

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
ULAŞTIRMA PROGRAMI**

**MANİSA ÖZELİNDE
RAYLI SİSTEM VE ELEKTRİKLİ OTOBÜS
FİZİBİLİTE DEĞERLENDİRMESİ**

Serdinç BULUT

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Tülin ÇETİN**

MANİSA–2025

**SERDİNÇ
BULUT**

**MANİSA ÖZELİNDE RAYLI SİSTEM VE ELEKTRİKLİ OTOBÜS
FİZİBİLİTE DEĞERLENDİRMESİ**

2025

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zekâ ve program kullanmadığımı beyan ederim.

Serdinç BULUT



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Serdinç BULUT

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tülin ÇETİN

Manisa’da nüfus artışı, kent merkezine yığılma, özel araç kullanımının yoğunluğu ve mevcut ulaşım altyapısının kapasite sınırına ulaşması gibi etkenler, yoğun bir trafik baskısı oluşturmuştur. Toplu taşıma altyapısının güçlendirilmesine yönelik kararların, ekonomik ve teknik açıdan gerçekçi fizibilite analizlerine dayanması büyük önem taşımaktadır.

Tez çalışmasında, Manisa merkez ilçelerinde bulunan Şehir Hastanesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesinin Muradiye’de yer alan ana yerleşkesi arasındaki şehir çeperinden geçerek ulaşım ihtiyacının yıllar sonrası için modellenmesi yapılarak alternatifler sunulmaktadır. İki farklı toplu taşıma sistemi, elektrikli otobüs kullanımı ve raylı sistem kullanımı incelenmiştir. İncelenen bu toplu taşıma çeşitleri için sistem, kapasite, yatırım maliyeti, işletme giderleri, bakım gereksinimi, sefer aralığı, enerji tüketimi, erişilebilirlik, altyapı gereksinimleri ve finansal sürdürülebilirlik konularında incelenerek karşılaştırılmıştır.

Hali hazırda TCDD tarafından kullanılan ve Manisa merkezinden geçen demir yolunun, yüksek hızlı tren alt yapısının Manisa’ya gelmesinden sonra boşa çıkacağı varsayımı yapılmaktadır. Bu varsayımla mevcut demir yolu alt yapısını kullanarak, raylı sistem alt yapı yatırım maliyetlerinin düşürülmesi ile yeni bir ulaşım sistemi kurulması durumunda ne kadar avantaj sağlayacağı incelenmektedir.

Çalışmada, Manisa Büyükşehir Belediyesi ve Manisa Ulaşım Hizmetleri A.Ş tarafından sağlanan 2024–2025 yıllarına ait yolculuk verileri, bilet fiyatları, mevcut sefer planları, zirve saat dağılımları ve hat kullanımları kapsamlı biçimde analiz edilmektedir. Ekonomik fizibilite analizinde her iki sistem için 2 yıl proje, finansman ve kurulum süreci olarak düşünülmüş, daha sonrası için 20 yıllık yolculuk projeksiyonu ile bilet gelirlerinin yıllık artışı, yolculuk sayılarının yıllık artışı, işletme giderlerinin güncellenmesi, euro bazlı gelir hesaplamaları, kredi kullanım

koşulları, yatırım geri ödeme süreleri ve gelir–gider dengelerine ilişkin farklı alternatifler modellenmiştir.

Analizler, elektrikli otobüslerin kısa vadede düşük maliyetle uygulanabilir olduğunu, sefer sıklığının esnek biçimde arttırılabileceğini, mevcut yol altyapısını kullanması nedeniyle kentsel müdahale gerektirmediğini göstermektedir. Buna karşın raylı sistemin yüksek yolcu kapasitesi, güvenilir ve trafik sıkışıklığına takılmama gibi ulaşım avantajı bulunmakla birlikte; ilk yatırım maliyeti, bakım-onarım ihtiyacı, altyapı gereksinimleri ve uzun yatırım geri dönüş süresi dikkate alındığında riskli bir yatırım olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları'nın (TCDD) mevcut demir yolu altyapısının kullanılması, raylı sistem maliyetlerini önemli ölçüde azaltma potansiyeli olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Otobüs, Raylı Sistem, Toplu Taşıma, Fizibilite, Maliyet, Ulaşım, Manisa.

