panoları ve hoparlörler, zaman zaman arızalanmakta veya yeterince net bir şekilde bilgi vermemektedir. Görsel 3.16’de görülen yönlendirme levhalarından da anlaşıldığı üzere Kızılay metro istasyonunun çok sayıda çıkışı bulunmaktadır. Bilgilendirme levhalarının kullanıcıların istedikleri çıkışa yönlenebilmesi için daha çok ayrıntı vermesi gerekmektedir. Bu da özellikle yeni kullanıcılar için seyahatleri sırasında zorluklar yaratmaktadır. Bu nedenle, istasyonun yolcu bilgilendirme sistemlerinin güncellenmesi ve daha etkili hale getirilmesi gerekmektedir.

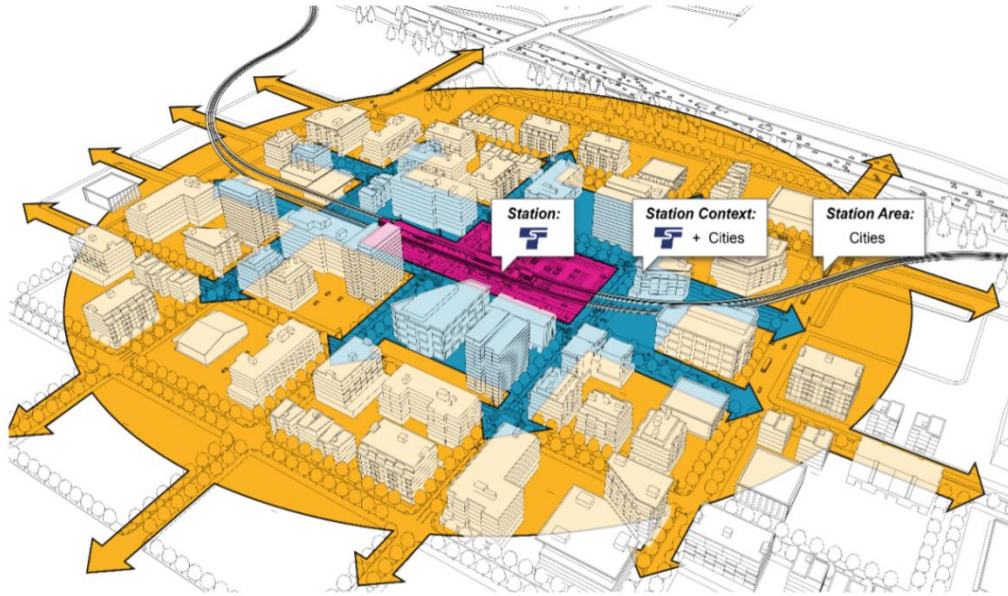


Görsel 3.16. Kızılay Metro İstasyonu Yönlendirme Levhaları, Çankaya, Ankara

3.1.4. Hizmet Alanı

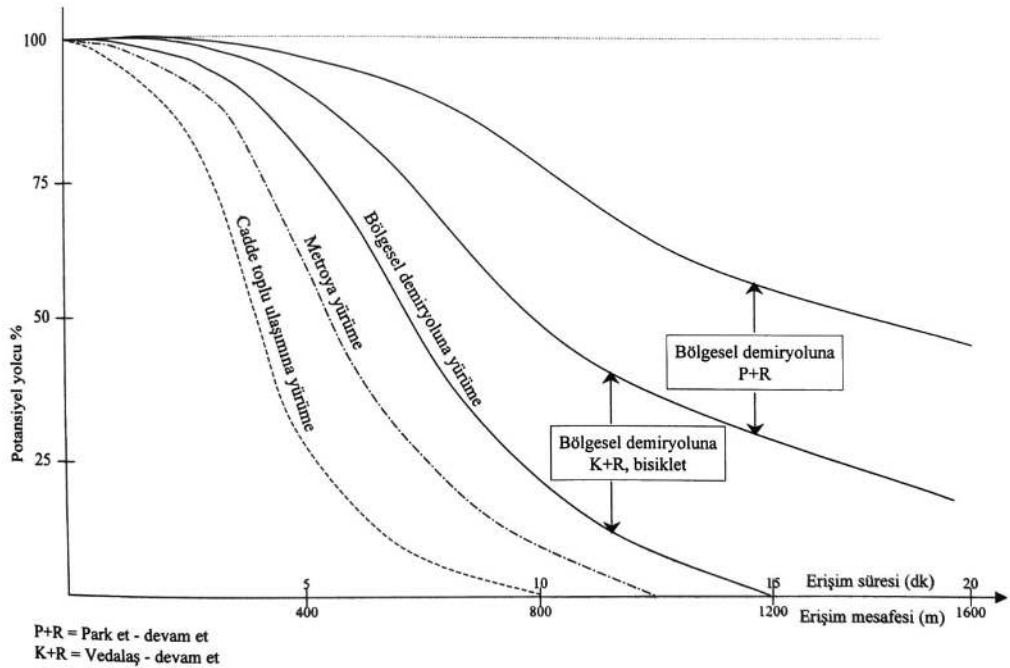
Kent içi raylı sistem istasyonları, şehir içinde toplu taşıma hizmeti sağlayan raylı sistem hatlarının duraklama noktalarıdır. Bu istasyonlar, yüzlerce hatta binlerce yolcu taşıyabilecek kapasitede tasarlanır ve genellikle metro, hafif raylı sistem (tramvay), banliyö treni veya monoray gibi raylı taşıma araçlarının sefer yaptığı duraklardır.

İstasyonların hizmet alanı, birkaç faktöre bağlı olarak değişebilir. Bunlar arasında istasyonun konumu, taşıma aracının kapasitesi, yolcu yoğunluğu ve sefer sıklığı sayılabilir. Genellikle kent içi raylı sistem istasyonları, bulundukları konuma bağlı olarak şehir merkezlerinde veya yoğun nüfuslu yerleşim alanlarında bulunur. Bu istasyonların hizmet alanı, genellikle yakın çevresindeki iş merkezleri, alışveriş merkezleri, turistik yerler, kamu binaları, oteller, konutlar ve diğer ulaşım hatları gibi önemli yerlerdir. Kent içi raylı sistem istasyonlarının hizmet alanı, yolcuların güvenli, hızlı ve etkili bir şekilde seyahat etmelerini sağlamayı amaçlar. İstasyonların bu hizmet alanı, yolcuların kolaylıkla erişebileceği yürüme mesafesi içinde olmalıdır (Görsel 3.17). Bu amaçla, istasyonların genellikle yürüme mesafesi içindeki bölgeleri kapsamaları için diğer toplu taşıma hatlarıyla entegre edilmesi de önemlidir. Bu şekilde, yolcular farklı hatlar arasında kolayca geçiş yapabilir ve seyahatlerini daha rahat hale getirebilirler (Utku, 2008).



Görsel 3.17. Raylı Sistem İstasyonuna Ait Hizmet Alanı (The Urbanist, 2022)

Toplu ulaşım istasyonlarının 5 dakika (birincil) ve 10 dakikalık (ikincil) yürüme mesafesi dâhilinde bulunan toplam kentsel alanın oranı şeklinde tanımlanan hizmet alanı, bir toplu ulaşım sisteminin ulaşılabilirliğinde temel unsuru temsil eder. Planlamada 5 dakikalık (400 m) yürüme mesafesinde olan çoğu potansiyel toplu ulaşım kullanıcısının sistemi kullanacağı düşünülebilir. Bu mesafe ile 10 dakikalık (800 m) yürüme mesafesi arasındaki potansiyel yolcu sayısı Şekil 3.3'de gösterildiği gibi kademeli olarak sıfıra düşer. Potansiyel yolcuların yürüme veya bisiklet, otobüs veya özel araç gibi besleme modlarını kullanma arzusu büyük oranda raylı sistemle ulaşım hizmetinin kalitesine, yolculuk uzunluklarına ve alternatif modlarla seyahat koşullarına bağlıdır. Bu yüzden cadde toplu ulaşım modlarında erişim mesafesine göre yolcu sayısında yaşanan azalmalar, daha yüksek hizmet seviyesi sunan metro ve bölgesel demiryolu modlarındakinden daha hızlıdır. Vedalaş-devam et (K+R) ve özellikle de park et-devam et (P+R) erişimli, yoğun kullanımı olan istasyonlar için bu standartlar geçerli değildir. Birçok durumda şehirlerarası yolcular dâhil olmak üzere önemli sayıda kullanıcı istasyonlara kilometrelerce mesafeden gelir. Ayrı bir hizmet alanı analizi de cadde toplu ulaşım hatları ve hızlı toplu ulaşım ağları için yapılmalıdır. Küçük ve orta büyüklükteki şehirlerde hedef, cadde ulaşımıyla yüksek hizmet alanı (%80-%100) elde etmek olmalıdır (R. Vuchic, 2015).

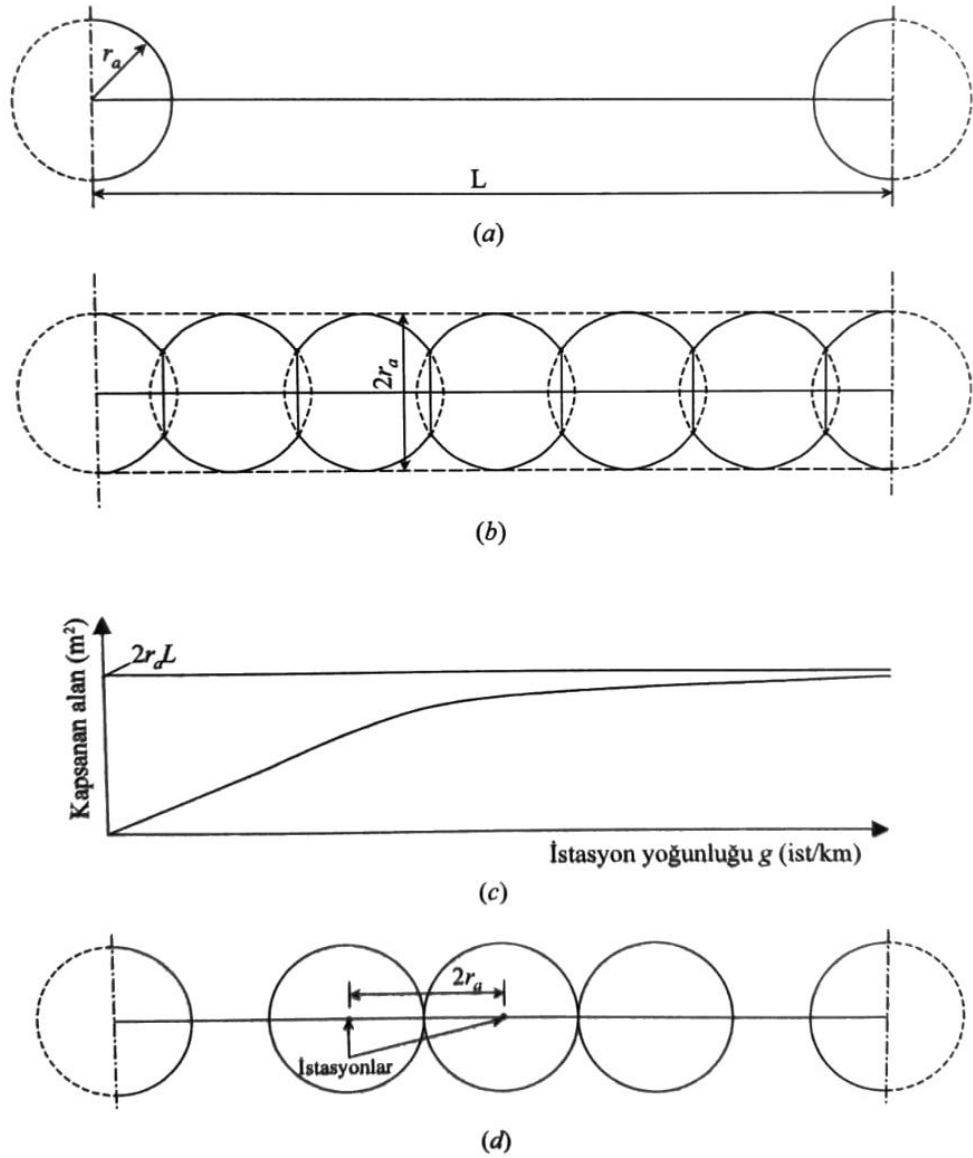


Şekil 3.3. Erişim Moduna Göre Farklı Ulaşım Hizmetleri İçin Kabul Edilebilir Erişim Mesafeleri (R. Vuchic, 2015)

Metro ağının tasarımında, hizmet alanını en üst seviyeye çıkartmak önemli bir amaçtır. Çünkü sistemin kullanımı, potansiyel yolcuların istasyonlara kolaylıkla erişebilmesine dayanır. Modern iletişim teknolojisi, insanların herhangi bir konumda istasyonlara erişebilmeleri ve düz bir hat boyunca istasyonlar arasında hareket edebilmeleri temelinde geliştirilmiştir. Bu temel özellikler, iki özgürlükçü varsayım olarak adlandırılır. İlk varsayım, istasyonların herhangi bir konumda yerleştirilebileceğini belirtir. İkinci varsayım ise, insanların herhangi bir yerden düz bir hat boyunca istasyonlara erişebileceklerini belirtir. Bu varsayımlar, geniş bantlı internet, mobil telefonlar ve diğer benzeri teknolojilerin yaygın kullanımını mümkün kılarak, modern dünya için büyük bir önem taşır (Öztaş, 2023).

Eğer bir hatta, L uzunluğunda sadece iki istasyon bulunuyorsa, hizmet alanı Şekil 3.4(a)'da gösterilen iki çemberle sınırlandırılır ve bu çemberlerin yarıçapları r 'dir. Her yeni eklenen istasyon, kapsama alanını 2π arttırana kadar diğer çemberlerle çakışacak şekilde kapsama alanı genişler (Şekil 3.4(b)). Şekil 3.4(b) ve (c)'deki şemalarda görüldüğü gibi, kapsam artışı sınırlandırılmaktadır. Bir hatta, kesintisiz bir istasyonla, teorik olarak ulaşılabilecek maksimum kapsama alanı $2rL$ 'dir (Şekil 3.4(c)). Ancak, bu hızlı toplu ulaşım hizmeti için gerçekçi bir çözüm olmayacaktır (R. Vuchic, 2015).

Hızlı toplu ulaşım bölgesel demiryolu hatları üzerindeki yüksek işletme hızı ihtiyacından dolayı, istasyon aralıkları, yüksek yoğunluklu merkezi iş alanı bölgeleri haricinde nadiren iki yürüme mesafesinden (Şekil 3.4(d)) veya 800 m'den daha kısadır. Bu hatlar kesintisiz işletme sağlamak üzere tasarlandıklarında, istasyon konumları sıklıkla bu mesafeler tarafından belirlenir. Paris, Philadelphia ve Hamburg'un metro ağlarındaki çoğu istasyon aralıkları 700-1200 m aralığındadır. Yolcu erişim sürelerini temel alan bu kısa aralıklar neticesinde işletme hızından ödün vermek kaçınılmaz hale gelir. Bu tür hatlar genellikle 10-12 km'den uzun yolculuklar için çok yavaş kalır. Bölgesel demiryolu hatları çoğunlukla kent merkezi dışında kalan yerlere kesintisiz hizmet sunar. Ancak daha yüksek hızları korumak için daha uzun istasyon aralıkları (1200- 1700 m) bulunur. Ağırlıkla şehirde bulunan hızlı toplu ulaşım, yer üstündeki besleme hatlarına (St. Petersburg, Paris RER) veya merkez dışı yerlerde otomobil erişimine (Cleveland, Chicago Skokie Swift ve birçok bölgesel demiryolu hattı) dayalı olan hatlar için hizmet alanı, yürüme yarıçapı bakımından daha az öneme sahiptir (R. Vuchic, 2015).



Şekil 3.4. İstasyon Sıklığının Bir Fonksiyonu Olarak Hizmet Alanı (R. Vuchic, 2015)

3.1.5. Yapım Metodu ve Maliyeti

Raylı ulaşım sistemleri, modern şehirlerin en önemli altyapı projelerinden biridir. İstasyonlar, yolcuların güvenli ve hızlı bir şekilde binip inebilecekleri noktalardır. İstasyonlar aynı zamanda, raylı ulaşım sistemlerinin işletilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, raylı ulaşım sistem istasyonlarının yapımı ve maliyeti, projenin başarısı için son derece önemlidir. Raylı ulaşım istasyonlarının yapım metodu, genellikle inşaatın yürütüldüğü yerel koşullara ve istasyonun büyüklüğüne bağlıdır. İstasyonlar, yeraltı, yerüstü veya yarı yeraltı olarak inşa edilebilir. Yerüstü istasyonları (Görsel 3.18), inşaat maliyetleri daha düşüktür, ancak çevreye daha fazla etki bırakabilirler.



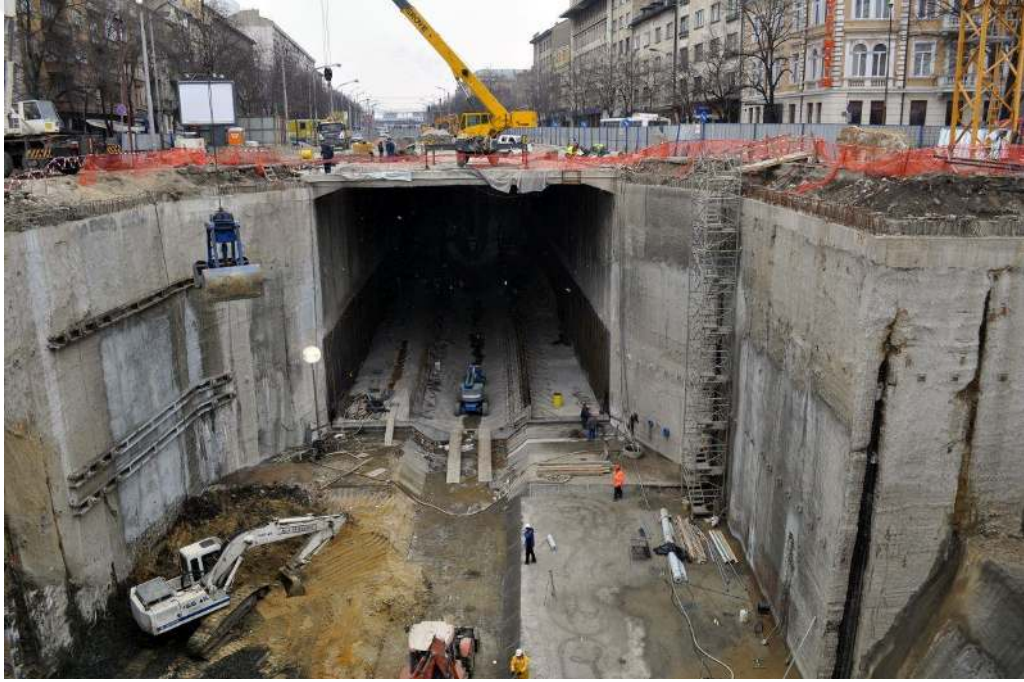
Görsel 3.18. *Amsterdam Merkez İstasyon Yenileme İnşaat Çalışmaları, Amsterdam, Hollanda (Kersten, 2021)*

Yeraltı istasyonları (Görsel 3.19), çevreye en az etki bırakan seçenektir, ancak inşaat maliyetleri yüksektir. Yarı yeraltı istasyonları ise, yeraltı istasyonlarına kıyasla daha düşük inşaat maliyetleri ve daha az çevresel etkiye sahiptir.

Metro istasyonlarının inşaatında kullanılan tünel açma teknikleri, inşaat yöntemi ve yeraltı koşullarına göre değişebilir. Bununla birlikte, en yaygın olarak kullanılan iki tünel açma tekniği "aç-kapa" ve "tüp tünel" olarak bilinir.

Aç-kapa yöntemi, tünelin inşa edilmesi sırasında açık havada kazı çalışması yapılmasını içerir. Bu yöntem, yer üstü yapılarına veya yer altındaki tesislere zarar verme riski taşır ve çevreye daha fazla gürültü ve toz yayabilir. Ayrıca, bu yöntem genellikle daha uzun süreli bir inşaat sürecine sahiptir ve dolayısıyla daha yüksek maliyetli olabilir. Tüp tünel tekniği ise, önceden imal edilmiş tüp parçalarının yerine getirilmesiyle gerçekleştirilir. Bu tüp parçaları, yer altına indirilerek, ardından birbirine bağlanır ve tünel oluşturulur. Bu yöntem, uzun mesafeli tünellerde daha sık kullanılır. Daha hızlı ve daha verimli bir yöntem olarak kabul edilir, ancak daha yüksek maliyetlidir. Önceden imal edilmiş tüp parçaları, taşınması, montajı ve yerleştirilmesi gerektiğinden, daha fazla ekipman, işgücü ve nakliye maliyeti gerektirir (Ghassemi, Sitarzadeh, Farkhani, & Ghahari, 2015).

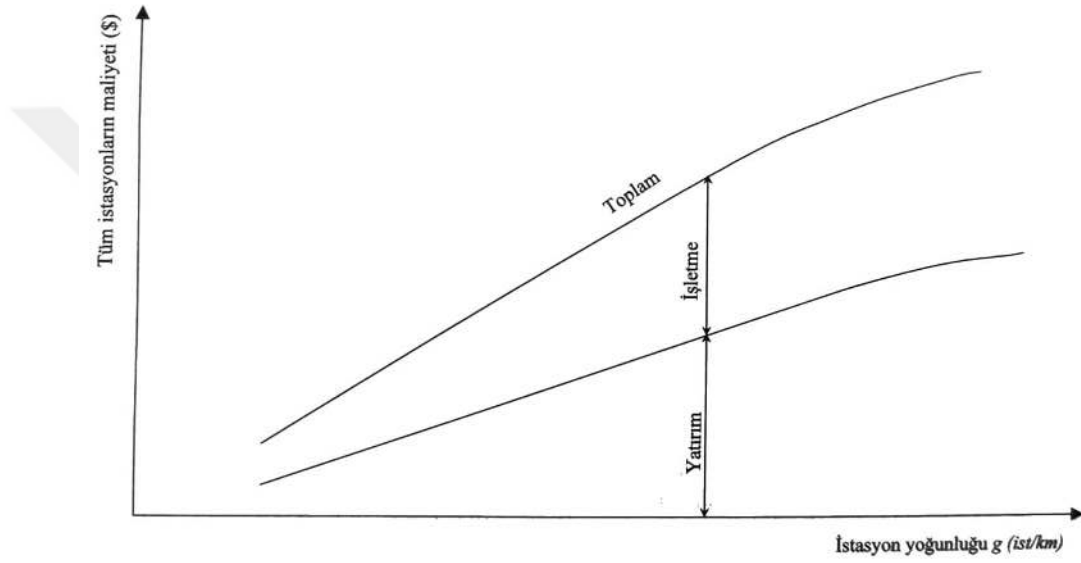
Metro istasyonları genellikle oldukça yüksek maliyetlidir. İstasyonların inşa edilmesi, yerin altına tünel açılması, istasyonun kendisinin inşa edilmesi ve tüm gereksinimleri (elektrik, havalandırma, vb.) karşılayacak altyapının sağlanması gereklidir. Maliyet, inşaatın yapılacağı yerin coğrafi özellikleri, kullanılacak malzemeler, inşaat şirketi tarafından kullanılacak ekipman ve işgücü sayısı gibi birçok faktöre bağlıdır. Yüksek maliyetler nedeniyle, metro hatları ve istasyonları genellikle devlet veya özel sektör tarafından finanse edilir. Ancak, metro istasyonlarının ve hatlarının uzun vadede yararları genellikle maliyetlerinin üstünde olduğu kabul edilmektedir. Özellikle büyük şehirlerde, metro hatları ve istasyonları, toplu taşıma sisteminin etkinliğini artırarak, trafik sıkışıklığını azaltarak ve hava kirliliğini azaltarak, toplumun genel refahına katkıda bulunabilir (Bilgin, Copur, & Balcı, 2021).