2025, XIII + 104 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Serdinç BULUT

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Education
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Tlin ÇETİN

Factors such as population growth, urbanization concentrated in the city core, intensive private vehicle usage, and the existing transportation infrastructure reaching its capacity limits have generated significant traffic pressure in Manisa. Decisions regarding the strengthening of public transportation infrastructure must be grounded in realistic economic and technical feasibility analyses.

This thesis presents transportation alternatives by modeling future travel demand between Manisa City Hospital, located in the central districts, and the main campus of Manisa Celal Bayar University in Muradiye, along a route passing through the urban periphery. Two distinct public transportation systems—electric buses and rail systems—were examined. These modes were comparatively analyzed in terms of system characteristics, capacity, investment costs, operating expenses, maintenance requirements, headways, energy consumption, accessibility, infrastructure needs, and financial sustainability.

The study proceeds on the hypothesis that the existing railway line, currently operated by the Turkish State Railways (TCDD) and passing through the Manisa city center, is expected to become redundant for intercity traffic following the introduction of high-speed rail infrastructure in Manisa. Based on this hypothesis, the study investigates the potential advantages of establishing a new transportation system by utilizing this existing railway infrastructure to reduce initial rail system investment costs.

Travel data, ticket pricing, existing schedule plans, peak-hour distributions, and line usage rates for the years 2024–2025, provided by the Manisa Metropolitan Municipality and Manisa Transportation Services Inc., were comprehensively

analyzed. In the economic feasibility analysis, a 2-year period was designated for project planning, financing, and construction for both systems. Subsequently, various scenarios were modeled using a 20-year ridership projection, incorporating annual increases in ticket revenue and passenger numbers, updates to operating expenses, euro-based revenue calculations, credit utilization conditions, investment payback periods, and income–expense balances.

The analyses indicate that electric buses are feasible in the short term due to lower costs, operational flexibility in increasing frequency, and the absence of major urban interventions since they utilize existing road infrastructure. Conversely, while the rail system offers advantages such as high passenger capacity, reliability, and immunity to traffic congestion, it is considered a high-risk investment due to substantial initial capital costs, maintenance requirements, infrastructure needs, and a long return on investment period. Nevertheless, utilizing the existing Turkish Republic State Railways (TCDD) railway infrastructure has the potential to significantly reduce rail system costs, thereby enhancing its viability.

Keywords: Electric Bus, Rail System, Public Transportation, Feasibility, Cost, Transportation, Manisa

2025, XIII + 104 pages

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Kent içi toplu taşıma sistemlerini değerlendirdiğim tez çalışmam boyunca akademik rehberliğiyle ufkumu açan, aynı zamanda anlayışlı ve sabırlı yaklaşımıyla da bana güç veren değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Tülin ÇETİN'e en derin teşekkürlerimi sunmak isterim. Motivasyonumu kaybettiğim zamanlarda bile yanımda olarak, bana benden çok güvenerek inanç aşılması ve destekleyici tutumu bu süreci benim için daha kolay ve anlamlı hale getirmiştir. Akademik bir çalışmanın ötesinde, bu tezin en değerli unsurudur.

Tezim süresince her daim yanımda olan, sabır ve anlayışlarıyla beni destekleyen canım eşim, can parçam kız kardeşim ve aileme minnettarlığımı ifade etmek isterim. Onların sevgisi ve desteği, bu çalışmayı tamamlamamda en büyük motivasyon kaynağım olmuştur. Çalışmamı kara gözlü kızım Akay Bulut'a ithaf ediyorum.