Görsel 3.19. *Sofia Metrosu İnşaat Çalışmaları, Sofia, Bulgaristan (Yüksel Proje, 2010)*

Raylı ulaşım istasyonlarının yapım maliyeti, istasyonun büyüklüğüne, inşaat metoduna, yerel koşullara ve kullanılan malzemelere bağlıdır. Raylı ulaşım istasyonlarının maliyeti ayrıca, istasyonun işletme maliyetleriyle de bağlantılıdır. İstasyonların güvenliği, temizliği ve bakımı gibi işletme maliyetleri, proje maliyetlerini artırabilir. Bununla birlikte, iyi planlanmış ve inşa edilmiş bir istasyon, işletme maliyetlerini azaltabilir ve yolcu konforunu artırabilir.

Her istasyon, belirli bir yatırım maliyeti (inşaat için) ve işletme maliyetine (istasyon işletmesi ve bakımı için, trenlerin durması için ve duraklamaya bağlı daha uzun tur süresine bağlı olarak daha büyük demiryolu araçları için) tabidir. Eşit yerel koşullar altında istasyon başına düşen ek maliyet, istasyonlar birbirinden uzak olduğunda sabittir, ancak aralıklar trenlerin duruş başına artan süre ile enerji sarfiyatı az bir oranda azaldığı için, azami hıza ulaşamayacakları kadar kısaldığında da bu, bir miktar düşer. Bu suretle, Şekil 3.5’de tasvir edildiği üzere istasyonların toplam maliyetleri, yoğunlukları arttıkça azalan bir oranda artar (R. Vuchic, 2015).



Şekil 3.5. Sabit Uzunluğu Olan Bir Hat Boyunca Yoğunluklarının Bir Fonksiyonu Olarak İstasyonların Toplam Maliyeti (Yatırım ve İşletme) (R. Vuchic, 2015)

3.1.6. Arazi Kullanımı

İstasyon alanlarındaki arazi kullanım modelleriyle ilgili olarak, yoğunluk ve çeşitlilik gibi arazi kullanım özelliklerinin kent içi raylı ulaşım yolcularını nasıl etkilediğini anlayabilir ve hatta belirli arazi kullanım modellerinin etkisini üzerinde çalışılabilir. Bununla birlikte, çoğu çalışma, bu korelasyonu arazi kullanımının mekânsal yapısına dayalı olarak tanımlar ve az sayıda çalışma, seyahat davranışlarına veya talep verilerine dayalı olarak arazi kullanım özelliklerini nicel olarak ölçebilir. Bireysel seyahat rotaları, yolcu kalkış/varış konumlarının arazi kullanım modellerini temsil eder. Somut olarak tanımlanmış yolculuk zincirleri altında kent içi raylı ulaşım yolcu sayısını ve arazi kullanım modellerini belirlemek için daha fazla ayrıntı sağlarlar (Demirdağ, 2020).

Aşağıdaki Şekil 3.6’de gösterilen arazi kullanım senaryosunda pembe renkte olan parseller iş merkezlerini, yeşil renkte gösterilenler doğal alanları, kahverengi renkte olan kısımlar endüstri bölgelerini ve sarı renkte gösterilen bölümler ise kamusal alanları ifade etmektedir. Bu senaryoda dairesel alanda görülen bölüme istasyon planlaması yapılırken bunun gibi imar planlarını arazi kullanımına ilişkin verileri almak için kullanılmaktadır.



Şekil 3.6. Arazi Kullanım Senaryosu (Xia, Shen, Zhang, Wang, & Zhang, 2017)

3.2. Tasarımda Kullanıcıyı Etkileyecek Öğeler

Raylı ulaşım istasyonları, kentlerin kalbinde yer alan, insanların toplu taşıma araçlarına kolayca erişebilmelerini sağlayan ve kentlerin ulaşım sorununa çözüm sunan önemli yapılar arasındadır. Ancak, istasyonların sadece işlevsel olması yeterli değildir. Kullanıcılar için rahat, güvenli ve estetik bir ortam sunulması da önemlidir. İstasyonların tasarımı, kullanıcıların seyahat deneyimlerini etkileyen birçok faktöre sahip olduğundan, tasarım sürecinde bu faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Kent içi raylı sistem istasyonlarında kullanıcıları etkileyecek öğeler bulunmaktadır. Kullanıcının duyuşal açıdan etkilenmesi istasyona gelen talebi doğrudan etkilemektedir (Akbulut, 2016).

- İstasyon biçimi,
- Akustik ortam unsurları,
- Kentsel ortam dokusu,
- Kullanılan renkleri,
- Ortam aydınlatması,
- Mekânın havalandırması,
- Yapılan sanatsal çalışmalar ve engellilere yönelik tasarımlar.

Yukarıda sıralanan başlıklar istasyon tasarımının bütününü oluşturmaktadır. Her istasyonun ayrı bir kişiliği vardır. Bu kişilik kentin tarihine ve yolcuların deneyimlerine hitap etmektedir. İstasyonlar genel olarak operasyonel ve mimari kriterlerin bulundukları

ortamdaki ilişkileri ile belirlenmektedir. Raylı sistem istasyon tasarımında kullanıcıyı etkileyecek dikkate alınması gereken öğeler açıklanmıştır.

3.2.1. Biçim

Mimari tasarım aşamalarında temeli oluşturan biçim hem mekânsal olarak hem kütsel olarak önemli bir yere sahiptir (Görsel 3.20). Kent içi raylı ulaşım istasyonlarında biçim faktörü, istasyonun şeklinin (yani düz bir platformun yerine kavisli bir platformun kullanılması gibi) yolcu kalabalığını nasıl etkilediğini ölçen bir faktördür. Bu faktör, istasyonlarda yolcu akışını optimize etmek ve yolcu kalabalığını azaltmak için tasarım kararları almak amacıyla kullanılır.

İstasyon tasarımlarının biçimlenmesinde, yapıma hangi noktadan başlanacağı etkilidir. İstasyonlarda, yer altında tünel yöntemi ile yapılacaksa, iç mekânda eğrisel biçimler; aç-kapa yöntemiyle inşa edildiyse köşeli biçimler görmek olasıdır. Fakat, mekânsal biçim sadece yapısal standartlara bağlı olmayarak farklı şekillerde de inşa edilebilir (Maden Aktop & Avlar, 2017).



Görsel 3.20. *İstasyon Tasarımında Biçimsel Öğeler, Tuwaiq, Suudi Arabistan (Eye Of Riyadh, 2016)*

Yer üstü istasyon yapılarında biçim, kentin dokusuyla bütünleşmektedir. İstasyon bölgesinin hava şartları, peron yapılarının giriş ve çıkışları, enerji hatlarının konumlandırılması gibi faktörler mekânın biçimlenmesinde rol oynar. Özellikle yolcuların raylı sistem aracını bekleyecekleri peron bölgesi konforlu ve güvenli şekilde tasarlanmalıdır (Görsel 3.21).



Görsel 3.21. Yer Üstü İstasyon Tasarımında Biçimsel Öğeler, Charlotte, Amerika (Gaston Gazette, 2021)

Yer altı raylı sistem istasyonlarında ise yolcuların dolaşım alanı biçim faktörünü etkiler (Görsel 3.22). Yolcuların yatay-düşey dolaşım hareketlerindeki ana hedef, giriş bölgesinden çıkış bölgesine kadar en kısa mesafede ve en hızlı şekilde olmasıdır. Bu aşamada yer altı istasyonlarının yüzey ile tek bağlantı noktası olan giriş ve çıkış bölgelerindeki biçimsel öğeler büyük önem taşımaktadır. Bu bölgeler kolay ve net bir şekilde erişilebilir, sürdürülebilir ve algılanabilir olmalıdır (Maden Aktop & Avlar, 2017).



Görsel 3.22. Yer Altı İstasyon Tasarımında Biçimsel Öğeler, Paris, Fransa (Gastro, 2022)

3.2.2. Akustik

Akustik, sesin yayılma ve yansıma özelliklerinin incelenmesi ile ilgili bir bilim dalıdır. İnsanlar, işitme yetenekleri sayesinde çevrelerindeki sesleri algılamaktadır. Ancak, bazı durumlarda, sesin uygun bir şekilde yayılması veya yankılanması zor olmaktadır. Bu durumda, uygun malzeme kullanımı hedeflenen istasyon akustiğine ulaşmak için önemli bir rol oynamaktadır.

Farklı yutuculuğa ve saçıcılığa sahip malzemelerin kullanımı, sesin istasyonun içindeki yansımalarını kontrol etmektedir (Görsel 3.23). Örneğin, yüksek saçıcılığa sahip bir malzeme yansımayı artırırken, yüksek yutuculuğa sahip bir malzeme yansımaları azaltır. Bu nedenle, istasyonun akustiğini iyileştirmek için kullanılan malzemelerin özellikleri dikkatli bir şekilde seçilmelidir. Bununla birlikte, malzeme seçiminin yanı sıra, malzemelerin konumları da önem taşımaktadır. Örneğin, akustiği iyileştirmek için tavan, duvarlar ve zeminler dahil olmak üzere tüm yüzeylerin kaplanması gerekebilir. Buna ek olarak, ses frekanslarının da dikkate alınması gerekmektedir. Yüksek frekanslı seslerin yayılması, düşük frekanslı seslere kıyasla daha zor olabilir, bu nedenle malzemelerin seçimi bu faktörlere göre yapılmaktadır (Nursal, Eşmebaşı, Erdem, & Gül, 2019).



Görsel 3.23. İstasyon Tasarımında Akustik Dizayn, Washington, Amerika (Seattle Met, 2019)

Kullanıcıların hareket halinde olmalarından dolayı fark edemeyeceği bir arka plan gürültüsü olur ve bu ses uzun mesafeler boyunca yayılır. İstasyon içerisindeki yayın yoluyla verilen bilgiler de hayati öneme sahiptir. İstasyonlar, dağılmamış, karışmamış ses alanları ile akustik açıdan sorunlu mekanlardır. Özellikle bu sorun yer altı raylı ulaşım istasyonları için geçerlidir.

İstasyonların akustik tasarımları, insanların kolayca iletişim kurabileceği ve aşırı gürültü oluşumunun engellenebileceği şekilde iyi bir işitsel ortam sağlamalıdır. Ayrıca umumi olmayan alanlarda, işletme personeli için de konforlu bir akustik çalışma ortamı sağlanmalıdır. İstasyon ve peronlarda normal çalışma günü içerisinde gürültü seviyesi büyük ölçüde değişkenlik gösterir. Kısa süreliğine trenlerin hareketi ile uzun sürede peronlardaki yolcu yükü miktarının değişmesiyle gürültü seviyesinde değişiklikler olacaktır (Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü, 2019). Akustik tedbirlerin asıl hedefleri şunlardır:

- Araçların sebep olduğu gürültünün azaltılması,
- Yolcuların kendilerine yönelik yapılan duyuru anonslarını kolaylıkla işitmelerinin sağlanması.
- Yolcu gürültüsünün diğer gürültülerden ayrılarak azaltılması,
- Havalandırma tesisatı, yürüyen merdiven, asansör ve diğer istasyonlar dahili mekanik sistem ve düzenlerin yol açtığı gürültünün kontrolü.

Gürültü kontrolünde amaç, gürültü kontrol tedbirlerinin alınmasıyla trenlerin sefer yaptığı daimî yol boyunca ve istasyonlardaki gürültü seviyelerinin kabul edilebilir sınırlar dahilinde muhafaza edilmesi suretiyle, akustik açıdan konforlu bir ortam oluşturmaktır.

Bu amaçlar sonrasında, uygun malzeme kullanımı, istasyon akustiğini kontrol etmek için önemlidir. Yüksek yutuculuğa veya saçıcılığa sahip malzemelerin seçimi ve doğru konumlandırılması, istasyonun içindeki sesin yansımaları ve yayılması üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. Malzeme seçimi ve konumlandırılması, istasyonun amaçlanan akustiğine ulaşmak için dikkatli bir şekilde planlanmalıdır (Nursal, Eşmebaşı, Erdem, & Gül, 2019).

3.2.3. Renk ve Doku

Kent ruhunun raylı ulaşım istasyonuna taşınmasına yarayan renk ve doku unsurları mimari tasarım için önem taşımaktadır. Renklerin birbirine uyumu ve aynı zamanda kentin dokusuna dokunuşu, yolcuların görsel ve ruhsal açıdan konforunu arttırmaktadır.

İstasyon tasarımında kullanılacak malzeme ve kaplamalar için temiz ve parlak bir şekilde ışığı yansıtacak ton paleti kullanılmalıdır. Yolcuların yatay-düşey dolaşım alanlarında kullanılan malzemelerin renk kontrastları, aydınlatma için kullanılacak enerjiyi azaltma sebebiyle iyi seçilmelidir. (Görsel 3.24) Ayrıca kullanılan renkler yolcuların görüş alanı içerisinde olmalıdır.



Görsel 3.24. İstasyon Tasarımında Renklerin Kullanımı, Münih, Almanya (Listelist, 2017)

Yer duygusu doku için, bazı coğrafi yerlerin sahip olduğu ve diğerlerinin sahip olmadığı, ancak bireyin ilişki kurabileceği bir özelliği ve ayrıca, ait olma veya bağlanma yoluyla insanlar tarafından tutulan bir duygu veya algıyı ifade eder. İstasyonlar ve içinde bulundukları kentsel ortam, birçok farklı kullanıcı için birçok farklı anlam ifade eder. İyi tasarımın, bu algıları, herkes için olumlu bir yer duygusu aşlamak için alanı korumak ve nihayetinde geliştirmek için kullanması önemlidir. Görsel 3.25’te “Kungsträdgården” isimli metro istasyonunun anlamı “Kralın Bahçesi” olarak bilinmektedir. İsveç’in Stockholm kentinde arkeolojik kazılar sonucunda buluntular ile tasarlanan bir istasyondur (Arapgirlioğlu, 2021).



Görsel 3.25. İstasyon Tasarımında Kentsel Doku, Stockholm, İsveç (Brandlife, 2017)

3.2.4. Aydınlatma

İstasyon mimarisiyle bütünleşen aydınlatma, raylı sistem istasyonlarında oldukça önemlidir. Aydınlatma sistemleri, mimari koşullara uygun olarak tasarlanmalı ve istasyonun diğer elemanlarıyla uyumlu olacak şekilde koordine edilmelidir. Bu sistemler hem aydınlatma hem de güvenlik hissi yaratırken aynı zamanda dayanıklı, enerji tasarruflu ve bakımı kolay olmalıdır. Aydınlatma stratejisi, doğal ve yapay ışığı bir araya getirerek, inşa edilen yapının işlevsel ve sürdürülebilir tasarım unsurlarının görsel olarak vurgulanmasını sağlamalıdır. Yapı malzemelerinin yansıtma özellikleri kullanılarak, gece ve gündüz farklı ışık koşulları yaratmak mümkün olmalıdır. Bu sayede, istasyonlarda etkileyici bir atmosfer yaratılabilir ve kullanıcıların keyifli bir seyahat deneyimi yaşamaları sağlanabilir.

Işıklandırma, raylı sistem istasyonlarında yolcuların giriş ve çıkış yaparken gözlerinin alışma sürecini mümkün olduğunca kısaltacak şekilde tasarlanmalıdır. Gün ışığından yapay ışık düzenine geçişte, aydınlatmanın yavaş ve hissettirmeden artması sağlanmalıdır. Yapay aydınlatma, Görsel 3.26'da görüldüğü gibi parlak ve sıcak bir atmosfer yaratmak için tasarlanmalıdır. Bu sayede, yolcuların istasyonlarda daha rahat ve keyifli bir seyahat deneyimi yaşamaları sağlanabilir.

Umuma açık alanların yeterince aydınlatılacak ve yeterli acil durum aydınlatması sağlanarak yolcu emniyetine katkıda bulunmalıdır. İstasyon içerisinde kör noktalar olarak tabir edilen bölgeler özellikle vurgulanmalıdır (Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü, 2019).

Yeraltı istasyonlarının doğal karanlık alanları, karakteristik bir aydınlatma tasarımı için fırsat olabilir ve aşağıda belirtilen özellikleri sağlayabilir:

- Kullanıcıların kendilerini daha güvende ve olumlu hissetmelerini sağlayabilir,
- Mekân kalitesini arttırabilir,
- Pekiştiren ve vurgulayan özellik içerir,
- Yönlendirmeye yardımcı olur.



Görsel 3.26. İstasyon Tasarımında Aydınlatma, Moskova, Rusya (Seetao, 2017)

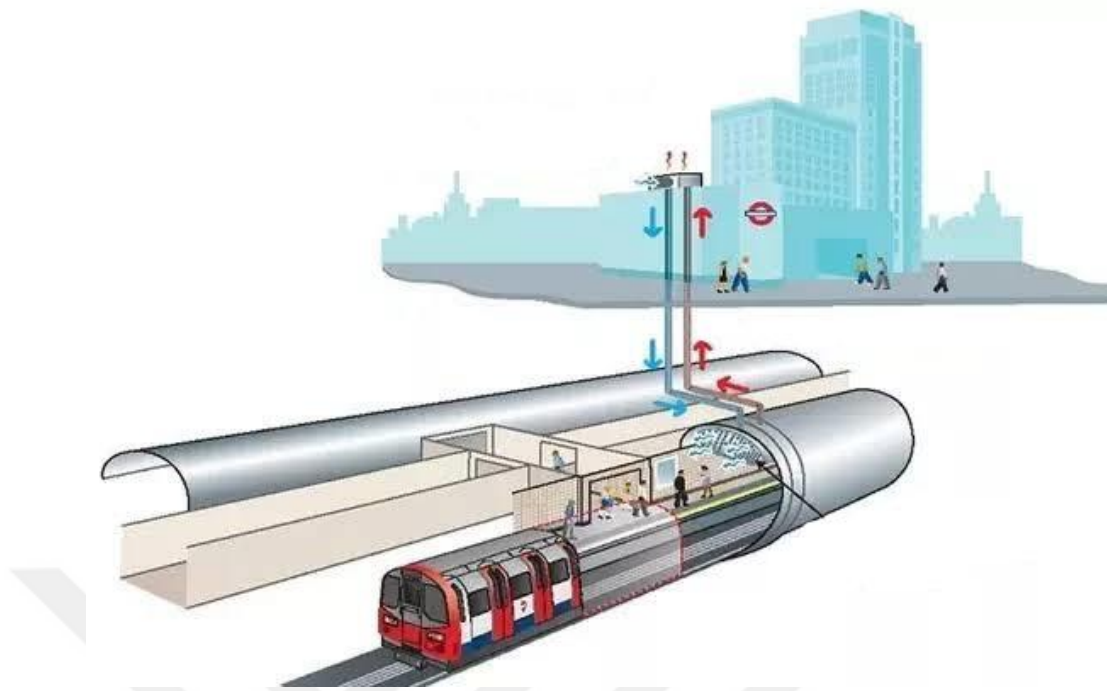
Yüzeydeki peronlarda ise canlılık ve karakter getirilmesi için aydınlatmadan faydalanılmalıdır. Kapalı istasyon aydınlatması ile aynı kurallar uygulanmalı ancak mümkün olan her yerde gün ışığının kullanımı arttırılmalıdır. Aydınlatma, nicel olmaktan çok nitel olarak düşünülmeli ve aşırı derecede kullanılmamalıdır. Bir alanın gereksiz şekilde aşırı aydınlık olması yolcular açısından rahatsız edici ve zorlayıcı olabilmektedir (Demirdağ, 2020).

3.2.5. Havalandırma

Havalandırma sistemleri, yeraltı raylı veya metro sistemleri için yangın-yaşam güvenliği sistemlerinin ayrılmaz bir parçasını oluşturur. Eski sistemler için ekipmanın durumunu değerlendirmek ve günümüz standartlarını karşılamaya çalışmak için performansı iyileştirme veya yükseltme seçeneklerini değerlendirmek gerekir. Mevcut bir sistemde günümüz standartlarını karşılamak her zaman mümkün değildir ve bu nedenle bir metro havalandırma sisteminin rehabilitasyonu için en iyi seçeneğin belirlenmesine yönelik bir yaklaşımın vagon yangın özelliklerini, CFD ve çıkış analizini ve risk analizini birleştirmesi gerekir. Mevcut raylı sistemler büyük ve karmaşık sistemlerdir ve tüm faktörlerin tam bir nicel değerlendirmesi çok önemli bir girişim olacaktır. Bu nedenle, süreci basitleştirmek ve aynı zamanda bilinçli kararlar almak için anlamlı veriler sağlamak amacıyla bir yöntem geliştirilmiştir (Bilson, ve diğerleri, 2018). Yöntem aşağıdaki adımları içermektedir:

1. Mevcut sistem performansının karakterize edilmesi (tasarım yangın ve havalandırma sistemi etkinlik).
2. İyileştirme seçeneklerini değerlendirin. Bu, ekstra havalandırma kapasitesi, çıkış iyileştirmesi, operasyonel değişiklikler veya yangın önleme tedbirlerini içerebilir.
3. Bilinçli karar verme için bir çerçeve sağlamak üzere risk değerlendirmesi yapmak.

Yer altı istasyonları için; tahliye havalandırma çıkışları (Görsel 3.27), acil kaçış merdiven konumları, müdahale merdiveni erişim konumları ve demiryolunun operasyonları sürdürebilmesi için gece gündüz tüm operasyonel ekipmana erişim ihtiyacı açısından tasarımda özel dikkat gerekmektedir. Egzoz havalandırma çıkışlarının bitişikteki mülklere yakınlığı ve bu tesislerin işletilmesinden kaynaklanan gürültünün hassasiyeti, bunları istasyon bölgesi içinde tasarlarken ve yerleştirirken dikkate alınmalıdır.



Görsel 3.27. Yeraltı İstasyon Tasarımında Havalandırma Sistemi, Londra, İngiltere (Tunnel Talk, 2012)

3.2.6. Sanatsal Çalışmalar

Kent içi raylı ulaşım istasyonlarında mekân sistemi sadece bir transit mekân değildir, aynı zamanda kültürel aktarım için bir alan, tarih, gösteri ve sanatsal entegrasyon olmaktadır. Raylı sistem alanlarının çoğu, eksik sanatsal tasarım, tek tip dekorasyon stiline sahiptir. Tonsuz iç ortam ve yenilikçi olmayan form tasarımları; kamusal alanlarda tahsis edilen sanat projelerinde çoğunlukla stil ve renk açısından mekanları dekore edememektedir. İşaret sistemleri, sistematik olmayan bir renk uygulaması yerine algısal ve kapsamlı bir renk kullanımına ihtiyaç duyar. Belirsiz işaretler, yolcuların hızlı bir şekilde tanımasını zorlaştırır (Chen & Wang, 2015).

“Demiryolu Katedrali” olarak bilinen Belçika'nın cam ve mermer kütlesi Antwerp istasyonu, dikkat çeken birçok özelliğe sahiptir. Kemerli bir kubbe, demir tonozlu tavan, dramatik merdiven, tek renkli zemin ve elmas galeri sanatın raylı sistemlerle bütünleşmesini sağlamaktadır (Görsel 3.28).



Görsel 3.28. *İstasyon Tasarımında Sanatsal Çalışmalar, Belçika (Rail Europe, 2013)*

Görsel 3.29’te sadece titanyum, çelik ve cam malzemeleri kullanılarak uzay gemisi şeklinde tasarlanan Singapur’un “Expo MRT” istasyonu görülmektedir.