Serdinç BULUT
Manisa, 2025

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A.1_EO	Elektrikli Otobüs Alternatif 1
A.2_EO	Elektrikli Otobüs Alternatif 2
A.3_EO	Elektrikli Otobüs Alternatif 3
A.1_HRS	Hafif Raylı Sistem Alternatif 1
A.2_HRS	Hafif Raylı Sistem Alternatif 2
A.3_HRS	Hafif Raylı Sistem Alternatif 3
A.4_HRS	Hafif Raylı Sistem Alternatif 4
BSMV	Banka ve Sigorta Muameleleri Vergisi
CO ₂	Karbon dioksit
dB	Desibel
dB(A)	İşitmenin farklı frekanslara olan duyarımını hesaplanan desibel
E-Bus	Elektrikli Otobüs
HRS	Hafif Raylı Sistem (Light Rail Transit)
KKDF	Kaynak Kullanımını Destekleme Fonu
km	Kilometre
km ²	Kilometre kare
kw/h	Kilovat saat
KOOP	Kooperatif
KYK	Kredi ve Yurtlar Genel Müdürlüğü
LNG	Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
MANULAŞ	Manisa Ulaşım Hizmetleri Makine Sanayi ve Ticaret A.Ş
MBB	Manisa Büyük Şehir Belediyesi
MUAP	Manisa Ulaşım Ana Planı
ÖHO	Özel Halk Otobüsü
TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TL	Türk Lirası
TOKİ	Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
TTOG	Toplu Taşıma Odaklı Gelişim (Transit-Oriented Development)
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TY	Tarih Yok
UKOME	Ulaşım Koordinasyon Müdürlüğü
W/h	Waat saat

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. Toplu Taşımanın Önemi (Acidcow, t.y.).....	14
Şekil 2. Farklı yakıt türlerine göre otobüsler	15
Şekil 3. Metrobüs (TGRT Haber, t.y.).....	15
Şekil 4. Trolleybüs (Bozankaya, t.y.).....	16
Şekil 5. Minibüs (Lojipor, t.y.)	17
Şekil 6. Taksi dolmuş (Edebiyat Gazetesi, 2024).....	17
Şekil 7. Banliyö Hattı (Tout Istanbul, t.y.)	18
Şekil 8. Metro (Bozankaya, t.y.)	19
Şekil 9. Hafif Raylı (Bozankaya, t.y.).....	19
Şekil 10. Tramvay (Bozankaya, t.y.)	20
Şekil 11. Monoray (Pikabu, 2018).....	21
Şekil 12. Lastik Tekerlekli Raylı Sistem (GZT, t.y.).....	21
Şekil 13. Füniküler (Viajar – El Periódico, 2024)	22
Şekil 14. Teleferik (Fischer Blog, 2025)	23
Şekil 15. Vapur (İzdeniz, t.y.).....	23
Şekil 16. Deniz Otobüsü (Onedio, t.y.).....	24
Şekil 17. Deniz Taksi (Adalardan.net, t.y.)	24
Şekil 18. Manisa İli Coğrafi Konumu (Manisa Valiliği, t.y.).....	34
Şekil 19. Manisa Nüfus Yoğunluğu Haritası (TÜİK, 2023).....	35
Şekil 20. Manisa Merkez Nüfus Yoğunluğu Haritası (TÜİK, 2023,).....	36
Şekil 21. İlçe Nüfusunun Toplam Nüfusa Oranı 2024 yılı	36
Şekil 22. Manisa Kent Merkezi Odak Noktaları (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).	39
Şekil 23. Manisa Şehir Merkezinde Bulunan Kara Yollarında Ulaşım Talebi Yoğunluğu (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).	40
Şekil 24. Toplu Taşıma Arzu Hat Talep Görünümü (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).	41
Şekil 25. Hat-302 Toplu Taşıma Araçları Ulaşım Güzergâhı.....	42
Şekil 26. Hat-306 Toplu Taşıma Araçları Ulaşım Güzergâhı.....	42
Şekil 27. Hat-21 Toplu Taşıma Araçları Ulaşım Güzergâhı.....	43
Şekil 28. Hat-22 Toplu Taşıma Araçları Ulaşım Güzergâhı.....	43
Şekil 29. Manisa’da Elektrikli Otobüs (MBB, 2019)	45
Şekil 30. Hafif Raylı Sistem Aracı (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).....	46
Şekil 31. TCDD Demir Yolu Ağı (TCDD, t.y.)	48
Şekil 32. Önerilen Hafif Raylı Sistem Hattı	49
Şekil 33. Önerilen Elektrikli Otobüs Güzergâhı	50
Şekil 34. Elektrikli Otobüs Üniversite Başlangıç Ölü Km Güzergâhı	51
Şekil 35. Elektrikli Otobüs Şehir Hastanesi Başlangıç Ölü Km Güzergâhı	51

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Merkez Yerleşke Sayıları.....	37
Tablo 2. Yerleşke Yurt Kapasiteleri (Yunus Emre Belediyesi, 2025)	37
Tablo 3. 1-31 Mayıs 2025 Arası Toplu Taşıma Araçları Yolculuk Sayıları	52
Tablo 4. Toplam Yolculukların Yüzdelik Oranları	52
Tablo 5. Yıllık ve Aylık Toplu Taşıma Binişleri	53
Tablo 6. Yıllık %2 Artış ile Yıllık ve Aylık Ortalama Yolculuk Sayıları.....	54
Tablo 7. Yıllık Yolculukların 23 Yıl Sınıflandırılması	55
Tablo 8. 2025 Yılı TL ve Euro Cinsinden Bilet Fiyatları.....	55
Tablo 9. Yıllık %1,5 Artış ile Projeksiyon Yıllarında Euro Cinsinden Bilet Fiyatları	56
Tablo 10. Yıllık Euro Bazlı Gelir Beklentisi.....	57
Tablo 11. Yolculuk Sayılarının Saatlik Ortalaması.....	57
Tablo 12. Şehir Hastanesi Başlangıç Elektrikli Otobüs Sefer Planı.....	58
Tablo 13. Üniversite Başlangıç Elektrikli Otobüs Sefer Planı	60
Tablo 14. Elektrikli Otobüslerin Günlük Kullanımı	62
Tablo 15. Elektrikli Otobüs Kaptan İhtiyacı	63
Tablo 16. Şehir Hastanesi Başlangıç HRS Sefer Planı.....	64
Tablo 17. Üniversite Başlangıç HRS Sefer Planı	65
Tablo 18. HRS'nin Günlük Kullanımı	66
Tablo 19. Hafif Raylı Vatman İhtiyacı.....	66
Tablo 20. Elektrikli Otobüs Yolcu Kapasite Sayısı	67
Tablo 21. HRS Yolcu Kapasite Sayısı	67
Tablo 22. Elektrikli Otobüslerin Sıfırdan Yatırım Maliyeti.....	69
Tablo 23. HRS'nin Sıfırdan Yatırım Maliyeti.....	70
Tablo 24. Elektrikli Otobüs İşletme Maliyeti.....	70
Tablo 25. HRS İşletme Maliyeti.....	71
Tablo 26. İşletme Maliyetlerinin Yıllar İçindeki Artışı.....	72
Tablo 27. Elektrikli Otobüs İçin Kredi Kullanım Koşulları.....	73
Tablo 28. Elektrikli Otobüs İçin Euro Cinsinden Kredi Ödemesi.....	73
Tablo 29. HRS İçin Kredi Kullanım Koşulları.....	73
Tablo 30. HRS İçin Euro Cinsinden Kredi Ödemesi	74
Tablo 31. A.1_EO Yıllara Göre Euro Cinsinden İşletme Gelir Gider Dengesi	75
Tablo 32. A.2_EO Yıllara Göre İşletme Gelir Gider Dengesi	76
Tablo 33. A.3_EO İçin Yolculuk Biniş Oranının Değişimi İle Yolculuk Sayıları.....	77
Tablo 34. A.3_EO İçin Yıllık Euro Bazlı Gelir Beklentisi	78
Tablo 35. A.3_EO Yıllara Göre İşletme Gelir Gider Dengesi	79
Tablo 36. A.1_HRS Yıllara Göre İşletme Gelir Gider Dengesi.....	80
Tablo 37. A.2_HRS Yatırım Hesaplaması	81
Tablo 38. A.2_HRS Kredi Kullanım Koşulları.....	81
Tablo 39. A.2_HRS İçin Euro Cinsinden Kredi Ödemesi.....	81
Tablo 40. A.2_HRS Yıllara Göre Euro Cinsinden İşletme Gelir Gider Dengesi.....	82
Tablo 41. A.3_HRS Yolculuk Biniş Oranının Değişimi ile Yolculuk Sayıları.....	83
Tablo 42. A.3_HRS Yıllık Euro Bazlı Gelir Beklentisi	83
Tablo 43. A.3_HRS Euro Cinsinden İşletme Gelir Gider Dengesi.....	84
Tablo 44. A.4_HRS Yatırım Maliyeti	85
Tablo 45. A.4_HRS İşletme Maliyeti.....	86
Tablo 46. A.4 Yıllık Yolculuk Sayıları	86