Görsel 3.29. *İstasyon Tasarımında Sanatsal Çalışmalar, Singapur (Skyscrapercity, 2017)*

Stockholm metro sistemi, dünyanın en büyük sanat galerilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Toplamda, kalıcı ve geçici sergiler dahil olmak üzere 140'tan fazla sanatçının eseri sergilenmektedir. Sistemin merkezinde, T-Centralen istasyonu, üç hattın kesiştiği yerdir. İstasyon, 1970 yılında boyanmış ve mozaiklerle dekore edilmiş rustik kemerler ve sütunlarla çevrilidir. Duvarlar, mavi ve beyaz desenlerle süslenmiştir (Mapa Metro, 2010).



Görsel 3.30. İstasyon Tasarımında Sanatsal Çalışmalar, İsveç (Sygic Travel, 2020)

3.2.7. Engellilere Yönelik Tasarımlar

İstasyonlar, hareket kabiliyeti kısıtlı ve diğer engelli kullanıcılarda dahil olmak üzere tüm kullanıcılara eşit erişim sağlamak için geçerli standartlar dahilinde tasarlanmalıdır (Auckland Transport, 2022). Engellilere yönelik bazı kriterler aşağıda verilmiştir.

- Yolcu alanı, planlama gereksinimlerinde tanımlandığı gibi, istasyon bileşenlerinin önünde açık zemin bölgeleri ve sürekli akışlar sağlanmalıdır.
- İşitme engelli yolculara yardımcı olmak için müşteri hizmetleri merkezinde bu konuda eğitim almış personeller olmalıdır.
- İstasyonların ortak alanlarındaki malzemeler, yüzeyler arasındaki ton kontrastları, kapılar, zeminler ve duvarlar arasındaki bağlantılar engelli kullanıcılara yardımcı olmak için planlanmalıdır. Potansiyel takılma tehlikesi oluşturan bağlantılardan kaçınılmalıdır (Görsel 3.31).



Görsel 3.31. Engellilere Yönelik Zemin Kaplamaları, Rusya (Global Railway, 2021)

- Yolcu alma ve indirme noktaları, yatay-düşey dolaşım alanları, istasyon giriş ve çıkışları erişilebilir şekilde olmalıdır (Görsel 3.32).
- İstasyon girişlerinde görme engelli yolcular için istasyon yerleşimini anlatan Braille alfabesiyle hazırlanmış haritalar bulunmalıdır. Asansör kontrollerinde ve müşteri yardım noktası çağrı düğmelerinde Braille alfabesi kullanılmalıdır.
- Halka açık asansörler, hareket kabiliyeti kısıtlı arabaların yüklerini ve boyutlarını barındıracak şekilde tasarlanmalıdır (Auckland Transport, 2022).



Görsel 3.32. Engellilere Yönelik İstasyon Tasarımı, Singapur (Auckland Transport, 2022)

4. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM İSTASYONLARINDA TASARIM ÖLÇÜTLERİ

Kent içi raylı ulaşım sistemleri, şehirlerdeki en önemli toplu taşıma araçlarından biridir. Bu sistemler, yolcuların hızlı ve güvenli bir şekilde şehir içinde seyahat etmelerini sağlar. Kent içi raylı ulaşım sistemleri, metro, tramvay, hafif raylı sistemler ve monoray gibi farklı taşıma araçlarına hizmet veren istasyonlardan oluşur. Bu istasyonlar, yolcuların iniş ve binış yapabildiği duraklar olarak tanımlanabilir.

İstasyonların tasarımı, birçok faktöre bağlı olarak değişebilir. Ancak genel olarak, istasyonların erişilebilirlik, kapasite, güvenlik, konfor, tasarım ve estetik, iletişim özellikleri taşıması beklenir. İstasyonların yolcu trafiğine uygun bir şekilde tasarlanması, engelli yolcuların da rahatça kullanabileceği bir şekilde erişilebilir olması gereklidir.

İstasyon içindeki mekanlar arasında, bilet katı, peronlar, merdivenler ve asansörler gibi yatay ve dikey dolaşım alanları yer alır. Bilet katı, yolcuların bilet alabileceği, güzergâh bilgilerini alabileceği, yolculukları hakkında bilgilendirilebilecekleri ve şarj istasyonlarından faydalanabilecekleri bir alan olarak tasarlanır. Yolcuların bilet alma işlemlerini hızlandırmak için, otomatik bilet satış makineleri ve temassız ödeme sistemleri gibi modern teknolojiler de kullanılabilir.

Peronlar, trenlerin durduğu ve yolcuların iniş-biniş yaptığı alanlardır. Bu alanlar, yoğun saatlerde çok sayıda yolcunun iniş-biniş yapabileceği ve rahatça hareket edebileceği bir kapasiteye sahip olması önemlidir. Peronlarda yolcuların güvenliği için, peron kenarlarına düşmelerini engelleyen bariyerler bulunabilir. Ayrıca, peronlarda trenlerin hangi yöne gideceği gibi bilgileri gösteren görsel yönlendirmeler ve bilgilendirme sistemleri de yer alır.

Yolcuların istasyon içindeki mekanlar arasında kolayca hareket edebilmeleri için merdivenler ve asansörler tasarlanır. Merdivenler, yüksek yoğunluklu saatlerde bile rahatça hareket edebilecek kapasiteye sahip olmalıdır. Asansörler, engelli ve yaşlı yolcuların da rahatça hareket edebilmesini sağlamak için tasarlanır.

Tasarım ölçütleri, istasyonların işlevsel, güvenli, erişilebilir ve estetik açıdan uygun olmasını sağlar. Bunun yanı sıra, tasarım ölçütleri, yolcuların istasyonları kolayca bulmalarına ve istasyonlar arasında rahatça geçiş yapmalarına da yardımcı olur. Ayrıca, doğru bir tasarım, istasyonların işletme maliyetlerini düşürürken, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından da fayda sağlar.

4.1. Çevresel Planlama

Kent içi raylı ulaşım istasyonları ulaşımın doğası gereği insana ve dolayısıyla insan yoğunluğunun ulaşım maliyetlerini karşıladığı yerlere yapılmalıdır. Ulaşım sisteminin her bir istasyonunun hizmet alanının yüksek olması modun cazibesini arttıracığından dolayı “yüksek hizmet düzeyi” önemli bir hedeftir. Bu bölgeler ayrıca insanların yoğun yaşadığı, araçların sürekli trafikte olduğu ve yolcuların yaklaşımlarının etkili olduğu yerlerdir. Dolayısıyla;

- İstasyona özel aracıyla gelen yolcular için otoparklar tasarlanarak bu otoparkların istasyona bağlantısının sağlanması düşünülebilir.
- Otobüs gibi diğer toplu taşıma sistemlerine yönelik koridorlar (ara geçiş noktaları) oluşturulabilir.

Görsel 4.1’de gösterildiği gibi yaya sirkülasyon alanları proje aşamasında belirlenmeli ve araç giriş-çıkışları ile park alanları bu doğrultuda hazırlanmalıdır.



Görsel 4.1. Ormandaki Raylı Ulaşım İstasyonu Tasarımı, Jiading, Çin (World Architectures, 2021)

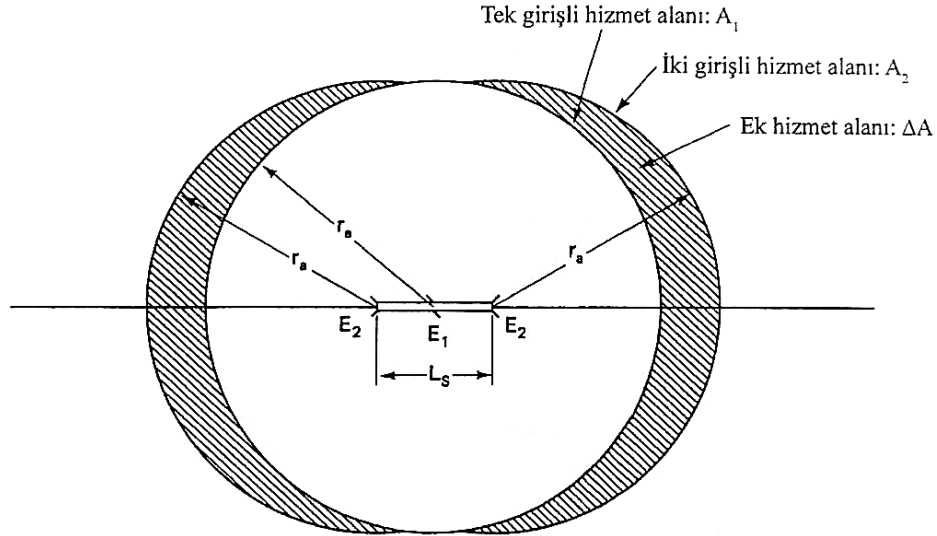
İstasyon girişlerinin sayısı ve yeri yolcular için uygunluğu ve ulaşım sisteminin komşu alanlarla ve binalarla entegrasyonunu doğrudan etkiler. Yolcular istasyon girişine geldiklerinde ulaşım sistemine eriştiklerini hissettiklerinden istasyon yerleşimi peronun her iki ucundan da girişe izin vermelidir. Bu tür bir yerleşim, tek girişli yerleşimle kıyaslandığında Şekil 4.1’te de gösterildiği gibi etkin bir şekilde daha fazla alanın kapsanması ile sonuçlanır. Bir ve iki girişli hizmet alanları sırasıyla aşağıdaki formüller ile bulunmaktadır.

$$A_1 = r_a^2 \pi \quad \text{ve} \quad A_2 = r_a^2 \pi + 2r_a L_s \quad (4.1)$$

Formülde, r_a hizmet alanı yarıçapı ve L_s istasyon uzunluğudur. Alanlar arasındaki fark ise aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta A = A_2 - A_1 = 2r_a L_s \quad (4.2)$$

Her iki durumda da istasyonların erişilebilirliğini ve yolcu hareketliliğini optimize etmek için tasarlanmıştır. Birden fazla girişli istasyonlar, genellikle daha fazla kullanıcıyı daha etkili bir şekilde yönetmek ve yolcuların hızlı bir şekilde istasyona giriş yapmalarını sağlamak için tercih edilir. Ancak, tek girişli istasyonlar da belirli bölgelerde işlevsel olabilir ve istasyonun ihtiyaçlarına uygun olabilir. Bu şekilde, raylı ulaşım sistemleri, kullanıcılar için daha rahat ve verimli bir deneyim sunabilir ve şehirlerin toplu taşıma hizmetlerini daha etkin bir şekilde yönetmelerine yardımcı olabilir.



Şekil 4.1. Bir ve İki Girişli İstasyonların Hizmet Alanlarının Karşılaştırılması (R. Vuchic, 2015)

Yolcu sirkülasyonları, istasyona rahatlıkla varabilecek şekilde ve istasyona giriş noktaları çevresel faktörler ile birlikte tasarlanmalıdır. Bu çevresel faktörlerden bazıları aşağıda verilmiştir.

- İklim şartları (yağışlı, sıcak, soğuk vb.)
- Arazinin durumu (eğimli, düz, engebeli vb.)
- Altyapı verileri (haberleşme, doğalgaz, kanalizasyon hatları vb.)
- İmar planları (kamuya ait veriler, kadastral planlar, halihazır haritalar vb.)
- Mevcut trafik analizi (yolcu ve araç sayımları, sinyalizasyon verileri vb.)

Çevre ile uyumlu şekilde planlanan istasyonlar (Görsel 4.2), kentin mimari tasarım anlayışına hitap etmeli ve kullanıcıların alışkanlıklarıyla bütünleşmelidir. İleriye yönelik analizlerin doğru şekilde yapılarak çevresel bağlamda istasyonların gelişebilmesi öngörülmelidir. Tasarım aşaması sonrası yapım aşaması esnasında ortaya çıkabilecek arkeolojik ve sit alanlarına dikkat edilmelidir. İstasyonu kullanacak engelli yolcuların perona kolaylıkla ulaşabilmeleri için rampa, yürüyen merdiven, asansör ve zemin üzeri işaretleme yapılmalı ve yapım tarihinde yürürlükte olan standartlara uyulmalıdır (Yüksel Proje, 2007).



Görsel 4.2. Raylı Ulaşım İstasyonu Çevresel Planlaması, Ghaziabad, Hindistan (Hindustan Times, 2021)

4.2. Mekânsal Organizasyon

Kent içi raylı ulaşım istasyonlarında mekân, yolcuların faydalanabileceği alanı tanımlar. Bu durum kullanıcıların aktivitelerine ve ihtiyaçlarına göre şekillenebilmektedir. Kent içerisinde projelendirilen istasyonlar kısa mesafeli yolculuklara hitap etmektedir ve dolayısıyla şehirlerarası istasyonlara göre yolcuların bekleme süreleri daha kısadır.

Oturma grupları, yemek alanları, tuvalet gibi ihtiyaçların karşılanacağı bölümler kent içi raylı ulaşım hizmet eden istasyonlarda yolcu kapasitesine bağlı olarak daha sınırlıdır. Görsel 4.3’de kent içi raylı ulaşımında yer üstü istasyon projesine ait bir peron yapısı ve buna bağlı mekân tasarımı görülmektedir. İşletme, güvenlik, mekanik ekipman deposu gibi alanlar istasyon ihtiyacına göre belirlenmelidir. Yolcuların istasyon içerisinde dolaşım sıralaması aşağıda verilmiştir.

1. İstasyon girişı
2. Bekleme alanı
3. Bilet gişesi veya turnikeler
4. Yatay ve düşey dolaşımlar alanları
5. Peron
6. İstasyon çıkışı

Raylı ulaşım istasyon planları genellikle karmaşık şekilde tasarlanır, yolcunun araca ulaşması bazen uzun ve karışık bir sirkülasyon sonucunda olur. Mekân organizasyonunda emniyetli, güvenilir ve rahat bir uygulama ortamı yaratılmadığında, ortam şartları kullanıcılarda ruhsal ve fiziksel dezavantajlar oluşturabilir. Olumsuz bu etkiler, kent içi raylı ulaşım istasyonlarında mekân tasarımı kriterlerine bağlı kalınarak önlenabilir veya azaltılabilir (Maden Aktop & Avlar , 2017).



Görsel 4.3. *Sürdürülebilir Bileşenlerin Platform Gösterimi, Konsept Tasarım (Chapman Taylor, 2020)*

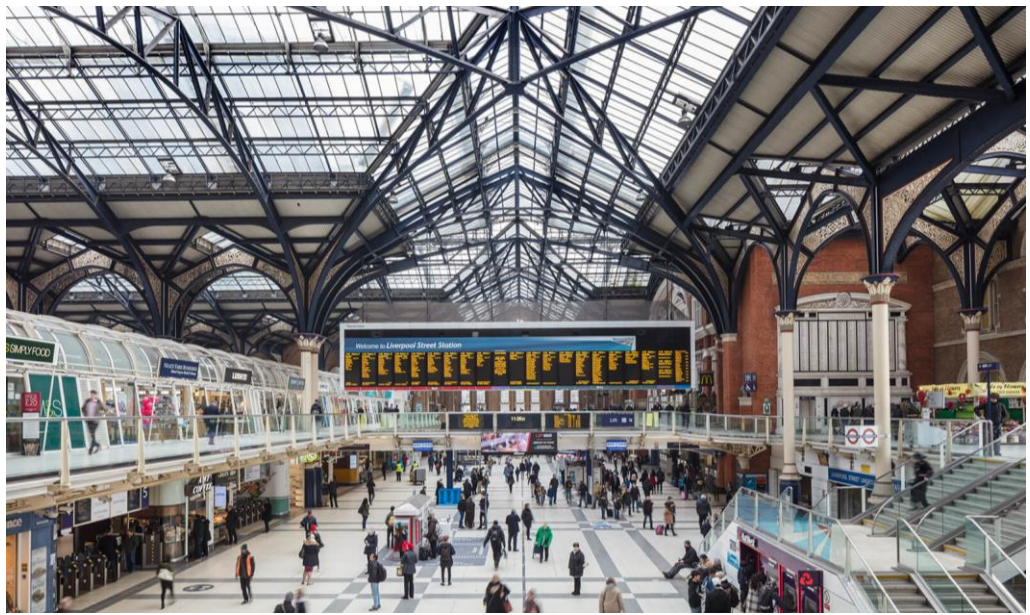
Yolcuların istasyon içerisine girdiği andan itibaren gideceği alana yönelik yönlendirmeler sağlanmalıdır. Yolcu sirkülasyonu sürekli olarak sağ taraftan olmalıdır. Yolcunun konforlu bir şekilde vakit kaybetmeden ilerlemesi adına mekânsal düzenlemeler ve bu konuda ileriye yönelik geliştirmeler yapılmalıdır.



Görsel 4.4. *Raylı Ulaşım İstasyonlarında Mekânsal Organizasyon, San Francisco, Amerika (Market Street Railway, 2021)*

4.3. Bilet Holü (Konkors Kat)

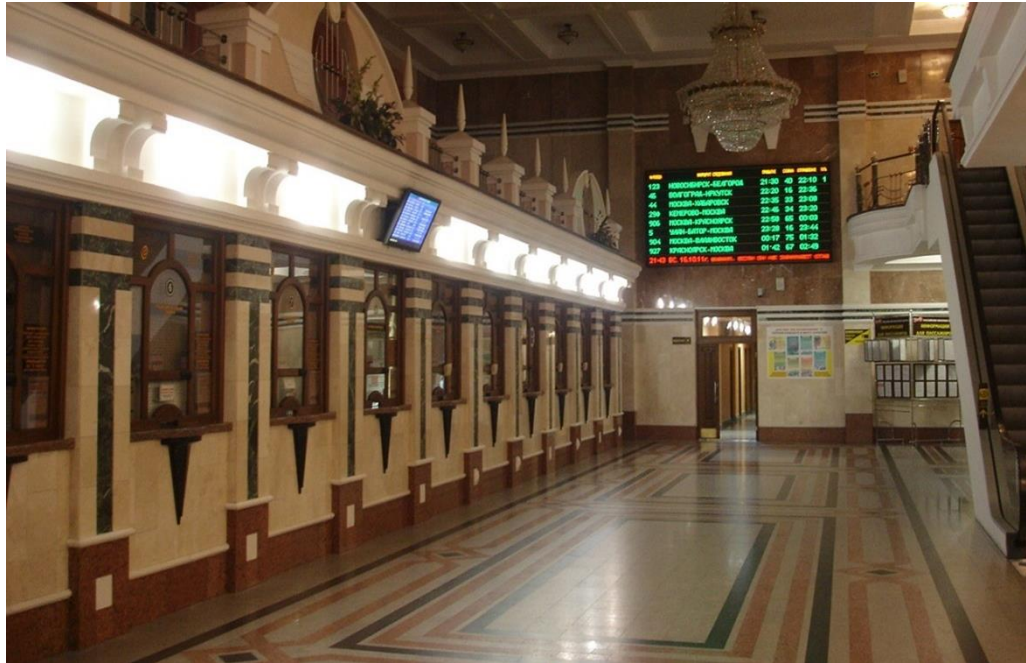
Yolcuların kent içi raylı ulaşım istasyonlarında peron ve dolaşım yolları haricindeki çeşitli istasyon aktivitelerini barındıran alan bilet holü veya bir diğer ismiyle konkors alanı olarak tanımlanmaktadır (Görsel 4.5). Bilet holü, istasyonun diğer alanlarına ve tesislere erişimi sağlar. İşletme saatleri dışında ise genellikle erişimi denetimlidir. Raylı sistem istasyonları içerisindeki konkors katları, yoğunluk nedeniyle en önemli noktalardan biridir. Bu katlar, istasyonlardaki ana geçiş noktalarıdır ve yolcuların trenler arasında geçiş yapması veya farklı hatlara yönelmesi için kullanılmaktadır (R. Vuchic, 2015).



Görsel 4.5. *Raylı Ulaşım İstasyonu Bilet Holü, Liverpool, İngiltere (Network Rail, 2021)*

Konkors katları, genellikle çok sayıda insanın aynı anda hareket etmesi nedeniyle kalabalık olabilmektedir. Bu nedenle, istasyonların tasarımı ve yönetimi, insan trafiğini daha verimli hale getirmek için dikkatle planlanmaktadır. İstasyonlarda geniş ve rahat yürüme alanları, merdivenler, yürüyen merdivenler ve asansörler gibi ulaşım araçları mevcuttur. Ayrıca, yolcuların yönlerini belirlemesi için işaretlemeler ve haritalar da sunulmaktadır. Ancak, bazı raylı sistem istasyonları içerisindeki konkors katları (Görsel 4.6), özellikle eski istasyonlarda, yeterli alanı sağlamakta zorluk çekebilmektedir. Bu durum, yoğun saatlerde istasyonların tıkanmasına ve insanların güçlüklerle ilerlemesine neden olabilmektedir. Bu sorunun çözümü için bazı istasyonlarda yenileme çalışmaları yapılırken, bazıları ise yeni istasyonlar inşa ederek daha verimli bir sisteme geçmeye çalışmaktadır. Bilet holü içerisinde istasyonun kapasite ve büyüklüğüne göre aşağıda verilen alanlar bulunabilir.

- İstasyon girişi, bilet gişeleri/turnikeler
- Banka/ATM
- Perona erişim
- Yolcu tuvaletleri, mescit ve abdest alma yeri
- Bebek bakım odası
- İlk yardım odası
- Teknik alanlar ve işletme personel mahalleri



Görsel 4.6. Raylı Ulaşım İstasyonu Konkors Katı, Omsk, Rusya (Vikipedi, 2020)

İstasyon bilet holü içerisinde yolcunun bilgilendirilebileceği danışma ve telefonlar yer almalıdır. Bu telefonlar yolcunun ihtiyacına yönelik veya acil durumlarda itfaiye, polis, güvenlik gibi birimlerle görüşülebilmesi adına kullanıma açık olmalıdır. Yolcular tarafından yanlış ve gereksiz kullanımları engellemek adına önlemler alınmalıdır. İstasyon bilet holleri, istasyona ait diğer alanlara kıyasla daha fazla genel izlenimi belirleyen bölüm ve yolcuyu karşılayan, ihtiyaçlarına cevap veren mahal olarak algılanmaktadır. İstasyon yapısının özel konum ve şartlarına göre değişkenlik gösterme olasılığıyla bilet holü bileşenleri uygulama standartlarına uygun şekilde tasarlanmalıdır (Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü, 2019).

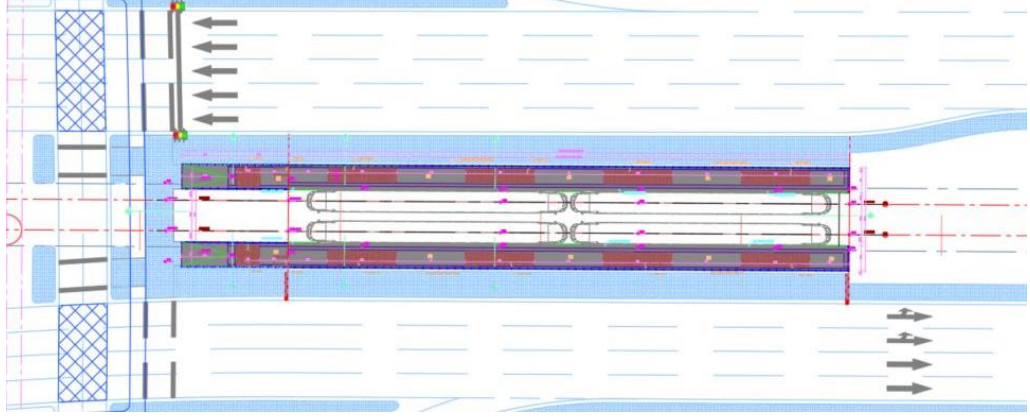
4.4. Peron

Peron, istasyonlardaki yolcuların, trene binmek için beklediği, trene binip indiği, raylardan vagon kapıları seviyesine kadar yükseltilmiş bölümdür. Peronların tasarımı, kolay erişim, giriş çıkışlarının uygunluğu ve açık bir görüş hattı gibi özellikleri desteklemelidir. İstasyonlar, kenar peron (Görsel 4.7) ve orta peron olmak üzere iki temel peron biçimiyle veya bunların ikiden fazla hat için farklı biçimlerde (iki farklı kotta, farklı şekilde yan yana birleşimiyle) projelendirilebilir.