Tablo 47. A.4_HRS Yolculuk Biniş Oranın Değişimi ile Yolculuk Sayıları.....	87
Tablo 48. A.4_HRS Euro Cinsinden Gelir Beklentisi.....	88
Tablo 49. A.4_HRS Euro Cinsinden İşletme Giderinin %1,5 Oranı İle Güncellenmesi.....	88
Tablo 50. A.4_HRS Kredi Kullanım Koşulları.....	89
Tablo 51. A.4_HRS Kredi Ödemesi.....	89
Tablo 52. A.4_HRS İşletme Gelir Gider Dengesi.....	90
Tablo 53. A.4_HRS'de Araç Artışı ile Kapasite Artışı.....	91
Tablo 54. A.4_HRS Euro Cinsinden Yatırım ve İşletme Maliyetleri	91
Tablo 55. A.4_HRS İşletme Giderinin %1,5 Oranında Güncellenmesi.....	92
Tablo 56. A.4_HRS İşletme Gelir Gider Dengesi.....	93



İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT.....	III
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	V
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
İÇİNDEKİLER	X

1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Taraması	3
1.2 Yöntem	8
2. ULAŞIM	10
2.1 Ulaşım Sistemleri	11
2.1.1 Boru Hattı Taşıma Sistemi	11
2.1.2 Hava Yolu Taşıma Sistemi	11
2.1.3 Kara Yolu Taşıma Sistemi	11
2.1.4 Raylı Taşıma Sistemi	11
2.1.5 Deniz Yolu Taşıma Sistemi	12
2.2 Ulaşım Sistemlerinde Kullanılan Temel Kavramlar	12
2.3 Kent İçi Toplu Taşımacılık	13
2.3.1 Kent İçi Toplu Taşımacılık Sistemleri	14
2.3.1.1 Lastik Tekerlekli Kara Yolu Toplu Taşıma Sistemleri	14
2.3.1.1.1 Otobüs	14
2.3.1.1.2 Metrobüs.....	15
2.3.1.1.3 Trolleybüs.....	16
2.3.1.1.4 Minibüs Dolmuş	16
2.3.1.1.5 Taksi Dolmuş	17
2.3.1.2 Raylı ve Kablolu Toplu Taşıma Sistemleri	18
2.3.1.2.1 Banliyö Demir Yolu	18
2.3.1.2.2 Metro	18
2.3.1.2.3 Hafif Raylı Sistem (HRS)	19
2.3.1.2.4 Tramvay	20
2.3.1.2.5 Monoray	20

2.3.1.2.6	Lastik Tekerlekli Raylı Sistem	21
2.3.1.2.7	Füniküler Sistem	22
2.3.1.2.8	Teleferik	22
2.3.1.3	Deniz Yolu Toplu Taşıma Sistemleri.....	23
2.3.1.3.1	Vapur	23
2.3.1.3.2	Deniz Otobüsü.....	24
2.3.1.3.3	Deniz Taksi	24
2.4	Ulaşım ve Çevre	25
2.4.1	Ulaşım ve Enerji.....	25
2.4.1.1	Enerjinin Tarihsel Gelişimi	25
2.4.1.2	Türkiye’de Ulaşım Sistemlerinin Enerji Tüketimi.....	26
2.4.2	Ulaşımın Çevresel Etkileri	27
2.4.2.1	Sera Gazı Emisyonları ve İklim Değişikliği	27
2.4.2.2	Hava Kirliliği ve Halk Sağlığı Etkileri.....	27
2.4.2.3	Gürültü Kirliliği.....	28
2.4.3	Arazi Kullanımı ve Biyolojik Çeşitlilik Kaybı	28
2.4.3.1	Su ve Toprak Kirliliği	28
2.5	Demir Yolu Toplu Taşıma Sistemleri ile Kara Yolu Toplu Taşıma Sistemlerinin Kıyaslanması.....	28
2.5.1	Demir Yolu Toplu Taşıma Sistemlerinin Avantajları.....	29
2.5.2	Demir Yolu Toplu Taşıma Sistemlerinin Dezavantajları.....	29
2.5.3	Kara Yolu Toplu Taşıma Sistemlerinin Avantajları	29
2.5.4	Kara Yolu Toplu Taşıma Sistemlerinin Dezavantajları.....	30
2.6	Elektrikli Otobüs ve Raylı Sistemlerin Çevre ve Sosyal Etkilerinin Kıyaslanması	30
2.6.1	Gürültü ve Titreşim	30
2.6.2	Hava Kirliliği ve Çevresel Etki	30
2.6.3	Kapasite ve Verimlilik	31
2.6.4	Konfor ve Kullanıcı Deneyimi.....	31
2.6.5	Alan Kullanımı ve Altyapı Gereksinimi	31
2.6.6	Güvenlik ve Kaza Oranı.....	31
2.6.7	Erişim	32