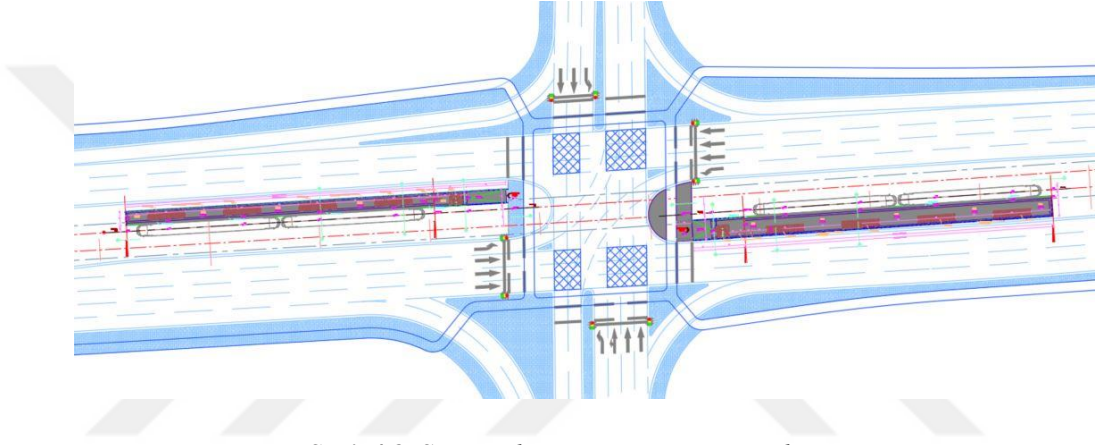


Görsel 4.7. Karşılıklı Kenar Peron Görünümü, Westwood, Amerika (Boston Globe, 2015)

Kenar peron; her biri ayrı ayrı hatlara hizmet vermek üzere, karşılıklı veya karayolu kavşak bölgelerinde şaşırtmalı (aralarında mesafe olacak şekilde) inşa edilmiş, yolcu trafik yoğunluğuna ve araç dizisine bağlı olarak değişen genişlikte ve uzunlukta tasarlanmış perondur. Şekil 4.2’de kent içi raylı sistem türlerinden tramvay sistemine ait yer üstünde tasarlanan karşılıklı kenar peron örneğini, Şekil 4.3’de ise şaşırtmalı kenar peron örnekleri görülmektedir.



Şekil 4.2. Karşılıklı Kenar Peron Vaziyet Planı



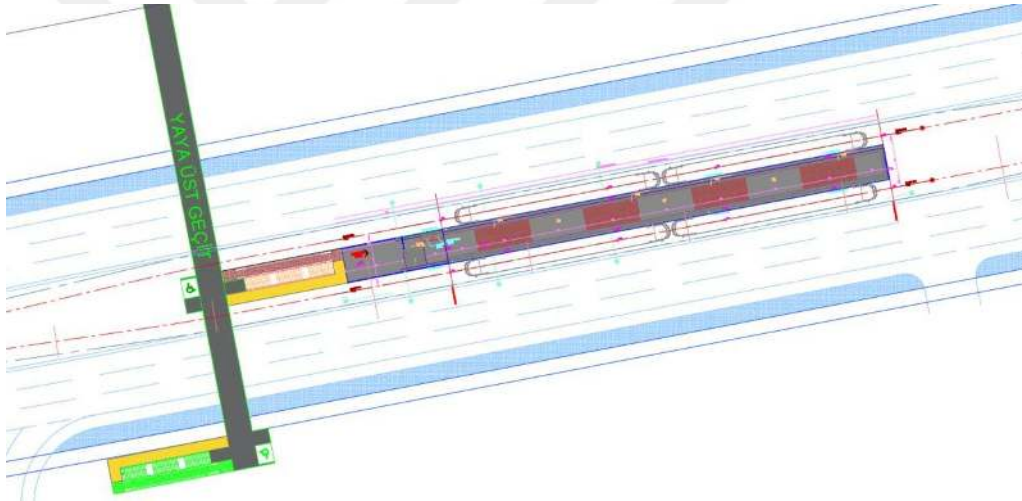
Şekil 4.3. Şaşırtmalı Kenar Peron Vaziyet Planı

Orta peron; her iki yanındaki hatlara hizmet veren, iki hat arasındaki tek perondur. Yolcu trafik yoğunluğuna ve araç dizisine bağlı olarak değişen genişlikte ve uzunlukta tasarlanır. Yer üstü orta peron yapılarına yolcu erişimi alt geçit, üst geçit veya sinyalizasyon ile karayolu trafiği durdurularak sağlanmaktadır. Tramvay sistemi üst geçit ile bağlantılı orta peron örneği Şekil 4.4’te görülmektedir. Örnekteki gibi üst geçit ile yolcu sirkülasyonunun sağlandığı tasarımlarda asansör, yürüyen merdiven gibi yapılar standartlar gereğince tasarıma eklenmektedir. Orta peronları olan ulaşım sistemi yan peronları olanlarla karşılaştırıldığında aşağıdaki özellikleri gösterir (R. Vuchic, 2015):

- Daha dar peron genişliği merkezi peron genellikle bir yöndeki zirve hacimler artı ters akış yönündeki zirve hacimlere hizmet etmek için tasarlanırken her yanal peron kendi zirve saat hacmine göre tasarlanmalıdır. Bu durum, şehir merkezindeki istasyonlardan çok dışarıda kalan istasyonlar için geçerlidir.
- Her iki yön için tek bir tesis kullanılabilir Yürüyen merdivenler, asansörler, ışıklandırma, bilgilendirme panelleri ve benzeri tesisler dikkate alındığında yatırım ve işletme maliyetlerinde çok önemli tasarruflar sağlanabilir.

- Tek kişi ya da tek TV kamerası ile daha kolay denetim mümkündür.
- Yolcular, hata yaptıklarında başka ücret ödemeksizin ters yönde yolculuk yapabilir.
- Her iki hat da güzergâhta istasyona yaklaşılan kısımlarda tünelin genişletilmesini gerektiren “çift S” kurplarına ihtiyaç duyduğundan inşaat maliyetleri daha yüksektir. Kurplar yolculuk konforunu hafif olarak etkiler lakin hızları etkilemez.
- Büyük olasılıkla tren yönleri konusunda yolcuların kafası daha çok karışabilir.
- İşletme ya da ücret toplama amacıyla gerekli olduğu durumlarda yolcuların hangi yönde ne hacimde gittiğini ayırıştırmak imkansızdır.

Her iki peron tipinin avantajları ve dezavantajları vardır ve seçim, istasyonun özellikleri, yolcu yoğunluğu, hat düzenlemeleri ve diğeri faktörler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. İstasyon ve ulaşım ağı ihtiyaçlarına bağılı olarak kenar peronlar, orta peronlar veya her ikisinin kombinasyonu tercih edilebilir.



Şekil 4.4. Orta Peron Vaziyet Planı

Peron yüksekliklerinin istasyon inşaat maliyetleri ve yer gereklilikleri ve bunların işletilmesi üzerinde büyük etkisi vardır. Geleneksel olarak, raylı ulaşım araçları başlıca alçak peronlu istasyonlar kullanarak basamaklı tramvaylar işletmiş, metro yüksek tabanlı araçlara ve yüksek peronlara sahip olmuş, bölgesel demiryolu ise her ikisini alçak ya da yüksek peronları ya da aynı hat boyunca bu ikisini birlikte kullanmıştır. Metro hatlarının bazı unsurlarını (yüksek peronlar gibi) kullanan hafif raylı sistem modunun geliştirilmesi, bölgesel demiryolu araç ve istasyon tasarımlarının farklılaşması ve hafif raylı sistem ve bölgesel demiryolu sistemlerinde son zamanlarda devreye alınan alçak tabanlı araçlar ile raylı ulaşım türleri artık araç taban yüksekliklerinin ve istasyon peron yüksekliklerinin pek çok kombinasyonunu sunmaktadır (R. Vuchic, 2015).

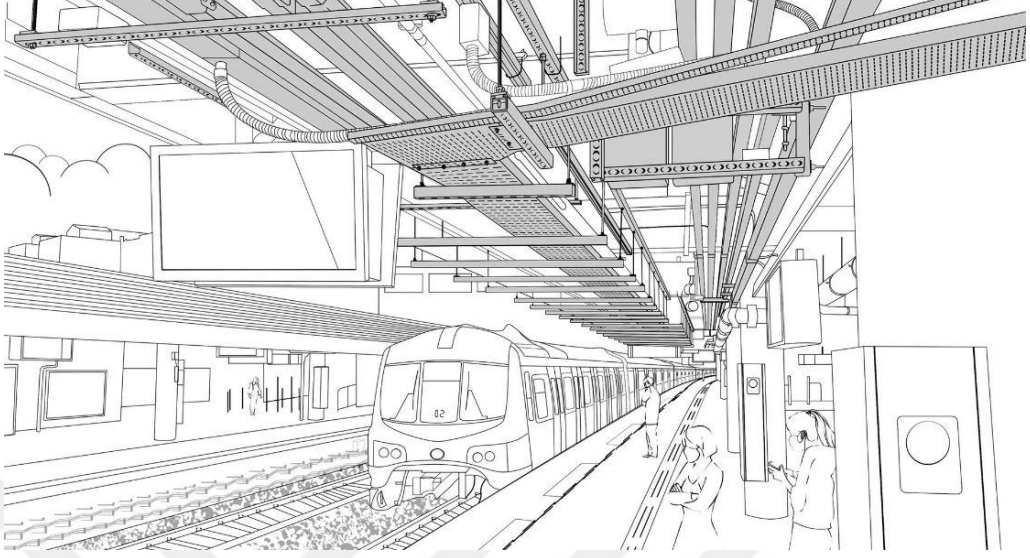
Peronlar, her biri kolaylıkla erişilebilen, ara kat veya konkors (bilet holü) katına bağlanan ve buradan dışarıya açılan güzergaha sahip olacak şekilde düzenlenmelidir. Peron katında, peronun her noktasından kolaylıkla görülebilen ve algılanabilen yönlendirme tabelaları, bilgilendirme ekranları, hat şemaları vb. elemanlar bulunmalıdır (Görsel 4.8).



Görsel 4.8. Orta Peron Görünümü, Washington, Amerika (Railway Technical, 2023)

İstasyon tasarımında, peron boyutları hedeflenen sene içerisinde zirve (pik) saat yolculuk verileri sonucunda yapılan kapasite analizlerine ve kullanılan araç boyuna göre hesaplanmaktadır (Şekil 4.5). Peronlar yolcu başına en az 0.50 m² alan sağlamak üzere uygulanacak standartlar esas alınarak tasarlanır ayrıca boyutların acil durum için yeterliliği kontrol edilip gerekmesi halinde önlemler alınır. Peron boyutlarını hesaplama formülü, hedef yılda pik saatteki inen-binen yolcu sayılarının (P) toplamına kaçan tren (K) yolcusunun eklenmesi ile bulunur. Peron genişliği (B) hesaplanırken, tren tarafındaki her bir uca 0,5 metre ilave edilir. Bu mesafenin eklenmesinin nedeni, peron kenarındaki emniyet bandının güvenlik nedeniyle yolcunun o bölgede beklemesini engellemesi gerekliliğidir. Bu tasarım ölçütü, yolcuların güvenliğini sağlamak için kritik bir öneme sahiptir. Peron uzunluğu (L) ise projenin işletme senaryosundaki araç dizisinin uzunluğuna ve teknik gerekliliklere göre belirlenmektedir. Sefer aralığı (F), aynı hatta ve aynı yönde hareket eden iki tren arasında, öndeki trenin sonu ile arkadaki trenin başı arasında olan süreye verilen isimdir (Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü, 2019). Orta peron uzunluğu boyunca devam eden peron genişliği aşağıdaki formülle (4.1) hesaplanır:

$$B = \left(\frac{P/60x Fx 0,5x 2(K)}{L} + 1 \right) m \quad (4.3)$$



Şekil 4.5. Bölgesel Demiryolu Üç Boyutlu Peron Görseli, Hong Kong, Çin (Revit, 2022)

Oturma yerleri peron giriş ve çıkışlarına 5m’den daha yakın mesafede olmamalıdır. Kenar peronda her hat için ayrı ayrı hesap yapılarak en büyük çıkan peron genişliğine göre tasarım yapılır. Görsel 4.9’da olduğu gibi peronda yeterli genişlikte yürüme alanları sağlanması, yolcuların güvenliği ve konforu açısından oldukça önemlidir (Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü, 2019)



Görsel 4.9. Bölgesel Demiryolu Peron Görünümü, Frankfurt, Almanya (Railway News, 2020)

4.5. Yatay ve Düşey Dolaşım Alanları

İstasyonlar kent içi raylı ulaşım sistemine göre tasarlanarak, geçitler, ara katlar, yürüyen merdivenler (Görsel 4.10), yürüyen bantlar, asansörler, merdivenler ve rampalar kullanarak yürüme mesafelerini mümkün olduğunca kısaltmalı ve hareket kısıtlılığı olan yolcuların erişilebilirliğini sağlamalıdır. Ayrıca istasyon içinde yol bulmayı kolaylaştırmak için uygun yönlendirme ve bilgilendirme elemanları kullanılmalıdır. İstasyon içerisinde tüm yollar yolcu sirkülasyonunu aksamaya uğratacak engellerden kurtarılmalı; çöp birikecek veya olası saklanma yerleri olabilecek alanlar oluşturmaktan kaçınılmalıdır. Katlar arası geçiş yöntemleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

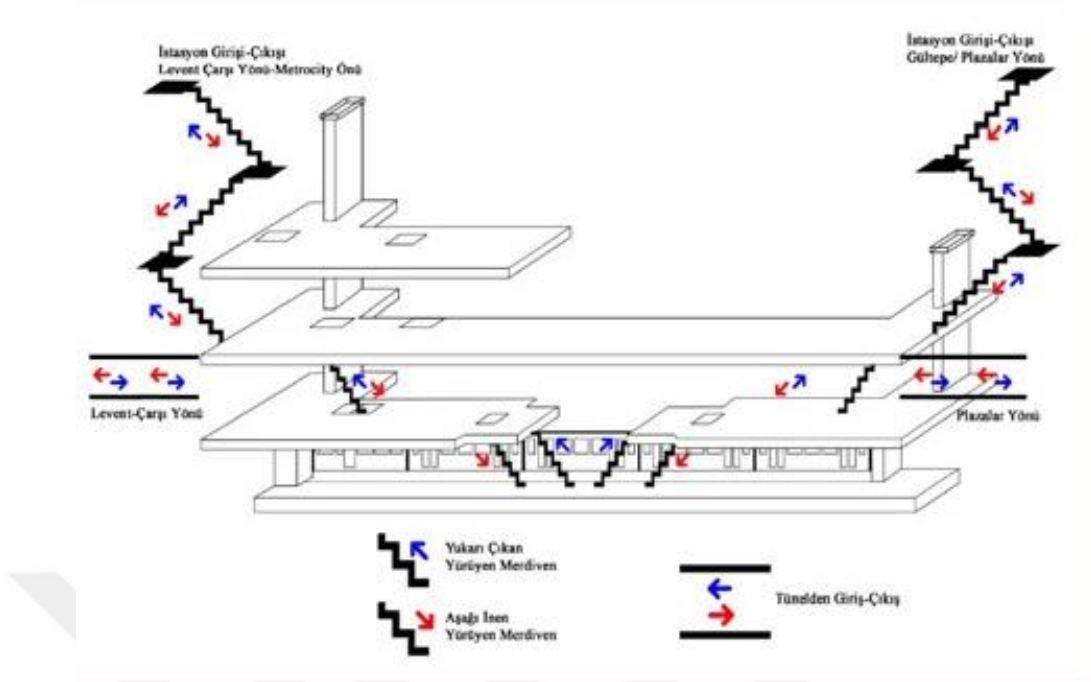
Tablo 4.1. Katlar Arası Düşey Dolaşım Alanlarında Geçiş Yöntemleri (Metro İstanbul, 2021)

Yükseklik (Kot) Farkları	Açıklama
0,5 metreden az ise	Rampa
0,5 metre ve üzeri ise	Merdiven (en az 3 basamak) / Yürüyen Merdiven/Asansör



Görsel 4.10. Paddington Metro İstasyonu Yatay-Düşey Dolaşım Alanları, Londra, İngiltere (Network Rail, 2022)

Yükseklik farkları arasında sabit merdiven planlanması durumunda her merdiven yanında iniş ve çıkış ayrı olacak şekilde birer adet yürüyen merdiven de planlanmalıdır. Yeni tasarlanacak olan istasyonlarda, yer üstü kotu ile kontrolsüz alan arasında en az bir adet “basamaksız erişim” ve kontrollü alan ile peron katı arasında yeniden bir adet “basamaksız erişim” yolu sağlanmalıdır. Basamaksız erişim; özellikle hareketi kısıtlı yolcuların merdiven ya da yürüyen merdiven kullanmalarına ihtiyaç olmaksızın, yol ile peron arasında rampa ve asansörlerle erişim sağlanabilen yapılardır. Görsel 4.11’de İstanbul’da bulunan Levent metro istasyonu içerisindeki yatay ve düşey sirkülasyon tasarımı görülmektedir.



Görsel 4.11. Levent Metro İstasyonu Yatay-Düşey Dolaşım Alanları, İstanbul, Türkiye (İTÜ, 2014)

Asansör, yürüyen merdiven veya yürüyen bant, istasyonun hiçbir bölgesi için tek başına erişim aracı olmamalıdır. Yangın ekipman sınırları üzerinde bulunan yangın kapıları, normal işletme durumundaki yolcu akışlarına engel olmamalıdır. Zıt yöndeki yolcu akış hatları, tüm istasyon genelinde mümkün olduğunca birbirinden ayrılmalıdır. Kör alanların, girintilerin, köşelerin, geniş sütunların ve yolcunun istasyon içerisindeki hareketini ve görüş alanını sınırlandıran diğer engellerin bulunduğu bölgelere konveks aynalar yerleştirilmelidir. Ortalama zirve dakika yolcu sayıları (P) kullanılarak yolcuların geçtiği alanlar (B) belirli hesaplamalar sonucunda boyutlandırılır ve aşağıdaki formül (4.2) ile belirlenir (Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü, 2019).

$$2B = \left(\frac{P}{40} \right) + (2 \times 0,3) m \quad (4.4)$$

Yukarıda verilen formül, geçidin her iki tarafında uygulanmak üzere 0,3m (kaba duvar hizasından) ölçüsünde pay bırakılacağını öngörmüştür. Bu ölçü, “kenar etkisi” olarak tanımlanmakta olup yolcuların geçiş yollarında duvar gibi katı sınırlara yaklaştıkça yavaşlama eğilimini engellemek amacıyla verilmiştir (Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü, 2019).

4.6. Merdivenler

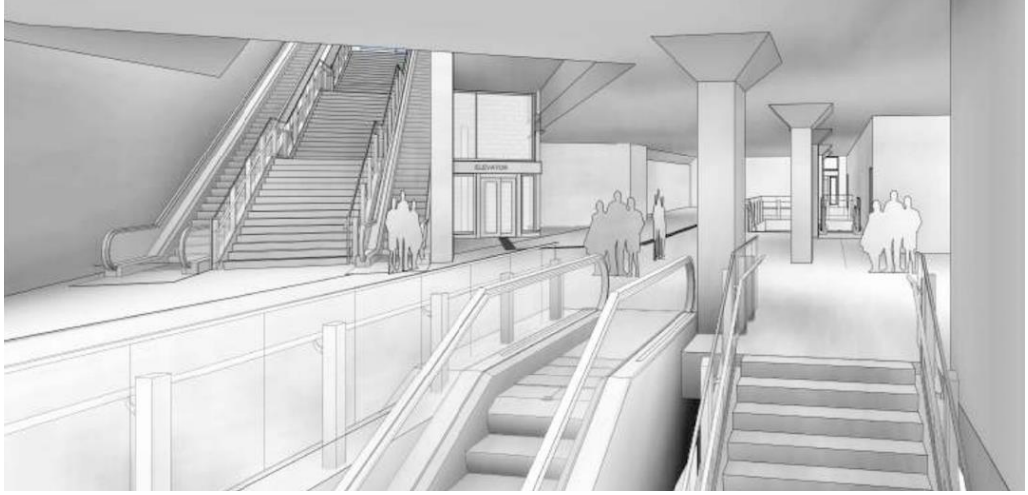
Merdivenler, kent içi raylı ulaşım istasyonlarında düşey dolaşımı sağlayan ana elemanlardan biridir. Merdivenlerde esas hedef istasyon yolcu yükünü karşılaması ve acil durumlarda bu yolcu yükünün üstüne çıkabilmesidir. Merdiven çevresinde özellikle yolcu sirkülasyonunu engelleyecek öğelerden kaçınılmalıdır. Merdiven boyutlandırılmalarında, 0,60 metre genişlik başına dakikada iniş yönünde 40 yolcu ve çıkış yönünde 35 yolcu esas alınmaktadır (TS 12127, 1997). Merdivenlerde yolcular kolları ve omuzları küpeşte (korkuluğun elle tutulan parçası) üzerine gelecek şekilde korkuluğa çok yakın hareket ettikleri için “kenar etkisi” hesaplanmaz. Ortalama zirve dakika yolcu sayısı kullanılarak iki yönlü merdiven genişlikleri (B) aşağıda verilen formül (4.3) ile hesaplanmaktadır (Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü, 2019):

$$B = \left(\frac{P}{35} \right) \times 0,6 \text{ m} \quad (4.5)$$

Çift yönlü merdivenler için genişlik minimum 1,8 metre olmalıdır. Merdiven genişliği 2,4 metreden fazla ise ortaya bir korkuluk konulmalıdır. Yer altında konumlandırılan derin istasyonlarda, yürüyen merdiven çıkış yüksekliği çok fazla ise, acil tahliye hesaplarının uygun olması ve idarenin onay vermesi şartıyla, sabit merdiven farklı bir alanda tasarlanabilir.

Basamaklar kaymayı önleyici ve mat malzemelerden yapılmalıdır. Aydınlatma koşullarına uygun renkte detay ve şeritlerin kullanımı ile her bir basamağın algılanması kolaylaştırılmalıdır. Göz kamaştırıcı yansımaları önlemek için doğal veya yapay aydınlatmada yansıma ve parlama etkisi yaratmayacak materyaller kullanılmalıdır (TS ISO 23599, 2012).

Merdivenlerin güvenliği için korkuluklar ve küpeşte önemlidir. Korkuluklar, merdivenlerin her iki tarafına yerleştirilmeli ve boşluğu olan tarafta bulunmalıdır (Görsel 4.12). Duvara yakın olan taraflara küpeşte yapılmalıdır. Küpeşteler, yeterli görsel kontrast içinde olmalı ve giysilerin takılmasını önleyecek şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca, kullanıcıların desteklenmesi ve yüklerin taşınması için yeterince sağlam ve duvara sabitlenmelidir.