3.	FİZİBİLİTE.....	33
3.1	Fizibilite Raporlarının Önemi	33
4.	ÇALIŞMA ALANI VE ARAŞTIRMA BULGULARI	34
4.1	Manisa İli Hakkında Genel Bilgiler	34
4.2	Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi 37	
4.3	Ulaşım Ana Planı	38
4.3.1	Toplu Taşıma Bilgileri	39
4.3.1.1	Toplu Taşıma Hatlarının Yoğunluğu	39
4.3.1.2	Mevcut Güzergâh Bilgileri.....	41
5.	ÇALIŞMA METODOLOJİSİ.....	44
5.1	Çalışmada Tercih Edilen Araçlar	44
5.1.1	Elektrikli Otobüs	44
5.1.2	Hafif Raylı Sistem Aracı.....	45
5.2	Manisa için Raylı Sistem.....	46
5.3	Öneri Hat Güzergâhları	47
5.3.1	Öneri HRS Güzergahı	47
5.3.2	Öneri Elektrikli Otobüs Güzergahı	49
5.4	Verilerin Değerlendirilmesi.....	52
5.4.1	Ücret Tarifesi	52
5.4.2	Yolculuk Sayıları	52
5.4.1	Hasılat	54
5.4.2	Haftalık Günlük Saatlik Yolculukların Değerlendirilmesi	56
5.4.3	Araç Sefer Planlarının ve Sürücülerin Belirlenmesi	58
5.4.3.1	Elektrikli Otobüs	58
5.4.3.2	Hafif Raylı Sistem	63
5.4.4	Planlanan Sistemlerin Kapasiteleri	67
5.4.4.1	Elektrikli Otobüs	67
5.4.4.2	HRS	67
5.4.5	Sistemlerin Enerji Tüketimi	68
5.4.5.1	Elektrikli Otobüs	68
5.4.5.2	HRS	68

5.4.6	Araçların Yatırım Maliyeti.....	68
5.4.6.1	Elektrikli Otobüs	68
5.4.6.2	HRS	69
5.4.7	İşletme ve Bakım Maliyetleri.....	70
5.4.7.1	Elektrikli Otobüs	70
5.4.7.2	HRS	71
5.4.8	İşletme ve Bakım Maliyetlerinin Güncellenmesi.....	71
5.4.9	Yatırım Maliyetinin Kredilendirilmesi	72
5.4.9.1	Elektrikli Otobüs	72
5.4.9.2	HRS	73
6.	ALTERNATİFLER	75
6.1	Elektrikli Otobüs	75
6.1.1	Alternatif 1	75
6.1.2	Alternatif 2	76
6.1.3	Alternatif 3	76
6.2	HRS	79
6.2.1	Alternatif 1	79
6.2.2	Alternatif 2	80
6.2.3	Alternatif 3	82
6.2.4	Alternatif 4	84
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER	94
8.	KAYNAKLAR	96

1. GİRİŞ

Hızla artan nüfusun düzensiz kentleşmeye sebep olması, hava kirliliği, alt yapı eksikliği ve enerji sıkıntısı gibi sorunlar, ulaşım konusunu kentsel politikaların merkezi haline getirmiştir. Manisa gibi büyüyen kentlerde, nüfus artışı ile mevcut ulaşım altyapısının yetersiz kalması sebebiyle trafikte geçirilen sürelerin uzaması, iş gücü kayıplarına ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015). Bu durum, ulaşım sistemlerinin daha verimli ve sürdürülebilir hale getirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Şehir merkezlerinde yaşamının popülerlik kazanmasının sebepleri genelde birbirleriyle benzerlik gösterse de kentin yer aldığı bölgeye ve sosyo-ekonomik duruma göre değişiklik göstermektedir. Bu açı ile bakıldığında, Manisa ilinde planlı kentleşmenin, sanayi ve tarım alanları arasında kalması, kentin büyümesinin zorlu bir yönü olduğu görülmektedir (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015). Özellikle, otomobil sahiplik talebinin artması, buna karşılık kara yolu ağlarının aynı oranda yapılamaması, kent içinde ulaşım sorununun doğmasına neden olmaktadır. Bu sorunun çözüme kavuşturulması amacıyla planlamalar yapılması gereği ortaya çıkmıştır.