Görsel 4.12. Sabit Merdivenler, Kolorado, Amerika (Daily Hive-Urbanized, 2022)

Derinliği çok fazla olan ve yüksek kapasiteli istasyonlarda sabit merdivenin kullanımı daha az olacağı için yürüyen merdivenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Görsel 4.13’da görüldüğü gibi yürüyen merdivenler herhangi bir sebepten ötürü kullanım dışı kalması durumunda sabit merdiven ihtiyacı doğabilir. İki veya daha fazla sayıda yürüyen merdivenin yanında en az 1,80 m genişliğinde sabit merdiven planlanmalıdır. Ayrıca ihtiyaç duyulması durumunda planlanan sabit merdiven yerine ek yürüyen merdivenler düşünülebilir. Yürüyen merdiven sayısı (M); zirve saatteki toplam iniş-biniş yapan yolcu sayısının (P), yürüyen merdivenin dakikada taşıyabileceği yolcu sayısına (C) bölünmesi ile bulunmaktadır. Gerekli formül (4.4) aşağıda verilmiştir (Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü, 2019).

$$M = \left(\frac{P}{C} \right) \quad (4.6)$$



Görsel 4.13. Yürüyen Merdivenler, Kolorado, Amerika (Daily Hive-Urbanized, 2022)

Ana amaçları “Basamaksız Erişimi” sağlayacak bir güzergah oluşturmak olan kent içi ulaşım projeleri planlanmaktadır. "Basamaksız erişim", engelliler ve hareketlilik zorluğu çeken kişiler gibi fiziksel sınırlılıkları olan bireylerin, raylı ulaşım sistemlerine rahatlıkla erişim sağlayabilmeleri anlamına gelir. Asansörler; istasyon çözümlerinde, gerekliliklerden ötürü (derinlik, yüzeydeki alan kısıtlılığı vb.) ana düşey dolaşım aracı olarak tercih edilebilir ancak hedef yıldaki pik saat yolcu sayısı için normal ve acil durum hesapları ve ilgili standartların gerekliliklerini sağlamak koşuluyla kullanılabilir. Asansörler, istasyon içerisinde net algılanabilecek şekilde konumlanmalı, merdivenlere mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Bekleme sürelerinin azaltılması amacıyla, asansörlerin grup olarak planlanması ve ayakta uzun süre bekleyemeyecek kullanıcılar için asansör yakınında oturma alanının bulunması tavsiye edilmektedir (Metro İstanbul, 2021).

Asansörlerin kapasitesi, kabin içerisindeki bilgi plakasında belirtilir. Bu sayı, kabin içindeki fiziki alan ihtiyacına göre hesaplanan kapasitesinden çok toplam ağırlık taşıma kapasitesini ifade etmektedir. Asansörün döngü süresi (F) kullanılarak asansör kapasitesinin (M) elde edildiği formül (4.5) aşağıdadır. Formülde asansör kapasitesi, doluluk oranı %70 düşünülerek hesaplanır (Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü, 2019).

$$P (1\text{saat}) = \left(\frac{60}{F (\text{dakika})} \right) \times P \quad (4.7)$$

Rampalar, kot seviyesindeki küçük değişiklikler için kullanılan ve özellikle “basamaksız erişim” sağlayan kullanışlı bir yöntemdir, ancak çok dik ya da çok uzun olmamalıdır.



Görsel 4.14. Merdivenler ve Asansörler, Boston, Amerika (Vikipedi, 2022)

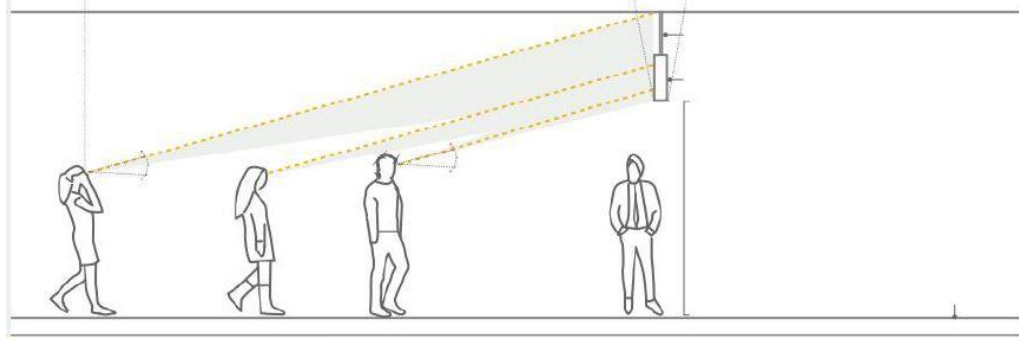
4.7. Yolcu Bilgilendirme Sistemleri

Yolcu bilgileri ve yön bulma için erişilebilir ve okunaklı tasarım ilkelerinin benimsenmesi, kullanımı kolay, minimum düzeyde işaret gerektiren ve çevresiyle bütünleşmiş mekânlar ortaya çıkaracaktır. Yolcu bilgilendirme sistemleri; istasyondaki yolcuların pozitif kalmasını, stresten uzak bir deneyim yaşamalarını sağlamaya yardımcı olan ve insanları istasyonda güvenli bir şekilde yönlendirmek için tutarlı bir şekilde olmalıdır.



Görsel 4.15. *Yolcu Bilgilendirme Ekranları*

Bilgi, konforlu bir yolcu deneyimi için temel bir gerekliliktir. Bilgilendirme ise demiryolu hizmetleri, istasyon ve tesis çalışma saatleri, yerel alan haritaları ve değişim modları gibi birden fazla kullanıma hizmet edebilir. İstasyon kullanıcılarının ihtiyaçlarını karşılamak için sesli, görsel ve dokunsal dahil olmak üzere tüm bilgilendirme çeşitleri yolcu bilgilendirme sistemleri içerisinde yer almaktadır. (Akabal, Masirin, Akasah, & Rohani, 2017) Yolcu bilgilendirme ekranları istasyon içerisinde yönlendirmeyi, yerel haritaları, diğer ulaşım modlarıyla (otobüs, feribot, taksi vb.) bağlantıları, tren sefer saatleri gibi birçok veriyi kapsamaktadır. İyi bir planlanmış yönlendirme ve bilgilendirme sistemi, istasyon içindeki yolcuların doğru yönleri bulmalarına ve seyahatlerini sorunsuz bir şekilde tamamlamalarına yardımcı olur. Görsel 4.16'te görüldüğü gibi, bu sistem aynı zamanda işletme personelinin danışma ihtiyacını azaltarak işletme verimliliği ve yolcu memnuniyetini artırır.



Görsel 4.16. *Yolcu Bilgilendirme Ekranları ve Danışma (Auckland Transport, 2022)*

4.8. Kapasite Hesabı

Kent içi raylı ulaşım istasyonlarının kapasitesi, istasyon tasarımı ve işletme yönetiminde referans sağlaması açısından büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, yolcu davranışları, istasyon yerleşimi ve tek bir istasyonun maksimum kapasitesi arasındaki karmaşık etkileşimi nedeniyle nicel hesaplamayı hızlı ve doğru bir şekilde yapmak zor olmaktadır (Huang, Zhou, & Xi, 2018).

Raylı ulaşım sistem türlerine göre istasyon ve hat kapasite hesaplamaları değişmektedir. Bu durum her raylı ulaşım sistemi için farklı analizler ortaya koyulmasına neden olur. Analizleri etkileyen unsurlar aşağıda verilmiştir.

- Taşıt boyutları
- Minimum sefer aralığı
- Maksimum sunulan hat kapasitesi
- İşletme hızı
- Verimli kapasite oranı

Verimli kapasite kullanımı dünya çapında kent içi raylı ulaşım sistemleri için kritik öneme sahiptir ancak literatürde kapsamlı bir araştırma bulunmamaktadır. Kapasite değerlendirme yöntemleri analitik, optimizasyon ve simülasyon olmak üzere 3 kategoride sınıflandırılmıştır. Analitik yöntemler, kapasitenin ne kadarının kullanıldığını belirlemek için zaman çizelgesini sıkıştıran yaklaşımlar içerir. Optimizasyon modelleri, raylı ulaşım ağının amaç fonksiyonlarını ve operasyonel kısıtlarını tanımlar. Bu modeller herhangi bir genel optimizasyon yazılımı ile tam olarak çözülebilir veya modelin boyutu büyükse sezgisel yöntemlerin uygulanması gerekir. Simülasyon yoluyla kapasite analizi çoğunlukla gerçek dünyadaki operasyonel koşulları taklit edebilen özel demiryolu yazılımları ile yapılmaktadır (Sameni & Moradi, 2022).

Acil durum kapasitesi, istasyon içerisinde veya raylı ulaşım aracında ortaya çıkan bir acil durum anında, yolcuların önce peronu daha sonra da istasyonu hızlı bir şekilde terk edebilmeli için önem teşkil etmektedir. Bu sebepten ötürü istasyon çıkışına kadar engelsiz ve güvenilir bir koridor oluşturulmalıdır. Peronlarda yeterli seviyede genişlik ve acil durum çıkışı bulunmalıdır (R. Vuchic, 2015).

4.8.1. Metro İstasyonlarında Kapasite Hesabı

Metro istasyonlarında, yapılan geleneksel tecrübelerden yararlanarak, yolcuların daha rahat ve güvenli bir seyahat yapmalarını sağlamak amacıyla çeşitli yardımcı bölümler yer almaktadır. Bu bölümler arasında, yolcuların treni beklediği platform alanı, bilet alım ve turnike geçişlerinin yapıldığı bilet holü katı, istasyonun elektromekanik ve personel mahalleri gibi teknik alanlar, düşey sirkülasyonu sağlayan merdiven grupları ve asansörler yer almaktadır. Bu sayede, yolcuların istasyon içerisinde daha kolay ve hızlı bir şekilde hareket etmeleri sağlanarak, seyahat deneyimleri daha keyifli hale getirilmektedir.

İstasyon peron kapasitesi, peronun 4 dakikada boşaltılması ve peronun en uzak noktasındaki yolcunun güvenli alana en fazla 6 dakika içinde kaçışını sağlayacak şekilde iki hesaba bağlı olarak yapılmaktadır. Peron kapasite hesabında ilk olarak, peron net alanının, normal ve acil durum yolcu yükü için yeterli olup olmadığına bakılmaktadır. Yolcu başına ayrılacak alanlar Tablo 4.2’de verilmiştir (NFPA 130, 2010).

Tablo 4.2. Peron Alanı Kapasite Hesabı-Katsayılar/Değerler (Metro İstanbul, 2021)

Kullanılan Değerler	Birim	Kapasite
Peron Kapasitesi (normal işletme)	m ² /kişi	0,5
Peron Kapasitesi (izdiham)	m ² /kişi	0,28

Peronların acil ve normal durum için yeterli büyüklükte tasarlandığı hesaplama ile teyit edildikten sonra, peron çıkışlarının kapasitesi değerlendirilmektedir. Acil durum yolcu yükü için yapılan çıkış kapasite hesabı normal işletme için de yeterli olmaktadır. Sonrasında, peron çıkışlarına yerleştirilen sabit merdiven, yürüyen merdiven, kapalı/korunaklı acil kaçış merdivenlerinin yeterli olup olmadığının hesabı yapılmaktadır. Düşey sirkülasyon elemanlarının yeterliliği için yapılacak hesapta kullanılacak değerler Tablo 4.3’de verilmiştir (Metro İstanbul, 2021).

Tablo 4.3. *Düşey Sirkülasyon Elemanları Kapasite Hesabı-Katsayılar/Değerler (Metro İstanbul, 2021)*

Kullanılan Değerler	Birim	Kapasite
Merdiven Kapasitesi (normal işletme yukarı)	kişi/0,60m-dk	35
Merdiven Kapasitesi (normal işletme aşağı)	kişi/0,60m-dk	40
Merdiven Kapasitesi (acil durum)	kişi/dk/m	56
Yürüyen Merdiven Kapasitesi (normal işletme-0,65m/sn)	kişi/dk-1m genişlik	120
Yürüyen Merdiven Kapasitesi (acil durum)	kişi/m-dk	75
Rampa (normal işletme)	kişi/m-dk	65
Rampa (acil durum)	kişi/m-dk	82

4 dakika hesabında, acil durum peron yolcu yükü, peron çıkış kapasitesine (düşey sirkülasyon elemanlarından bir dakikada geçen toplam kişi sayısı) bölünür ve elde edilen sonuç 4 dakikadan az olmalıdır. Sonucun 4 dakikadan fazla çıkması durumunda hareket analizi yapılarak mekanik tasarım ile yolcular için tehlikeli bir durumun oluşmadığı kanıtlanmaktadır (NFPA 130, 2010). Mekanik önlemlerin yetersiz olması durumunda ise, yangın kapısı veya duman perdesi gibi mimari önlemler ile, peronda güvenli alan tesis edilmelidir.

Tablo 4.4. *İstasyon İçin Mahallerde Yolcu Yürüme Hızları (Metro İstanbul, 2021)*

Kullanılan Değerler	Birim	Kapasite
Yürüme Hızı (peron-yatay) (acil durum)	m/dk	37,7
Yürüme Hızı (konkors-yatay) (acil durum)	m/dk	61
Yürüme Hızı (yukarı merdiven) (acil durum)	m/dk	14,6
Peron, Koridor ve Rampa Kapasitesi (acil durum)	kişi/dk/m	82
Kapı Geçiş Kapasitesi-Tek Kanat (acil durum)	kişi/dk	60
Kapı Geçiş Kapasitesi-Çift Kanat (acil durum)	kişi/dk	82

6 dakika hesabında ise, peronun en uzak noktasındaki yolcunun, kendine en yakın çıkışa yürüme süresi hesaplanmaktadır. İstasyonun belli bölgeleri için yürüme hızları Tablo 4.4'te verilmiştir. Peron çıkışlarında bekleme olup olmadığı da hesaplanarak, bekleme süreleri 6 dakika hesabına eklenmektedir (NFPA 130, 2010).

4.9. İstasyon Güvenliği

İstasyonlar, tüm alanlarda hareket eden personel ve yolcular için güvenlik hissi uyandıracak şekilde tasarlanmalıdır. Suçun önlenmesi belirtilen gerekliliklere uygun olarak yolcuların ve personelin kendilerini rahat hissedecekleri kişisel güvenlikleri açısından herhangi bir tehdit oluşturmayacak bir ortam yaratacaktır. İstenilen güvenlik

düzeyine ulaşabilmek için pratikte minimum düzeyde kontrol ve denetim gerektirecek şekilde altyapı oluşturularak gerçekleştirilmelidir.



Görsel 4.17. İstasyon Kontrol Odası, Seattle, Amerika (Seattle Transit Blog, 2007)

CCTV izleme ve kaydı, özel bir güvenlik yönetim merkezi, Görsel 4.17’de görülen istasyon kontrol odası gibi bölümler istasyon tasarımına dahil edilmelidir. İstasyon giriş ve çıkışlarına yönelik yollar güvenlik açısından konaklama yerlerine bitişik şekilde planlanmalıdır. İstasyon girişleri, istasyon kapalı iken yetkisiz erişimi engelleyecek şekilde tasarlanmalıdır (Chinese National Standard, 2015).

Herhangi bir kaza durumunda (yangın, zemin çökmesi, tren çarpması vb.), yolcu sirkülasyonunun en yoğun gerçekleştiği kısımlara panik butonu ve sesli ikaz gibi uyarıcılar yerleştirilmelidir.

4.10. Malzemeler ve Yüzeyler

Zeminler, duvarlar ve tavanlar için seçilen kaplama malzemeleri, istasyonun güvenliği, konforu ve estetiği açısından büyük önem taşımaktadır. Kaplama malzemeleri, dokuları, desenleri ve renkleri ile istasyonun mimari kimliğinin belirlenmesine yardımcı olur (Görsel 4.18). İstasyonların işletimi ve bakımı için az kaynak ve malzeme kullanımı tercih edilmelidir. Kaplama malzemeleri, dayanıklı, kolay bakım yapılabilir, çevre dostu, yangına karşı dayanıklı, ekonomik ve görsel açıdan estetik bir görünüme sahip olmalıdır.



Görsel 4.18. Örnek Malzeme Yüzeyleri, Lizbon, Portekiz (Portugalbside, 2017)

İstasyon içerisinde kullanılacak tüm malzeme ve ekipmanlar, standartlara uygun şekilde seçilmelidir. Malzeme ve ekipman seçiminde aranan kriterler aşağıda sıralanmıştır.

- Güvenlik
- Emniyet
- Dayanıklılık
- Bakım Kolaylığı
- Sürdürülebilirlik
- Mimari kalite

İstasyon mobilyaları ve demirbaş eşyaları, yolcuların konforu, güvenliği ve rahatlığı açısından önemli birer elemandır. Bu elemanlar, yolcu akışını kesmeden ve istasyonun genel tasarımına uygun olarak yerleştirilmelidir. Ayrıca, dayanıklı ve minimum bakım gereksinimleri olan şekilde tasarlanmalıdır. Oturma elemanları ve diğer objeler, istasyonun zeminine, duvarına veya kolonlarına sağlam bir şekilde sabitlenmelidir. İstasyondaki tüm mobilyalar, yolcuların ticari reklamlarını veya bilgilendirme elemanlarını okumalarını engellemeyecek şekilde yerleştirilmeli, arka planları kontrast renkte ve kenarları yuvarlatılmış olmalıdır (Metro İstanbul, 2021).

5. KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM İSTASYONLARININ İYİLEŞTİRME VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Kaliteli bir kullanıcı deneyimi yaratmak için kent içi raylı ulaşım istasyonlarında; mekânsal alanları, operasyonel ekipmanları ve kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik tasarımsal düzeni optimize ederek, istasyonları iyileştirmeye yönelik geliştirmeler yapmak, kent içi toplu taşımaya olan talebi arttırmak için önemlidir. Kent içerisinde istasyon konumlandırılması yapılırken dikkat edilmesi gereken yapısal ve mimari tasarım kriterlerinden bazıları aşağıda verilmiştir.

- Güvenli, erişilebilir ve konforlu bir tasarım yapılması,
- İstasyonların daha büyük bölgesel toplu taşıma ağına bağlanması,
- İstasyonların mahalledeki varış noktalarına ve yaya yollarına yönlendirilmesi,
- Bakımı azaltmak için altyapı dayanıklılığının artırılması,
- Hızlı ve sürdürülebilir transit odaklı yolculuk vizyonunun desteklenmesi.

5.1. Tramvay İstasyon İyileştirmeleri

Tramvay sistemleri, toplu taşıma önceliğine dayalı olarak hareket eder ve birçok şehirde önemli bir ulaşım aracı olarak kullanılır. Bu nedenle, tramvay ağının dinamik verimliliğinin tam olarak araştırılması için modern yazılım araçları kullanılarak simülasyonlar oluşturmak ve modeller yapmak önerilir. Bu tür faaliyetler, işletme hızı değişiminin tahmin edilmesini sağlar ve yolcu alanlarındaki müdahaleleri arttırmak için daha az yatırım gerektirir. Bu da tramvay sistemlerinin daha güvenli ve etkili bir şekilde işletilmesine yardımcı olur (Šojat, Brčić, & Slavulj, 2017).

Tramvay sistemleri genellikle trafikle iç içe durumda olduklarından dolayı iyileştirmelerde birbirine bağlı olarak düşünülmelidir. Kavşak içerisinde özellikle hemzemin durumda olan tramvay istasyonlarına gelen ve giden yolcu talebinin karşılanması sebebiyle Görsel 5.1’de görüldüğü gibi trafik adaları bulunmaktadır. Bu adalar yolcuların trafik ışıklarından güvenli bir şekilde karşıya geçebilmelerini sağlar ve karayolu araçlarının ise yönlendirilmesine olanak tanır. Trafik adalarının tramvay ağına uyumlu şekilde tasarlanması gerekmektedir. Trafik adalarının, sinyal sistemlerinin, yaya geçitlerinin ve bisiklet yollarının yeniden düzenlenmesi de iyileştirmeye yönelik çalışmalardır.



Görsel 5.1. *Tramvay Hattı ile Kavşak Kesişimi, Hiroshima, Japonya (Skyline, 2020)*

Eldeki verilerin ve bilgilerin kullanılmasıyla, tramvay istasyon ve hatlarının simülasyonu modern yazılım araçları kullanılarak yapılabilir. Simülasyonlar, tramvay sisteminin özelliklerini görselleştirmeye ve işletme hızı değişikliklerinin daha iyi tahmin edilmesine yardımcı olur. Bu sayede, toplu taşımanın önceliklerine dayalı olarak daha etkili bir tramvay ağı oluşturulabilir ve yolcu alanlarındaki müdahaleler daha az maliyetli hale getirilebilir (Görsel 5.2).

Tramvay hatları simülasyonu, yolcu sayısı, yolculuk süresi, hız, bekleme süresi, işletme maliyeti ve daha birçok faktörü hesaba katarak yapılabilir. Bu simülasyonlar sayesinde tramvay hatlarının performansı artırılabilir, yolcuların bekleme süreleri azaltılabilir ve toplu taşıma verimliliği artırılabilir.

Simülasyonlar ayrıca tramvay hatlarının tasarımı ve inşası sürecinde de faydalıdır. Özellikle, tramvay hattının yapılacağı güzergahın belirlenmesi ve tramvayın trafik akışı üzerindeki etkisi simülasyonlarla incelenebilir. Bu sayede, en uygun güzergâh belirlenebilir ve tramvayın trafik akışını en az etkileyecek şekilde tasarlanabilir.



Görsel 5.2. *Tramvay Hattı Projesi Simülasyon Çalışması*

Tramvay istasyonlarının tasarımı, yolcuların rahatlığı, konforu ve emniyeti üzerine olmalıdır. İstasyon çevresinde Görsel 5.3’de olduğu gibi geniş yürüyüş alanları bulunmalıdır. Bu sayede yolculuğun yoğun olduğu saatlerde peron içerisindeki kalabalık durumların önüne geçilebilir. Engelli yolcular için özel standartlar gerekmektedir. Tekerlekli sandalye kullananlar tramvaylara rahatlıkla binip inebilmeli ve her tramvayda kendilerine ayrılmış alanlar olmalıdır. Tekerlekli sandalye alanının yanında, acil bir durumda sürücüyü konuşmanızı sağlayan özel olarak yerleştirilmiş bir dahili iletişim hattı ve kolay erişilebilen bir durdurma talep düğmesi bulunmalıdır. Görme engelli yolculara yardımcı olmak için her durakta, platformun kenarından güvenli bir mesafede, peron uzunluğu boyunca dokunsal bir şerit bulunur (Lings, 2018).



Görsel 5.3. *Trafford Park Tramvay İstasyonu, Manchester, İngiltere (Manchester Evening News, 2019)*

5.2. Hafif Raylı Sistem İstasyon İyileştirmeleri

Hafif raylı sistemler, kentsel tasarım uygulamalarını toplu taşıma istasyonları çevresine bütünleştirmek ve transit yolcuların istasyondan varış noktalarına bağlantısını yapmaları için kritik öneme sahiptir. Potansiyel kentsel tasarım iyileştirmeleri şunları içerir:

- Yaya ve bisiklet erişimi geliştirmeleri için kaldırım ve bisiklet şeritlerinin sağlanmasının yanı sıra yaya ve bisiklet trafiğinin çevredeki istasyon alanlarına erişmesini engelleyen bariyerlerin kaldırılmasını içerebilir (Görsel 5.4).



Görsel 5.4. *Delft Kampüs İstasyonu Modern Tasarımı, Delft, Hollanda (Strukton Rail, 2021)*

- Otopark tesisleri, sürücü profiline ve hizmet talebine bağlı olarak tasarlanabilir, ancak otopark tesislerinin hem istasyona hem de çevredeki yerlere yaya ve bisiklet erişiminin engellenmemesini beklenir. Ek olarak, Görsel 5.5’de görüldüğü gibi otopark tesislerinin tasarımı ve konumu, toplu taşıma operasyonlarını da kesintiye uğratmamalıdır.



Görsel 5.5. *Federal Karayolu Transfer Merkezi, Washington, Amerika (Sound Transit, 2022)*

- Tasarım yönergeleri, binaların arkasına park yeri yerleştirmeyi, sokak düzeyinde insan ölçeğinde ayrıntılar sağlamayı ve kamusal alanlarda ilginç mimari sağlamayı içerebilir. Ağaçlarla çevrili ve peron içerisinde de bütünlüğü bozmadan yapılmış bir tasarım Görsel 5.6’de görülmektedir.



Görsel 5.6. *Hafif Raylı Sistem İstasyonu, San Jose, Amerika (VTA Transit, 2007)*

İstasyonlar, yolculara bir yer duygusu ile kalıcılık sağlar ve yolculukları ile toplulukları arasında bir bağlantı oluşturur. Yerleştirme ve konum en önemli konu olmasına rağmen, bir istasyonun aynı zamanda çevredeki alanlara iyi entegre edilmiş (Görsel 5.7), iyi tasarlanmış, en yüksek kapasite taleplerini karşılayacak kadar büyük, kolay erişilebilir, çekici, konforlu ve güvenli olması gerekir. Gerçek zamanlı yolcu bilgi sistemleri, rota haritaları ve transfer bağlantı bilgileri gibi olanaklar, istasyonun işlevselliğine ve kullanılabilirliğine katkıda bulunur (VTA Transit, 2007).

Platform uzunluğu ve genişliği, dikey ulaşımın konumu, barınaklar, bilgi işaretleri ve bilet makineleri dahil olmak üzere LRT (hafif raylı sistem) istasyonlarının fiziksel tasarımı, diğer hususların yanı sıra aşağıdaki ölçütlere dayalıdır:

- Zirve sırasında beklenen talep.
- İstasyona hizmet veren trenlerin maksimum işletilebilir uzunluğu.
- İstasyonun ağdaki rolü (bir çıkış noktası/varış yeri, terminal veya transfer istasyonu olup olmadığı).
- Diğer toplu taşıma modlarına bağlantı düzeyi.
- Çevreleyen kalkınma ve topluluk temaları.
- İstasyon genişletme ve büyüme potansiyeli.



Görsel 5.7. Union Station Hafif Raylı Sistem İstasyonu, Denver, Amerika (Wikimedia, 2011)

5.3. Metro İstasyon İyileştirmeleri

Metro istasyonunun hizmet seviyesinin iyileştirilmesi, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için yolcuları çekmenin anahtarıdır (Görsel 5.8). Yolcu memnuniyetini değerlendirme yaklaşımları, metroya binerken yolcunun deneyimini sezgisel ve titiz bir şekilde yansıtabilir ve hizmetin iyileştirilmesi için bir temel sağlayabilir.

Metro sistemleri; hız, güvenlik ve dakiklık ile karakterizedir. Örneğin, yolcular en yakın metro istasyonuna gidebilmek için ulaşım araçlarına ihtiyaç duyabilir ve bu durum metronun performansında bir başarısızlık olarak görülmez, özellikle yolculuklar uzun olabileceğinden yolcular, maliyet ve zamandan tasarruf etmek için pahalı ulaşım araçlarından birine binmek yerine metroyu tercih eder. Bazı ulaşım ve arazi kullanımı planlayıcıları, istasyonlardaki gürültü ve tıkanıklık nedeniyle yerleşim yerlerinin yanında istasyonların varlığının optimal veya en verimli planlama yaklaşımı olmadığını düşünmektedir. Ancak metro istasyonlarına ulaşım kolaylığı sağlanması açısından kent içinde konut ağırlığı yüksek yerlere istasyon planlamak çok daha faydalıdır (TS 12127, 1997).

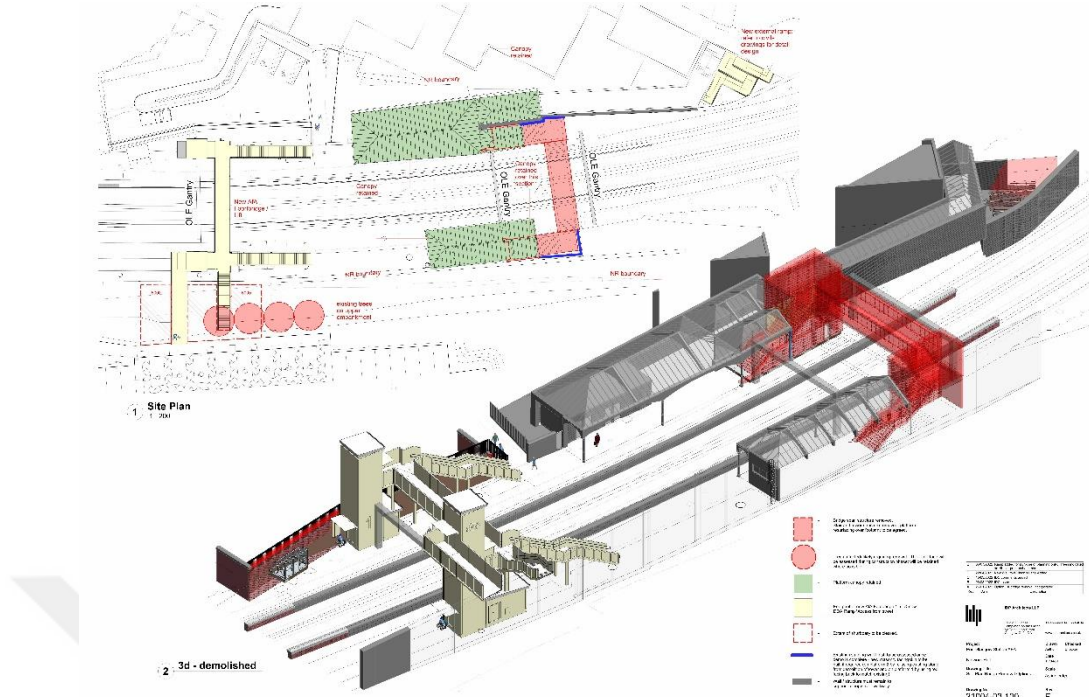


Görsel 5.8. Blaak Metro İstasyonu, Rotterdam, Hollanda (Vikipedi, 2020)

İstasyonlarda erişilebilirliği iyileştirmenin önemi çok büyüktür. Örnek olarak, yön bulma işaretlerini, erişilebilir tuvalet olanaklarını ve otomatik kapıları geliştirmek, LED aydınlatma, güneş panelleri ve bisikletçiler için tesisler kurarak istasyonların sürdürülebilirliğini artırmaya yönelik faaliyetler yapılmaktadır. Tuvaletler, banklar, bisiklet bırakma yerleri, bekleme odaları, ATM'ler ve sağlık ekipmanları içeren istasyon iyileştirmeleri de bulunmaktadır. Ve genellikle yerel topluluğun yardımıyla, duvar resimleri, yaratıcı işaretler, duvar boyamaları ile istasyonlar daha çekici yerler haline almaktadır (Southern, 2022).

"Access-A-Ride" programı, New York City'de, özellikle engelli bireyler için tasarlanmış bir toplu taşıma hizmetidir. Bu program, toplu taşıma araçlarına erişimi kısıtlanmış olanlar için daha erişilebilir bir seyahat seçeneği sunar. Program, engelli kullanıcılar için özel araçlarla hizmet vermektedir. Bu araçlar, tekerlekli sandalyeleri olanlar veya diğer hareket kısıtlılıkları olanlar gibi engellilik durumlarına göre özelleştirilmiştir. Ayrıca, program, özel ihtiyaçları olan kişilere destek sağlayan yardımcı personel de sağlamaktadır (MTA, 2023).

"Step-Free" projesi, metro istasyonlarında erişilebilirlik için yapılan bir dizi iyileştirme projesidir. Bu projeler, özellikle engelli veya yaşlı yolcuların metro sistemlerini kullanmasını kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Projenin amacı, metro istasyonlarındaki tüm platformların, trenlerin seviyesinde olmasını sağlamak için yapısal iyileştirmeler yapmaktır. Bu projenin bir parçası olarak, asansörlerin, yürüyen merdivenlerin ve rampaların kurulumu gibi bir dizi erişilebilirlik önlemi alınmaktadır. Ayrıca, yönlendirme işaretleri, Braille levhalar ve sesli anonslar gibi özellikler de eklenerek, yolcuların istasyonlarda kolayca yönlendirilmeleri ve bilgilendirilmeleri hedeflenmektedir. Bu proje, dünyanın birçok farklı yerinde metro sistemleri için uygulanmaktadır (Görsel 5.9). Örneğin, Londra'da "Step-Free" projesi, şehirdeki tüm metro istasyonlarının yüzde 40'ında tamamlandı ve tamamlanması planlanıyor. New York metrosunda, "Step-Free" projesi kapsamında istasyonların erişilebilirliği artırılmaktadır. Aynı zamanda, Hong Kong Metro ve Singapur MRT gibi diğer metro sistemleri de bu proje kapsamında erişilebilirliği artırmak için çalışmaktadır (Transport For London, 2021).



Görsel 5.9. "Step-Free" Proje Örneği, Glasgow Metro İstasyonu, İskoçya (Scotland's Railway, 2023)

Metro istasyonları, kentlerin kalbinde önemli bir rol oynar. Bu istasyonlar, insanları hızlı ve verimli bir şekilde taşımakla kalmaz, aynı zamanda kentlerin çevresel sürdürülebilirliğini artırarak trafik sıkışıklığından kaynaklanan kirlilik ve gürültüyü azaltabilir. Bu nedenle, metro istasyonlarındaki iyileştirmeler, sadece yolcuların konforu ve güvenliği için değil, aynı zamanda kentlerin sürdürülebilirliği için de çok önemlidir. İyi tasarlanmış bir metro istasyonu, yolculara rahat ve güvenli bir seyahat deneyimi sağlayabilir. Aşağıda, metro istasyonlarındaki iyileştirmelerle ilgili maddeler ile bazı öneriler verilmiştir:

- Yolcu Akışı

Metro istasyonlarında yolcu akışı, istasyonların tasarımı ve düzenlenmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Yolcuların istasyonlara giriş yaparken, biletleme sistemlerini kullanırken ve vagonlara binerken herhangi bir aksamaya uğramamaları gerekmektedir. Bu nedenle, istasyonlarda yeterli sayıda turnike ve bilet makinesi bulunmalı, turnikelerin hızlı ve sorunsuz çalışması sağlanmalıdır. Ayrıca, vagonlara girişteki kalabalıklaşmayı azaltmak için platformların genişletilmesi ve yolcuları hızlı bir şekilde vagonlara yönlendirebilecek işaretlerin yerleştirilmesi gerekmektedir. İyi bir örnek olarak, Tokyo'daki metro sistemi olan Tokyo Metro, dünya çapında en yoğun kullanılan metro sistemlerinden biridir ancak yine de yolcu akışını yönetmek için özel olarak tasarlanmış

istasyonları ve sistemleri vardır. Örneğin, Tokyo'nun Shinjuku metro istasyonu (Görsel 5.10), dünyanın en yoğun metro istasyonlarından biri olarak bilinir ve yolcu akışını düzenlemek için akıllı turnikeler ve yönlendirme panoları gibi inovatif özellikler kullanır.



Görsel 5.10. *Shinjuku Metro İstasyonu, Tokyo, Japonya (NPR, 2017)*

- Konforlu Bekleme Alanları

Metro istasyonlarında beklemek sıkıcı bir aktivite olabilir. Bu nedenle, istasyonların bekleyen yolculara konforlu bir ortam sağlaması önemlidir. Konforlu oturma alanları, temiz tuvaletler ve sıcaklık kontrollü alanlar gibi konforlu bekleyiş alanları, yolcuların istasyonlarda daha rahat bir deneyim yaşamalarına yardımcı olabilir.

- Erişilebilirlik

Metro istasyonlarının erişilebilir olması, engelliler ve yaşlılar gibi dezavantajlı gruplar da dahil olmak üzere herkesin seyahat edebilmesi için çok önemlidir. Engelli yolcuların, tekerlekli sandalyeleri veya yürüme zorluğu olanların kolayca erişebilmesi için rampalar, asansörler ve düşük zeminli vagonlara sahip metro hatları bulunmalıdır. Ayrıca, görme engelli yolcular için Braille alfabesi kullanarak yazılmış işaretlerin ve sesli uyarı sistemlerinin bulunması da önemlidir. İyi bir örnek olarak, Londra'daki metro sistemi olan Underground, engelli yolcular için geniş bir erişilebilirlik programına sahiptir ve engelli yolcuların rahat bir şekilde seyahat etmeleri için özel olarak tasarlanmış istasyonları ve araçları vardır (Görsel 5.11).



Görsel 5.11. Metro İstasyonu Engelli Erişimi, Londra, İngiltere (Rail Business Daily, 2021)

- Bilgi Panoları

Metro istasyonlarında yolcuların yönlendirilmesi ve bilgilendirilmesi de önemlidir. Bu nedenle, istasyonlarda bilgi panolarının bulunması gerekmektedir. Bilgi panoları, yolcuların nerede olduklarını, hangi hatlara bağlanabileceklerini, hangi yöne gideceklerini, trenlerin ne zaman geleceğini ve diğer bilgileri öğrenmelerine yardımcı olur. İyi bir bilgi panosu tasarımı, yolcuların istasyonu kolayca anlamalarına yardımcı olacak şekilde yapılandırılmalıdır.

Bilgi panoları, büyük, okunaklı yazılar ve açıklayıcı semboller içermelidir. Ayrıca, bilgi panolarının konumlandırılması da önemlidir. Yolcuların kolayca fark edebilecekleri yerlere yerleştirilmelidir. Bu sayede, yolcuların istasyonu daha iyi anlamaları ve hızlı bir şekilde yönlendirilmeleri sağlanır. Bilgi panoları, sadece istasyon içinde değil, istasyon dışında da kullanılabilir. Özellikle, metro hatlarındaki transfer istasyonlarındaki bilgi panoları çok önemlidir. Bu panolarda, farklı hatlara nasıl geçiş yapılacağı gibi bilgiler yer almalıdır. Ayrıca, hava durumu gibi yolcuları ilgilendiren diğer bilgiler de bu panolarda yer alabilir. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, interaktif bilgi panoları da geliştirilmektedir. Bu panolarda, yolcular kendi isteklerine göre bilgi alabilirler. Örneğin, bir yolcu belirli bir varış noktasına gitmek istediğinde, interaktif bilgi panosundan en hızlı rota ve tren saatleri gibi bilgileri alabilir. Bu şekilde, yolcuların metro sistemleriyle etkileşimi daha kolay hale getirilebilir.

- Enerji Verimliliği

Metro istasyonları, kentlerin enerji tüketiminde önemli bir rol oynar. Bu nedenle, istasyonlarda enerji verimliliği sağlamak, kentlerin sürdürülebilirliği için çok önemlidir. Örneğin, enerji tasarruflu LED aydınlatma, güneş enerjisi panelleri ve akıllı aydınlatma sistemleri gibi yenilikçi teknolojiler kullanarak, istasyonların enerji tüketimini azaltmak mümkündür. Bu sayede, kentlerdeki karbon ayak izi azaltılabilir ve çevre dostu bir ulaşım sistemi oluşturulabilir.

- Aydınlatma ve Havalandırma

Metro istasyonlarının aydınlatma ve havalandırma sistemleri hem yolcuların konforu hem de güvenliği için çok önemlidir. İyi aydınlatılmış bir istasyon, yolcuların hareketlerini daha rahat ve kolay bir şekilde takip etmelerine yardımcı olurken, yetersiz aydınlatma yolcuların düşmesine veya yaralanmasına sebep olabilir. Ayrıca, yeterli bir havalandırma sistemi, istasyonlardaki havanın durgunlaşmasını engeller ve yolcuların rahat nefes almasını sağlar. Örneğin, Stockholm'ün Solna merkezi metro istasyonu, büyük cam duvarları sayesinde doğal ışık alan bir tasarıma sahiptir ve yolculara açık ve ferah bir alan sunar (Görsel 5.12).



Görsel 5.12. Metro İstasyonu Aydınlatma Sistemi, Stockholm, İsveç (Architizer, 2020)

- Temizlik ve Bakım

Metro istasyonlarının temizliği, sağlık ve hijyen açısından bđyđk önem taşır. Temiz bir ortam, yolcuların gđvenliđini sağlar ve onların rahat bir seyahat deneyimi yaşamasına yardımcı olur. İstasyonların her zaman temiz tutulması için dđzenli temizlik programları oluşturulmalı ve yeterli personel istihdam edilmelidir. Ayrıca, p kutuları ve geri dnüşđm kutuları gibi atık toplama noktaları dđzenli olarak boşaltılmalıdır. Yolculara p atma ve istasyonların temizliği konusunda bilgilendirici levhalar konulması da faydalı olabilir. İyi bir örnek olarak, Singapur'daki metro sistemi olan MRT, dđzenli olarak dđller kazanan temizlik hizmetleri ile nlđdđr ve istasyonlarında yđksek hijyen standartlarına sahiptir (Görsel 5.13).



Görsel 5.13. Metro İstasyonu Temizlik Hizmetleri, Singapur (The Strait Times, 2021)

- İstasyon Gđvenliđi ve Yönlendirmesi

Metro istasyonlarının gđvenliđi, en önemli öncelikler arasındadır. Bu nedenle, istasyonların acil ıkışları, yangın söndürme ekipmanları, CCTV kameraları gibi gđvenlik donanımları yeterli olmalıdır. Ayrıca, yolcuların istasyonlarda rahatça hareket edebilmeleri ve doğru yönlendirilmeleri için iyi bir işaretlendirme ve yönlendirme sistemi de gereklidir.

- Yüksek Hızlı İnternet Bağlantısı

Günümüzde insanlar hemen hemen her yerde internete erişebilmek istiyorlar ve metro istasyonları da istisna değil. İstasyonlarda yüksek hızlı internet bağlantısı sağlanarak, yolcuların internette gezinmeleri, işlerini halletmeleri ve eğlenmeleri mümkün olabilir.

- Sanatsal Tasarım

Metro istasyonları, sadece yolcuları taşımakla kalmaz, aynı zamanda şehirlerin kültürel mirasına da katkı sağlar. Bu nedenle, istasyonların sanatsal tasarımına özen gösterilmesi önemlidir. İlgi çekici sanat eserleri, duvar resimleri, heykeller ve sergiler, yolcuların istasyonlarda keyifli bir deneyim yaşamalarına yardımcı olabilir.

5.4. Bölgesel Demiryolu İstasyon İyileştirmeleri

Bölgesel demiryolu istasyonlarının temeli, yapısal ve mimari tasarım tarafından desteklenen sistemin sorunsuz yönetimine bağlıdır. İstasyon üzerinde yapılacak iyileştirmeler, her iki yönde de daha sık tren seferleri sağlayarak tren ve yolcu kapasitesini artıracaktır (Görsel 5.14). İstasyon iyileştirmeleri ve hat güncellemeleri, yolculara daha güvenilir ve daha güvenli hizmetler sunacaktır. Ayrıca tasarıma eklenebilecek her alt geçit, trenin bekleme süresini kısaltacak ve yolcuların daha hızlı transfer yapmalarını sağlayacaktır.

Yeni yaya geçidi ve sinyal iyileştirmeleri, işe gidiş geliş sürelerinde etkili olacağından iş fırsatları yaratacak, yayalar, araçlar ve trenler için güvenliği artıracak, çevresel faydalar sağlayacak ve hizmetin sıklığını ve güvenilirliğini artıracaktır (Metrolink, 2022).

Bölgesel bir demiryolu hattı en yoğun saatte bile paralel bir otoyol kapasitesinin eş değerini kaldırabildiği için bitişik otoyollardaki trafik sıkışıklığının ve emisyonların azalmasına sebep olacaktır. Azalan trafik sıkışıklığı aynı zamanda daha az kaza, daha az hava kirliliği ve emisyon ve daha az enerji tüketimi ile sonuçlanabilir.



Görsel 5.14. *Illinois Bölgesel Demiryolu İstasyonu, Chicago, Amerika (Legat Architects, 2022)*

Bölgesel demiryolu istasyonları, yolcuların büyük metropol alanlarından alınmasını ve istenilen varış noktalarına götürülmesini sağlamaktadır. Metropol alanlar büyümeye ve bazı bölgelerde birleşmeye başladığında bölgesel demiryolu ile seyahat, ulaşım ekonomisinde uygun bir seçenek haline gelmektedir. Şehir merkezine uzak bölgelerde yaşayan kullanıcılar için ofiste olmaları gerektiğinde bölgesel demiryolu, şehir merkezine ulaştırır ve yol boyunca üretken olmalarını sağlamaktadır. İnsanlar aileleri ile büyük şehirlerde uygun seyahat seçenekleriyle bağlantıda kalmaktadır. Öğrenciler ise bölgesel treni okullara gidip gelmek için kullanmaktadır (Legat Architects, 2022).

Bölgesel demiryolu hatları sadece yolcu taşımakla kalmayarak aynı zamanda yolcuların hareketlerini destekler. Kazanılan verimlilik ve zaman, bölgesel trenlerin sağladığı avantajlardır. İstasyon görünümünde ve bakımında gerçekleştirilecek iyileştirmeler için büyük ölçüde finansman gerekmektedir.

Bölgesel demiryolları, kent içi raylı ulaşım sistemleri arasında en yüksek performanslı seçeneklerden biridir. Kentlerde bölgesel demiryolu hatları genellikle merkezî bir istasyon ile diğer noktalara uzanan hatlar şeklinde inşa edilir. Bu istasyonlar, bölgesel demiryolu ağının kalbinde yer alır ve diğer toplu taşıma sistemleri ile entegre edilerek daha etkili hale getirilir.

Bir bölgesel demiryolu istasyonunun diğer ulaşım sistemleri ile entegrasyonu konusunda, yolcuların istasyona kolayca ulaşabilmesi ve diğer toplu taşıma seçenekleri ile uyumlu olması gerekir. Aşağıda, bu faktörlerin daha detaylı açıklamaları maddeler halinde yer almaktadır:

- Toplu Taşıma Bağlantıları

Bölgesel demiryolu istasyonları, diğer toplu taşıma seçenekleri ile uyumlu olmalıdır. Bu uyum, yolcuların istasyondan ayrılmadan önce veya istasyona ulaşmadan önce farklı toplu taşıma seçenekleri arasında geçiş yapmalarını kolaylaştırır. Bu nedenle, istasyonlar yakınında otobüs, metro, tramvay gibi diğer toplu taşıma hatlarına erişim sağlamak için uygun duraklar, aktarma merkezleri veya yürüme yolları gibi altyapılar sağlanmalıdır.

- Yaya Erişimi

Bölgesel demiryolu istasyonları, yaya trafiği için uygun şekilde tasarlanmalıdır. Yolcuların istasyona kolayca ulaşabilmeleri için yürüyüş yolları, yaya geçitleri, kaldırımlar ve yaya geçişleri gibi özelliklerin sağlanması gerekir. Ayrıca, yolcuların istasyondan ayrılmadan önce istasyon içinde rahatlıkla hareket edebilmeleri için gerekli alanların da sağlanması önemlidir.

- Bisiklet Erişimi

Bölgesel demiryolu istasyonları, bisiklet sürücülerinin erişebilmesi için uygun bisiklet park alanları ve bisiklet kiralama seçenekleri gibi özelliklerle donatılmalıdır. Bisiklet sürücüleri, bölgesel demiryolu istasyonlarından kolayca bisikletlerine binerek veya bisikletleri ile istasyona gelebilirler. Bu sayede, bisiklet sürücüleri de istasyona erişim sağlayarak toplu taşıma seçeneklerini kullanabilirler.

- Otopark Erişimi

Bölgesel demiryolu istasyonları, araç sürücülerinin erişebilmesi için uygun otopark alanlarına sahip olmalıdır. Otopark, yolcuların istasyona araçlarıyla gelebilmelerini kolaylaştırır. Ayrıca, istasyonun yakınında ücretli veya ücretsiz otopark hizmetleri sağlanabilir. Bu sayede, araç sürücüleri de bölgesel demiryolu istasyonunu kullanarak toplu taşıma seçeneklerini tercih edebilirler.

- Engelliler İçin Uygunluk

Bölgesel demiryolu istasyonları, engellilerin de kolayca kullanabileceği şekilde tasarlanmalıdır. Engellilerin istasyona erişimini kolaylaştırmak için, rampalar, engelli tuvaletleri, asansörler ve diğer engelli erişim özellikleri sağlanmalıdır.

- Güzergâh ve Planlama

Bölgesel demiryolu istasyonları, kentin diğer önemli noktalarına olan mesafeleri göz önünde bulundurularak planlanmalıdır. Yolcuların istasyona kolayca ulaşması için istasyonların kentin en yoğun trafiği olan bölgelerinde yer alması gerekebilir. Ayrıca, bölgesel demiryolu hatları ve istasyonları, kent içi raylı ulaşım sistemleri ağı ile entegre edilerek daha etkili hale getirilebilir.

Bölgesel demiryolu istasyonlarının güzergahı ve planlaması, istasyonun kentin diğer önemli noktalarına olan mesafeleri ve yolculuk süresi gibi faktörleri dikkate alarak yapılmalıdır. Bu faktörlerin yanı sıra, demiryolu hatlarının yapısını ve istasyonların konumunu belirleyen birçok teknik faktör de vardır. Bu teknik faktörler şunları içerebilir:

Demiryolu Hatları: Bölgesel demiryolu istasyonlarının güzergâh planlaması, mevcut demiryolu hatlarının yapısını dikkate almalıdır. Bu, trenlerin istasyonlara nasıl ulaşacağına ve istasyonlardan nasıl ayrılacağına bağlıdır.

İstasyonlar Arası Mesafe: Bölgesel demiryolu istasyonlarının planlanması, istasyonlar arasındaki mesafeleri de dikkate almalıdır. İstasyonlar arasındaki mesafe, yolculuk süresini ve tren sefer sıklığını etkileyebilir.

Hat Kapasitesi: Bölgesel demiryolu istasyonları, trenlerin düzenli bir şekilde durabilmesi ve yolcuların hızlı bir şekilde inip binmesi için yeterli kapasiteye sahip olmalıdır. Bu nedenle, hat kapasitesi ve istasyonlar arasındaki mesafeler dikkate alınarak istasyonların boyutu ve tasarımı belirlenir.

Gelecekteki Talep: Bölgesel demiryolu istasyonlarının planlanması, gelecekteki talepleri de dikkate almalıdır. Yapılacak araştırmalar ve tahminler, yolcu sayısının artması durumunda istasyonların kapasitesinin artırılmasını veya yeni istasyonların inşa edilmesini gerektirebilir.

Kent İçi Raylı Ulaşım Ağı ile Entegrasyon: Bölgesel demiryolu istasyonları, kentin diğer önemli noktaları ve kent içi raylı ulaşım ağı ile entegre olacak şekilde planlanmalıdır. Bu, yolcuların kolayca istasyonlara ve kentin diğer noktalarına ulaşmasını sağlar.

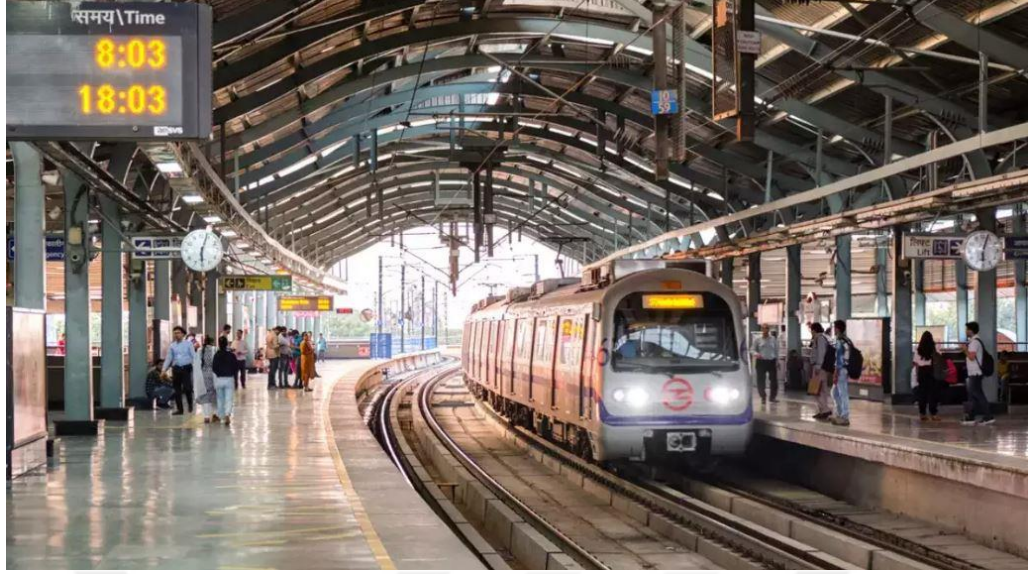
Bu teknik faktörler, bölgesel demiryolu istasyonlarının planlanması ve güzergahının belirlenmesinde dikkate alınması gereken önemli konulardır. Planlama süreci, bu faktörlerin tümünü dikkate alarak yapıldığında, yolcuların toplu taşıma seçeneklerini daha rahat ve etkili bir şekilde kullanabilmesini sağlar.

5.5. Örnek İyileştirme Çalışmaları

Kent içi raylı ulaşım istasyonlarında yapılan veya yapılacak bazı örnek iyileştirme çalışmaları incelenmiş ve aktarılmıştır.

Raghav Aggarwal (2015) kendisi uzun yıllar Londra’da yaşamış ayrıca ABD, Singapur ve Avrupa’daki diğer sistemleri deneyimlemiş bir kullanıcı olarak raylı ulaşım sistemlerine yönelik bir blog yazısında, Hindistan'daki metro sisteminin (Görsel 5.15) nasıl iyileştirileceğine dair birkaç öneri sunmuştur (Aggarwal, 2015). Bunlar:

- Yabancı turistlerin en çok ertelediği ya da cesaretini kırdığı şey, gelen metro trenlerinin yakınında tabela/yönlendirme levhalarının bulunmamasıdır. Hem önünüzde hem de arkanızda sıraları gördüğünüzde, hangi metroya bineceğiniz konusunda bir ipucu verilmemektedir. Böyle bir durumda, herkesin sorunu kolayca görmesi ve çözmesi için ilgili platformların iç tarafındaki duvarlarda ve merdivenlerin hemen önünde tabelalar/yönlendirme levhaları olması çok daha iyi olacaktır.
- Havaalanına gidecek yolcular için transfer merkezinde kalkan uçaklarla ilgili bilgilendirme yapılabilir.
- İnsanları nakit tabanlı metro yolculuğundan plastik tabanlı metro yolculuğuna geçmeye teşvik etmek için çeşitli bankalarla ücretsiz kredi kartı/banka kartları başlatılabilir. Kullanıcılar tek bir kart ile hem alışveriş hem ulaşım ihtiyaçlarını karşılayabilir.
- Tüm metro istasyonlarına mini metro haritaları ve el ilanları dağıtılabilir veya istasyonların bilet holü bölümlerinde bu harita ve ilanlar için bir yer yapılabilir.
- Delhi şehri gibi büyük metro istasyonlarında bulunduğu kenti yansıtacak hediyelik eşyalar satan işletmeler açılabilir.
- Çeşitli metro istasyonlarında bağış kutuları bırakılabilir.
- Metro istasyonlarında daha çok bilet otomatı konumlandırılabilir.



Görsel 5.15. Raylı Ulaşım İstasyonu, Delhi, Hindistan (Times of India, 2022)

Robert Thompson (2016) kent içi raylı ulaşım sistem kullanıcılarıyla yaptığı bir yarışmada, bazı kısıtlar vererek kullanıcılara metro sistemini nasıl geliştirebileceklerini sormuştur. Yarışmaya katılan kullanıcılardan gelen gönderimlerden bazıları çok düşük maliyetlidir. Diğerleri muhasebe yardımına ihtiyaç duymaktadır (Thomson, 2016). Gönderimlerden bazıları:

- Transfer istasyonlarındaki kapı konumları işaretlenebilir. Duran bir trenin kapılarının bulunduğu alanı işaretlemek için "altı vagon burada biter" işaretleriyle aynı yapışkan işaretler kullanılabilir. Bu, insanların trenin durduğu yere daha yakın beklemesini sağlayarak aktarma istasyonlarında ve trafiğin yoğun olduğu diğer istasyonlarda biniş süresini azaltabilir.
- Peronda, LED araç kapasitesi göstergeleri kullanılabilir. Metro sistem peronları belirli bir vagonun ne kadar kalabalık olduğunu gösteren LED göstergelerle donatılarak müşterilerin içinde daha az insan bulunan araçları seçmelerine olanak tanıyabilir.
- Kullanıcılar gidecekleri yere seyahat ederken ücretsiz molalar verilebilir. Metro sistemi, aynı yönde devam etmek koşuluyla, iki saatlik bir aralıkta aynı istasyondan ücretsiz olarak çıkıp tekrar girilmesine izin verilebilir. Bu sayede kullanıcıların ek bir ücret ödemeden eve giderken diğer işlerinin yapılmasına izin verilebilir.

Adam Light, Rachelle Andrews ve Jenny Wong (2022) tarafından yapılan çalışmada metro sistemlerine yönelik önde gelen son teknoloji toplu taşıma sistemlerinin ve toplu taşıma istasyonu tasarımına yönelik uluslararası en iyi uygulamaların kapsamlı

bir incelemesini ve değerlendirmesini takiben 2012'de “Sistem Genelinde İstasyon Tasarımını” geliştirdi. Bu yeni metro istasyonlarının tasarımı, inşası ve işletilmesi daha uygun maliyetli olmaktadır. Parçalardan oluşan kit, yüksek kaliteli, yüksek performanslı mimari malzemelerden ve değişen istasyon sahası koşullarının yanı sıra bireysel istasyonların işlevsel ve kapasite gereksinimleri için yapılandırılabilen öğelerden oluşmaktadır (Görsel 5.16). Standartlaştırılmış “parça seti” malzemeleri ve öğeleri genellikle aşağıdakilerden oluşmaktadır:

- Tutarlı tanımlama işaretleri ve markalama
- Paslanmaz elik ağ geçidi portalları
- Modüler cam saçaklar
- Tam entegre led aydınlatma
- Paslanmaz elik kolonlar



Görsel 5.16. Sistem Genelinde İstasyon Tasarımı (Metro.net, 2022)

Sistem çapında tutarlı, entegre bir tasarım yaklaşımı izlemesini gerektiren bu politika ayrıca, çevredeki toplulukla iştişare içinde ve onlara duyarlı olarak geliştirilen değişkenlik unsurları olarak bütünleşik, kamusal sanat ve sürdürülebilir evre düzenlemesi için fırsatlar sunar. Bu standartlar, büyüyen bir metro sistemi için yeni gereksinimlere ve yenilikçi tasarım mlerine göre güncellenecek ve iyileştirilecektir (Light, Andrews, & Wong, 2022).

A. Srivathsan (2011) çalışmasında, yakın zamanda uzmanlar tarafından gözden geçirilen metro istasyonları için tasarımlar, bitişik alanlarla bağlantılar, sorunsuz iniş noktaları için tesis, park etme ve dikey hareket sağlama açısından yetersiz kalmaktadır. Uzmanlara göre bu eksiklikler, istasyonların verimli çalışmasını engelleyecek ve istasyon alanları çevresindeki ulaşımı etkileyecektir.

İstasyon giriş noktalarının yeniden tasarlanması, daha iyi sirkülasyon için asansörlerin yeniden konumlandırılması, araç trafiğini istasyona getiren servis yollarının iyileştirilmesi önerilen önlemlerden bazılarıdır. Tasarım sürecine aşına kaynaklar, istasyonlara erişimin kolaylıktan çok mevcut arazinin boyutuna göre belirlendiğini söylemektedir. Örneğin, Hindistan'da Ashok Sütunu yakınında önerilen Ashok Nagar istasyonunun tasarımı (Görsel 5.17), polis eğitim koleji tarafından daha iyi erişime sahipken, Udhayam Tiyatro kompleksinin yakınındaki diğer giriş noktası, mevcut sınırlı alan nedeniyle kısıtlanmıştır. Bu istasyonu, önerilen otobüs hızlı transit sistemi gibi ulaşım projeleri ile entegre etme ihtiyacı vurgulanmıştır (Srivathsan, 2011).



Görsel 5.17. *Ashok Nagar Metro İstasyonu, Madya Pradeş, Hindistan (Just Dial, 2020)*

Tokyo metro istasyonunda (Görsel 5.18), dijital haritaların kullanımını artırmıştır. Bu haritalar, yolcuların hedeflerine daha kolay bir şekilde ulaşmalarını sağlayan doğru, güncel ve kolay anlaşılır bir şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca, engelli yolcular ve yabancı turistler için de kullanıcı dostu seçenekler sunar (The Japan Times, 2015).



Görsel 5.18. *Dijital Haritaların Kullanımı, Tokyo, Japonya (Japan Rail Pass, 2020)*

Hong Kong metro istasyonunda (Görsel 5.19), sinyal iyileştirmeleri yaparak trenler arasındaki boşluğu azaltmış ve tren sıklığını artırmıştır. Bu sayede, yolcuların daha hızlı ve daha verimli seyahat etmelerini sağlar. Ayrıca, sinyal iyileştirmeleri, trenlerin daha az gecikmesine ve daha güvenli bir şekilde seyahat etmesine olanak tanır (South China Morning Post, 2016).



Görsel 5.19. *Hong Kong Metro İstasyonu, Çin (Tripsavvy, 2019)*

New York metrosu, bazı istasyonlarda USB şarj istasyonları kurarak yolcuların akıllı cihazlarını şarj etmesine olanak sağlamıştır (Görsel 5.20). Bu özellik, özellikle uzun seyahatler sırasında akıllı telefon veya tabletlerin şarjını korumak isteyen yolcular için oldukça faydalıdır (MTA Press Releases, 2016).



Görsel 5.20. USB Şarj İstasyonlarının Kullanımı, New York, Amerika (Digital Trends, 2016)

Dubai metro istasyonunda, platform güvenliğini artırmak için otomatik kapılar kurulmuştur (Görsel 5.21). Bu kapılar, insanların raylara düşmesini engelleyerek istasyon güvenliğini artırır. Ayrıca, otomatik kapılar, sinyal kontrol sistemi ile senkronize edildiği için, trenlerin daha hızlı hareket etmelerine ve daha verimli bir şekilde çalışmalarına olanak tanır (Gulf News, 2017).



Görsel 5.21. Otomatik Kapıların Kullanımı, Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri (Dubai Online, 2020)

Paris metrosu, bazı istasyonlarında sanatsal tasarımlar kullanarak estetik bir deneyim sunar. Örneğin, Louvre Müzesi istasyonunda yolcular, müzedeki eserleri temsil eden heykellerle karşılaşabilirler. Bu tasarımlar, yolcuların seyahatlerini daha keyifli hale getirir ve istasyonların özgün karakterlerini yansıtır (Discover Walks Blog, 2017).



Görsel 5.22. *Sanatsal Tasarımların Görünümü, Paris, Fransa (NPR, 2010)*

Bremen bölgesel demiryolunda yer alan 20 istasyonun yenilenmesini içeren proje, 2017 yılında tamamlanmıştır. İstasyonlarda, yeni asansörler, yürüyen merdivenler ve engelli erişimli rampalar gibi özellikler eklenmiştir (Görsel 5.23). Ayrıca, yolcu akışını hızlandırmak için, daha geniş platformlar ve yeni bilet makineleri gibi özellikler de yerleştirilmiştir. Proje kapsamında, istasyonların enerji verimliliği de artırılmıştır (Railway Technology, 2017).



Görsel 5.23. *Engelli Rampalarının Kullanımı, Bremen, Almanya (Portaramp, 2023)*

Valencia'nın bölgesel demiryolu hatlarındaki istasyonların (Görsel 5.24) modernizasyonu için yapılan proje, 2016 yılında tamamlanmıştır. Proje kapsamında, istasyonlara engelli erişimi için rampalar, yürüyen merdivenler ve asansörler eklenmiştir. Ayrıca, daha geniş platformlar, yeni bilet makineleri ve yolcu bilgi sistemleri de

kurulmuştur. Projenin bir diğer önemli özelliği, istasyonlardaki güvenliği artırmak için kapalı devre kamera sistemleri ve acil durum butonları gibi özelliklerin eklenmesiydi (Railway Gazette, 2016).



Görsel 5.24. *Modernizasyonu Yapılmış Demiryolu İstasyonu, Valencia, İspanya (The Journey, 2020)*

Paris bölgesel demiryolunda 63 istasyonun modernizasyonunu içeren proje, 2020 yılında tamamlanmıştır (Görsel 5.25). Proje kapsamında, istasyonlara engelli erişimi için rampalar ve asansörler eklenmiştir. Ayrıca, daha geniş platformlar, yolcu bilgi sistemleri, yeni bilet makineleri ve yürüyen merdivenler gibi özellikler de kurulmuştur. Projenin bir diğer önemli özelliği, istasyonlardaki güvenliği artırmak için kapalı devre kamera sistemleri ve acil durum butonları gibi özelliklerin eklenmesiydi (Rail Journal, 2020).



Görsel 5.25. *Paris Bölgesel Demiryolu İstasyonu, Fransa (Paris Perfect, 2022)*

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde kentlerin hızla büyümesi ve nüfusun artması, toplu taşıma sistemlerine olan ihtiyacı da artırmaktadır. Kent içi raylı ulaşım sistemleri, bu ihtiyacı karşılamada önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, toplu taşıma sistemleri içinde en kritik noktalardan biri, istasyonlardır. Yolcuların rahat ve güvenli bir seyahat deneyimi yaşayabilmeleri için, istasyonların yapısal özellikleri, mimarisi ve işleyişi son derece önemlidir.

Çalışma kapsamında kent içi raylı ulaşım istasyonlarının yapısal ve mimari tasarım kriterlerine değinilmiştir. Dünya üzerinde raylı ulaşım istasyon örnekleri incelenmiş, bu bağlamda ortaya konulan iyileştirmeler açıklanmıştır. Çalışma, kent içi ulaşım sorunlarının çözümüne katkıda bulunmak ve toplu ulaşımında en uygun sistemin seçilmesine yardımcı olmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

İstasyonlar, yolcuların raylı ulaşım sistemlerine erişebildiği yerlerdir. İstasyonların doğru yerlerde konumlandırılması, sistemlerin etkinliğini ve kullanımını arttırabilir. Bu nedenle, istasyonların planlanması ve konumlandırılması, kent içi ulaşım sistemleri için önemli bir faktördür. İstasyonların doğru bir şekilde yerleştirilmesi, toplu taşıma sistemi verimliliğini arttırırken, yanlış yerleştirilmesi ise sistemin etkinliğini azaltabilir. Bu nedenle, istasyon yer seçiminde dikkate alınması gereken parametreler mevcuttur.

- Entegrasyon, kent içi raylı ulaşım istasyonlarında farklı ulaşım modları arasında uyumlu bağlantıyı sağlayan bir kavramdır. Bu bağlantılar, yolcuların farklı ulaşım modları arasında kolayca geçiş yapmalarına olanak tanır ve seyahat sürelerini kısaltır, maliyetleri düşürür. Entegrasyon faktörü, raylı ulaşım istasyonlarının diğer ulaşım modlarına yakın olması ve bisiklet altyapısının bulunması gibi faktörleri içerir. Raylı ulaşım sistemlerinin kullanımını artırır, trafik sıkışıklığını azaltır ve çevresel etkiyi en aza indirir.
- Yolcu çekme kapasitesi, bir ulaşım sisteminin belirli bir süre içinde taşıyabileceği maksimum yolcu sayısıdır. Bu kapasite, ulaşım sisteminin tasarımı, teknolojisi, araç özellikleri, istasyon sayısı ve yolculuk süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir. Yüksek yolcu çekme kapasitesi, yoğun şehirlerdeki büyük nüfus akışlarını karşılamaya yardımcı olabilir ve toplu taşımanın etkinliğini artırabilir.
- Hizmet alanı, ilgili raylı ulaşım hattının belirli bir bölgede bulunan istasyonlarından oluşur. Bu istasyonlar, yolcuların bölgedeki çeşitli noktalara kolayca ulaşmasını sağlayan bağlantılar sağlar. İstasyonlar, genellikle yoğun şehir merkezlerinde ve nüfus yoğunluğu yüksek bölgelerde yer alır. İstasyonların hizmet alanı, ilgili raylı

ulaşım hattının rotası, istasyon sayısı ve çevresindeki diğery ulaşım modlarına bağılı olarak belirlenir. Hizmet alanının doğıru şekilde belirlenmesi, ulaşım sisteminin etkinliğini artırır ve yolcuların ihtiyaçlarını karşılamaya yardımcı olur.

- Arazi kullanımı, istasyonun etrafındaki bölgenin ihtiyaçlarına, çevredeki nüfus yoğunluğuna, işletme maliyetlerine ve yolcuların beklentilerine göre değişebilir. Örneğin, bir istasyonun yakınında ticari alanlar veya konutlar olabilir, bu da yolcuların ulaşım ihtiyaçlarını karşılayan diğery hizmetlerin sağlanması yardımcı olur. Doğru arazi kullanımı, istasyonların çevresindeki alanların etkin kullanımını sağlar ve ulaşımın sürdürülebilirliğini artırır.
- Emniyet, yolcuların ve çalışanların güvenliğini sağlamak için alınan önlemleri ifade eder. Bu önlemler arasında CCTV kameralar, acil durum düğmeleri, yangın söndürme cihazları, yangın alarm sistemleri, yolcu bilgilendirme sistemleri, acil çıkışlar, turnike sistemleri ve güvenlik personeli yer alabilir. Emniyet önlemleri, yolcuların istasyonlarda güvenli bir şekilde seyahat etmelerini sağlar ve istasyonların sorunsuz bir şekilde işlemesine yardımcı olur. Ayrıca, doğıru emniyet önlemleri, kaza veya diğery acil durumlarda müdahale edilmesine yardımcı olur ve istasyonların acil durumlarda etkili bir şekilde yönetilmesini sağlar.

Raylı sistem istasyonları, şehirlerin ulaşım ağına önemli bir katkı sağlar ve binlerce insanın her gün seyahat etmesine olanak tanır. Bu nedenle, istasyonların konumunun yanı sıra tasarımı da oldukça önemlidir. İstasyon tasarımı, kullanıcıların rahatlığı, güvenliği ve memnuniyeti açısından büyük önem taşır. Tasarım aşamasında, istasyonun içinde ve dışında kullanıcının deneyimini etkileyen pek çok öğe göz önünde bulundurulmalıdır.

Biçim, istasyonun ergonomik tasarımıdır. Bu, istasyonun kullanıcı dostu olması ve yolcuların rahat ve kolay bir şekilde istasyonu kullanmalarını sağlamak için tasarlanması anlamına gelir. Ergonomik tasarım, istasyonun mimarisini, işlevselliğini ve insanların istasyonu kullanma deneyimini bir araya getirir. Akustik ise istasyonun ses yalıtımıdır. İyi bir ses yalıtımı, istasyondaki gürültü seviyesini azaltarak yolcuların rahat bir şekilde seyahat etmelerini sağlar ve istasyonun daha sessiz bir ortamda olmasını sağlar. Bu da yolcuların istasyonu daha az stresli bir şekilde kullanmalarına ve daha rahat bir seyahat deneyimi yaşamalarına yardımcı olur. İyi bir renk seçimi, yolcuların istasyonu kolayca tanımalarını ve yönlendirmelerin daha açık bir şekilde görünmesini sağlar. Ayrıca, uygun renk seçimi, yolcuların istasyonda daha rahat ve hoş bir atmosfer yaşamalarını sağlar. Bu nedenle, renk seçimi tasarım aşamasında dikkatle düşünölmelidir. Aydınlatma, yolcuların

istasyonda rahatça hareket etmelerini ve işaretleri daha kolay görmelerini sağlar. Ayrıca, uygun aydınlatma, yolcuların istasyonu daha güvenli bir şekilde kullanmalarına yardımcı olur. Bu nedenle, aydınlatma tasarımı tasarım aşamasında özenle planlanmalıdır. Havalandırma ise istasyonda temiz hava akışını sağlar ve yolcuların istasyonda daha rahat ve sağlıklı bir şekilde vakit geçirmelerini sağlar. Ayrıca, uygun havalandırma, istasyonun nem ve sıcaklık kontrolünü de sağlar ve yolcuların konfor seviyesini artırır. Bu nedenle, tasarım aşamasında doğru havalandırma sistemi seçimi ve tasarımı yolcuların konforunu artırmak ve sağlıklı bir ortam yaratmak için önemlidir. Sanat eserleri, istasyonları sadece bir geçiş noktası olmaktan çıkarıp, insanlar için çekici bir mekâna dönüştürebilir. Bu nedenle, birçok raylı sistem projesinde, istasyonların tasarımında sanatsal çalışmalara yer verilmesi trend haline gelmiştir. Engellilerin raylı sistem istasyonlarını rahatlıkla kullanabilmesi için tasarımda belli başlı unsurların göz önünde bulundurulması gereklidir. Engelli yolcuların istasyonu rahatça kullanmalarını sağlayacak şekilde yapılandırılmalıdır. Bunlar arasında engelli rampaları, asansörler, yürüyen merdivenler, sesli ve görüntülü bilgilendirme sistemleri ve engelli tuvaletleri yer alır. Bu faktör, tasarım aşamasında önceden planlanarak istasyonun herkes tarafından kullanılabilirliğini artıracaktır.

Kent içi raylı ulaşım istasyonlarının tasarımı, kullanım kolaylığı ve yolcu memnuniyeti açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, tasarım ölçütleri birçok faktöre dayanmaktadır.

- Çevresel Planlama: istasyonun doğal çevreye uyumlu şekilde tasarlanması, çevreye minimum etkiyle kurulması ve sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak işletilmesini içerir.
- Mekânsal Organizasyon: Kullanıcıların kolay ve akıcı bir şekilde hareket etmelerini sağlamak için uygun yerleşim, akış ve yönlendirme sağlamasını içerir.
- Bilet Holü (Konkors Kat): Yolcuların bilet almalarını ve güvenli bir şekilde seyahat etmelerini sağlamak için önemli bir öğedir.
- Peron: Yolcuların güvenli ve rahat bir şekilde trenden inip binmeleri için uygun yükseklikte ve genişlikte tasarlanması gereken bir platformdur.
- Yatay ve Düşey Dolaşım Alanları: Kullanıcıların dikey ve yatay hareketliliğini sağlayabileceği, erişilebilir, kullanışlı ve güvenli alanlar oluşturulması önemlidir. Bu alanlar, yolcuların istasyon içindeki hareketlerini kolaylaştırarak, kullanıcı deneyimini olumlu yönde etkilemektedir.

- Merdivenler: Yolcuların dikey hareketini sağlamak ve platformlara erişimlerini kolaylaştırmak için önemli bir unsurdur. Merdivenler, istasyonun genel planlaması ve kullanım kolaylığına uygun olarak tasarlanmalıdır.
- Yolcu Bilgilendirme Sistemleri: Yolculara güncel ve doğru bilgi sağlamak için kullanılan elektronik sistemlerdir.
- Kapasite Hesabı: Yolcu yoğunluğu ve araç kapasitesi dikkate alınarak, istasyonun belirli bir süre içinde taşıyabileceği yolcu sayısını belirleyen hesaplama süreci olarak tanımlanabilir. Bu hesaplamalar, istasyonların doğru boyutlarda tasarlanmasına ve işlevsel olarak verimli bir şekilde kullanılmasına yardımcı olur.
- İstasyon Güvenliği: Kullanıcıların güvenliğini sağlamak için tasarlanan fiziksel ve teknik önlemleri kapsar. Bu önlemler arasında kapalı devre televizyon (CCTV) izleme sistemleri, acil durum duraklama ve tahliye planları, yangın söndürme sistemleri ve acil durum aydınlatması gibi unsurlar yer alır.
- Malzemeler ve Yüzeyler: Kullanılan malzemelerin dayanıklılığı, çevre ile uyumu ve kolay temizlenebilir olması gibi faktörleri göz önünde bulundurarak belirlenir. İstasyon yüzeyleri dekoratif olabilirken, kaymaz ve kolay temizlenebilir özelliklere de sahip olmalıdır.

Kent içi raylı ulaşım istasyonlarının iyileştirme ve uygulama örnekleri, gelişen teknolojiler ve değişen ihtiyaçlar doğrultusunda sürekli olarak güncellenmektedir. Bu örnekler arasında, daha fazla yolcu kapasitesi için mevcut istasyonların genişletilmesi, daha hızlı tren hizmetleri için platform ve peronların yenilenmesi, güvenlik sistemlerinin güncellenmesi ve çevre dostu tasarımların kullanılması yer almaktadır.

- Tramvay istasyonları, özellikle yoğun kent merkezlerinde sıklıkla kullanılmaktadır ve bu nedenle iyileştirme çalışmalarına öncelik verilen istasyonlardan biridir. Tramvay istasyonlarında yapılan iyileştirme çalışmaları, bina tasarımı, yolcu konforu, erişilebilirlik ve güvenlik gibi birçok faktöre odaklanmaktadır. Bu çalışmalar, peronlarda güvenliğini artırmak için bariyerler, engelli vatandaşların kolayca kullanabilmesi için asansörler, yürüyen merdivenler, rampalar gibi erişilebilirlik özelliklerinin eklenmesini içerebilir. Ayrıca, bilet hollerinin yeniden tasarlanması, yolcu bilgilendirme sistemlerinin yükseltilmesi, koltukların veya bekleme alanlarının eklenmesi de tramvay istasyonlarındaki iyileştirme çalışmalarına dahil edilebilir.

- Metro istasyonlarındaki iyileştirmeler, yolcuların kolay ve hızlı bir şekilde seyahat etmelerine yardımcı olur. İstasyonlar genellikle kalabalık olma eğilimindedir, bu nedenle istasyon içindeki insan akışını iyileştirmek için tasarlanmıştır. Metro istasyonlarının iyileştirilmesi, birçok farklı şekilde gerçekleştirilebilir. Bu iyileştirmeler, platform ve peron genişletmeleri, yolcu bilgilendirme sistemlerinin güncellenmesi, daha verimli ışıklandırma ve havalandırma sistemleri, yürüyen merdiven ve asansörlerin eklenmesi gibi değişiklikleri içerebilir. Bununla birlikte, birçok kent, metro istasyonlarını güvenliği ve yolcuların rahatlığı açısından yeniden tasarlamaktadır. Bu, istasyonların güvenlik kameraları, acil durum butonları ve yangın söndürme sistemleri gibi güvenlik donanımları ile donatılmasını içerebilir. Ayrıca, yolcuların rahat etmelerini sağlamak için daha modern ve ergonomik oturma alanları da eklenmektedir.
- Hafif raylı sistem istasyonlarındaki iyileştirme çalışmaları, kullanıcı deneyimini artırmak için önemlidir. Hafif raylı istasyon iyileştirmeleri, daha konforlu bir yolculuk deneyimi sağlamak, yolcuların güvenliğini artırmak ve erişilebilirliği iyileştirmek için yapılır. Bu iyileştirmeler arasında, bilet otomatikleri ve kart okuyucularının eklenmesi, yolcuların hızlı ve kolay bir şekilde bilet almalarını sağlamak için önemlidir. Ayrıca, istasyonlarda daha fazla oturma alanı, yön göstericileri, güvenlik kameraları, bilgi panoları gibi öğelerin eklenmesi, yolcuların seyahatlerini daha konforlu hale getirir. Bunun yanı sıra, hafif raylı istasyonlarındaki platform yüksekliğinin engellilere uygun hale getirilmesi ve asansörlerin eklenmesi, erişilebilirliği artırmak için önemlidir. Bu tür iyileştirmeler, hafif raylı istasyonlarında kullanıcı deneyimini artırarak daha fazla yolcu çekmeye yardımcı olabilir.
- Bölgesel demiryolu istasyonları iyileştirmeleri, yolcuların rahat ve güvenli bir şekilde seyahat edebilmelerini sağlamak amacıyla yapılır. İyileştirmeler arasında, yeterli aydınlatma, işaretler, yürüyüş yolları ve engelli erişimini kolaylaştıran rampalar gibi standart özellikler yer alır. Ayrıca, bekleme alanları, tuvaletler, bilet makinesi ve yiyecek/içecek satış noktalarının konumu da yolcuların seyahat deneyimini etkileyen diğer faktörlerdir. Bölgesel demiryolu istasyonlarının iyileştirilmesi, istasyonlarda daha fazla güvenlik, rahatlık ve erişilebilirlik sağlamak için tasarım ve planlama sürecinde özen gösterilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, yenilikçi teknolojilerin kullanımı da yolculuk deneyimini artırabilir.

Örneğin, yolcuların tren hareketlerini takip edebilecekleri, biletlerini mobil cihazlarına yükleyebilecekleri veya hızlı ve kolay bir şekilde Wifi erişimine sahip olabilecekleri akıllı cihazlar için uygun şarj noktalarının bulunduğu istasyonlar, yolcuların memnuniyetini artırabilir. Bölgesel demiryolu istasyonlarının iyileştirilmesi, toplu taşımanın etkinliğini artırarak, sürdürülebilir kent ulaşımına katkıda bulunabilir.

Raylı ulaşım sistem planlaması yapılmayan şehirlerde ulaşım sorunları birçok olumsuz sonuç doğurabilir. Bu sorunlar, trafik sıkışıklığı, yüksek hava kirliliği, uzun seyahat süreleri, yüksek araç kullanımı, artan trafik kazaları ve daha fazlası gibi çeşitli şekillerde kendini gösterebilir. Bu tip farklı sorunlar yüzünden kent içi raylı ulaşım sistemlerinin şehirlere entegre edilmesi ve mevcut sistemlerde istasyonlarının iyileştirilmesi, dünya genelinde toplu taşıma hizmetlerinin verimliliğini artırmak önemli planlamalardır. Bu iyileştirmeler, yolcuların güvenliği, konforu ve hızlı ulaşım sağlanması açısından önemlidir. İstasyonların tasarımı, malzemelerin seçimi, yolcu akışı ve işletme stratejileri gibi faktörler, istasyonların verimli ve sürdürülebilir bir şekilde işlemesine yardımcı olur. Bu nedenle, birçok ülke ve şehir, kent içi raylı sistemlerinin istasyonlarını modern hale getirmek için çalışmalar yürütmektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, kent içi ulaşım sorunlarına yönelik çözümler geliştirilirken toplu taşıma sistemlerinin önemli bir yer tuttuğu ve toplu taşıma sistemlerinin etkili bir şekilde işletilebilmesi için belirli faktörlerin göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmaktadır. Kent içi sürdürülebilir bir ulaşım sistemi geliştirilebilmesi ancak köhneleşmemiş ulaşım sistemleri ile mümkündür. Bu çalışma, kentlerin daha yaşanabilir bir hale getirilmesi ve sürdürülebilir bir ulaşım sisteminin oluşturulması için önemli bir adım olarak görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Aggarwal, R. (2015). *What Improvement Can Be Done in Delhi Metro?* <https://www.quora.com/What-improvement-can-be-done-in-Delhi-metro/answer/Raghav-Aggarwal-10> adresinden alındı
- Akabal, F., Masirin, M., Akasah, Z., & Rohani, M. (2017). Review on Selection and Suitability of Rail Transit Station Design Pertaining to Public Safety. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*(226).
- Akbulut, F. (2016). Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Birimler Fakültesi Dergisi*(11), 336-355.
- Arapgırlıoğlu, H. (2021). *Güzel Sanatlarda Araştırma ve Değerlendirmeler*. Ankara: Gece Kitaplığı.
- Auckland Transport. (2022). *Public Transport Rail Infrastructure*. https://at.govt.nz/media/1982224/engineering-design-code-public-transport-rail-infrastructure_compressed.pdf adresinden alındı
- Authority, C. H.-S. (2011). *Urban Design Guidelines California High-Speed Train Project*. PB's PlaceMaking Group.
- Bahnhof. (2022). *München Ost*. <https://www.bahnhof.de/muenchen-ost> adresinden alındı
- Bilgin, N., Copur, H., & Balcı, C. (2021). Tunneling in Urban Areas: Planning, Design, Construction, and Management. *CRC Press*, 169-178.
- Bilson, M., Purchase, A., Liu, L., Nishimura, N., Li, S., & Seo, B. R. (2018). Rail System Ventilation Rehabilitation. *Eighth International Symposium on Tunnel Safety and Security*, 14-16.
- Chen, Y., & Wang, Y. (2015). Study on Space Environmental Design of Urban Rail. *2nd International Conference on Green Materials and Environmental Engineering*, 108-110.
- Chinese National Standard. (2015). *Urban Rail Transit Design Code*. China: Chinese Ministry of Housing and Urban-Rural Development.
- Connor, P. (2013). Deep Tube Transformation. *Modern Railways*, 44-47.
- Çetindağ, B. (2003). *Metro İstasyonları Tasarım Kriterleri İstanbul Metrosu ve Londra Tottenham Court Road İstasyonu Örnekleri*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demirdağ, G. E. (2020). *Raylı Sistemlerin Mekansal Etkileri: İzmir Metrosu Örneği*. İzmir: İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Discover Walks Blog. (2017). *5 of The Most Beautiful Paris Metro Stations*. <https://www.discoverwalks.com/blog/> adresinden alındı
- Estram. (2022). *Estram Tramvay İşletmesi*. Estram: https://www.estracom.tr/sayfalar.php?sayfalar_id=10 adresinden alındı
- Gerondeau, C. (2003). *La Saga du RER et le Maillon Manquant. Presse de l'École Nationale des Ponts and Chaussées*.

- Ghassemi, A., Sitarzadeh, S., Farkhani, H., & Ghahari, S. (2015). A Comparison of Tunneling Methods Used in the Construction of Urban Rail Transit Tunnels. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 58-64.
- GO Transit. (2018). GO Transit Fact Sheet.
- Gulf News. (2017). *Dubai Metro Set to Get New Safety Doors*. https://gulfnews.com/adresinden_alindi
- Huang, J., Zhou, F., & Xi, M. (2018). Calculation Method for Load Capacity of Urban Rail Transit Station considering Cascading Failure. *Journal of Advanced Transportation*(4), 1-12.
- İspark. (2022). *Park Et Devam Et Otoparkları*. <https://ispark.istanbul/projeler/park-et-devam-et/> adresinden alındı
- Jessop & Company Ltd. (2008). *Electric Multiple Unit (EMU) Coaches*. <https://www.jessop.co.in/coaches/emu.php> adresinden alındı
- Kasımoğlu, E. (2015). *Tramvay İstasyonlarında Tasarım ve Güvenlik Esaslarının Araştırılması İstanbul T1 Tramvay Hattı İncelemesi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Legat Architects. (2022). *Train Stations to Play Leading Role in New Golden Age of Rail Travel*. <https://www.legat.com/train-stations-to-play-leading-role-in-new-golden-age-of-rail-travel/> adresinden alındı
- Light, A., Andrews, R., & Wong, J. (2022). *Station Design Projects*. metro.net/systemwidedesign adresinden alındı
- Lings, M. (2018). *Tram Route Cycle Safety Improvements*. The City of Edinburgh Council: <https://consultationhub.edinburgh.gov.uk/sfc/tram-route-cycle-safety-improvements> adresinden alındı
- Maden Aktop, D., & Avlar, E. (2017). Yer Altı Metro İstasyonlarında Mekan Tasarımı Üzerine Bir Araştırma. *Trakya University Journal of Engineering Sciences*, 18(1), 1-16.
- Maden Aktop, D., & Avlar, E. (2017). Yer Altı Metro İstasyonlarındaki Yolculu Alanların Görsel Konfor Açısından Değerlendirilmesi: Kadıköy ve Kartal İstasyonları Örneği. *Megaron*(12), 13-26.
- Mapa Metro. (2010). *Metro of Stockholm*. <https://mapa-metro.com/en/Sweden/Stockholm/Stockholm-Tunnelbana-map.htm> adresinden alındı
- Mapa Metro. (2010). *U-Bahn Von Gelsenkirchen*. <https://mapa-metro.com/de/Deutschland/Gelsenkirchen/Gelsenkirchen-Stadtbahn-Karte.htm> adresinden alındı
- Metro İstanbul. (2021). *Genel Tanıtım Kataloğu*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- Metrolink. (2022). *Chatsworth Station Improvements Project: Ventura County Line*. <https://metrolinktrains.com/about/agency/score/chatsworth-project/> adresinden alındı

- MTA. (2023). *Welcome to Access-A-Ride Paratransit Service*. <https://new.mta.info/accessibility/access-a-ride> adresinden alındı
- MTA Press Releases. (2016). *MTA Installs USB Charging Ports at Four Subway Stations*. <https://new.mta.info/press-release> adresinden alındı
- NFPA 130. (2010). *Standart For Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems*. Amerika: NFPA.
- Nursal, I. M., Eşmebaşı, M., Erdem, E., & Gül, Z. S. (2019). Yeraltı Metro İstasyonlarında Akustik Tasarım ve Analiz Yöntemleri. *13. Ulusal Akustik Kongresi ve Sergisi*. Diyarbakır: Türk Akustik Derneği (TAKDER).
- Öztaş, N. (2023). *Kent İçi Raylı Ulaşımında Yol Kullanım Hakkı Kavramı ve Eskişehir Batıkent Tramvay Hattı Duraklarının Hizmet Performansının Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi*. Eskişehir: Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Plan Metro. (2022). *Métro Châtelet*. Station Métro Châtelet: <https://planmetro.paris/plan-metro-paris/metro-chatelet/#info-metro> adresinden alındı
- R. Vuchic, V. (2015). *Kent İçi Toplu Ulaşım ve Yaşanabilir Şehirler* (Cilt I). İstanbul: İstanbul Ulaşım A.Ş.
- R. Vuchic, V. (2015). *Kent İçi Toplu Ulaşım ve Yaşanabilir Şehirler* (Cilt II). İstanbul: İstanbul Ulaşım A.Ş.
- Rail Journal. (2020). *Paris Suburban Stations Modernised*. <https://www.railjournal.com/passenger/commuter-rail/paris-suburban-stations-modernised/> adresinden alındı
- Railway Gazette. (2008). *Hyundai Rotem Signs Marmaray Train Contract*. <https://www.railwaygazette.com/hyundai-rotem-signs-marmaray-train-contract/33519.article> adresinden alındı
- Railway Gazette. (2016). *Valencia Cercanías Upgrades Complete*. <https://www.railwaygazette.com/infrastructure/valencia-cercanias-upgrades-complete/44000.article> adresinden alındı
- Railway Technology. (2017). *New Train Station for Bremen's Suburbs*. <https://www.railway-technology.com/news/new-train-station-for-bremens-suburbs/> adresinden alındı
- Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü. (2019). *Metro Tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı.
- Sameni, M., & Moradi, A. (2022). Railway Capacity: A Review of Analysis Methods. *Journal of Rail Transport Planning & Management*(24).
- Schwandl, R. (2022). UrbanRail: <https://www.urbanrail.net/> adresinden alındı
- Seung-ah, L. (2014, Aralık 18). *KOCIS & Korea.net*. Korea.Net: <https://www.korea.net/NewsFocus/Society/view?articleId=123925> adresinden alındı

- Šojat, D., Brčić, D., & Slavulj, M. (2017). Analysis of Public Transport Service Improvements on Tram Network in The City of Zagreb. *Technical Bulletin*, 24(1), 217-223.
- South China Morning Post. (2016). *MTR Signals Efficiency with Railway Upgrades*. <https://www.scmp.com/> adresinden alındı
- Southern. (2022). *Improving Your Stations*. <https://www.southernrailway.com/about-us/our-commitments/improving-your-stations> adresinden alındı
- Srivathsan, A. (2011). *Experts Suggest Improvement in Design of Metro Stations*. <https://www.thehindu.com/news/cities/chennai/Experts-suggest-improvement-in-design-of-metro-stations/article12060923.ece> adresinden alındı
- Şenlik, İ. (2016). Kent İçi Raylı Ulaşım Sistemleri. *Elektrik Mühendisliği Dergisi*(458), 37-39.
- The Japan Times. (2015). *Tokyo Metro Unveils New Digital Maps*. <https://www.japantimes.co.jp/> adresinden alındı
- Thomson, R. (2016). *How Would You Improve Metro? There is a Contest for That*. <https://www.washingtonpost.com/news/dr-gridlock/wp/2016/06/22/how-would-you-improve-metro-theres-a-contest-for-that/> adresinden alındı
- Tikkanen, A. (2022). *London Underground*. Britannica: <https://www.britannica.com/topic/London-Underground> adresinden alındı
- Transport For London. (2021). *Step-Free Access*. <https://tfl.gov.uk/travel-information/improvements-and-projects/step-free-access> adresinden alındı
- TS 12127. (1997). *Şehir İçi Yollar-Raylı Taşıma Sistemleri Bölüm 1: Yer Altı İstasyon Tesisleri Tasarım Kuralları*. Türk Standartları Enstitüsü.
- TS ISO 23599. (2012). *Görme Özürlü veya Az Görenler için Yardımcı Mamuller - Hissedilebilir Yürüme Yüzeyi İşaretleri*. Türk Standartları Enstitüsü.
- TTC. (2022). *Toronto Transit Commission*. <https://www.ttc.ca/subway-stations/victoria-park-station> adresinden alındı
- UKTram. (2022). *London Tramlink*. The Voice of Light Rail: <https://www.uktram.org/systems/london-tramlink/> adresinden alındı
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2022). Marmaray: <https://marmaray.gov.tr/> adresinden alındı
- Utku, S. B. (2008). *Sinyalize Kavşaklarda Yaya Hareketliliğinin ve Güvenliğinin İrdelenmesi*. İzmir: İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uysal, O. (2015). *İstanbul'da Raylı Sistemler*. Rail Turkey Tr: <https://tr.railturkey.org/2015/03/20/istanbul-kentici-rayli-sistem/> adresinden alındı
- Vikipedi. (2022). Vikipedi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Anasayfa> adresinden alındı
- VTa Transit. (2007). *Light Rail Transit Service Guidelines*. San Jose: Santa Clara Valley Transportation Authority.

Xia, H., Shen, C., Zhang, C., Wang, X., & Zhang, D. (2017). Challenges in the Integration of Light Rail and Land Use: A Case Study of Yizhuang Line in Beijing. *Urban Rail Transit*, 45-53.

Yüksel Proje. (2007). *Demiryolları Planlama ve Tasarım Teknik Esasları*. T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü.



ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0001-5491-0745

Adı Soyadı: Mert Karaağaç

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim: Yalova Üniversitesi Ulaştırma Mühendisliği (2013-2018)

Anadolu Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi (2019-2023)

Mesleki Geçmiş: Çelikler Holding A.Ş. / Zorunlu Üniversite Stajı (2017)

Metro İstanbul A.Ş. / Zorunlu Üniversite Stajı (2018)

Yılmazer Mühendislik / Ulaştırma Mühendisi (2019-2020)

TCDD Teknik A.Ş. / Ulaştırma Mühendisi (2020-...)

Yayınlar: Karaağaç M. (2022) Kent İçi Raylı Ulaşım Sistemlerinde Metro İstasyonlarının Yapısal ve Mimari Tasarım Kriterleri Üzerinde İnceleme. International Engineering and Technology Management Summit, 4, 200-206.