Dünya üzerinde olduğu gibi Manisa ilinde de iş imkânları, sosyal imkânlar, eğitim olanaklarından dolayı kentleşme hızı, artış gösteren nüfus ve bireysel araç sahipliği şehir içi ulaşımı zorlaştırmaktadır. Manisa kent merkezinin yoğun yapılaşması, yeni imar planları ile alternatif yapılaşma alanları oluşturulamaması ve nüfus yoğunluğunun aynı bölgede artması, yakın zaman dilimlerinde ulaşım ihtiyaçları trafik sorununu da beraberinde getirmiştir. Trafik sorunuyla birlikte kazalar ve egzoz emisyonu da önemli derecede artış göstermektedir. Artan trafik sıkışıklığı, çevre kirliliği ve park yeri gibi problemlerin de etkisiyle toplu taşıma yöntemlerinin değerlendirilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Manisa ili özelinde mali olarak karşılanabilir, çevreye verilen zararı en aza indiren, erişimi kolay, konforlu, emniyetli ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerinden olan mevcutta kullanılan elektrikli otobüsler ve halihazırda bulunan demir yolu hattı ile çevreci bir alternatif olan raylı sistemlerin değerlendirilmesi yapılacaktır. Manisa il merkezinde konumlanmış iki merkez ilçesinin yarım milyona yaklaşan nüfusu,

ilçelerinde yoğunlukla konut stoğunun bulunduğu doğu bölgesinde yaşayan nüfusun, eğitim ve çalışma hayatlarını devam ettirdikleri batı bölgesine kolay ulaşımı oldukça önemlidir. İlçe merkezlerinin artan ulaşım taleplerine çözüm bulmak, yaşam kalitesini arttırmak amacıyla düşük yatırım bedelli, uygun işletme maliyetli, trafik yoğunluğunu azaltan, düşük enerji tüketimi ile verimli, yüksek yolcu kapasitesi ve konfor gibi, çağdaş kent içi ulaşım çözümlerine ait alternatifleri araştırılacaktır. Bu konuda, iklim değişikliği, enerji maliyetleri, egzoz salınımı gibi etkenler nedeniyle elektrikli toplu taşıma araçlarının, dizel yatık ile çalışan toplu taşıma araçlarına alternatif olup olamayacağı konusu gündeme gelmektedir (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015). Ulaşım sektöründe elektrikli araçlara geçilmesi, ulaşım emisyonlarının azaltılması adına önem taşımaktadır (IPCC, 2022).

Bu tez kapsamında, Manisa İli merkez ilçelerinin doğu ve batı bölgeleri arasındaki ulaşım ihtiyacı için alternatif çözüm önerileri araştırılacaktır. Toplu taşıma hizmetlerinin sağlanmasında raylı sistemler veya benzeri elektrikli sistemlerin tercih edilmesi farklı alternatifler olarak ortaya çıkmaktadır. Elektrikli otobüslerin, işletme maliyetlerinin ve enerji tüketiminin kara yolu taşımacılığına göre daha düşük olması, trafik yoğunluğunu azaltması, yüksek yolcu taşıma kapasitesi, konfor ve sosyal etkileri gibi avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015). Raylı sistemler ise diğer toplu taşıma araçlarından daha fazla yolcu taşıma kapasitesi, trafik güvenliği, düşük kaza riski sağlarken, yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle yolcu yoğunluğunun dikkate alınmasını, önemli hale getirmektedir.

Tez çalışmasında Manisa'nın doğusunda yer alan Şehir Hastanesinden başlayıp, Manisa Tren Garı'ndan geçen ve sanayi ile üniversitenin bulunduğu batı bölgelerine giden bir güzergahta raylı sistem kurulması incelenecektir. Bu sayede yoğun trafik nedeniyle oluşacak vakit kaybının önüne geçilmesi planlanmaktadır. Hali hazırda, hedef bölgeler arasında TCDD'nin raylı sistem alt yapısı bulunduğundan, tezde önerilen sistem için gerekli altyapı maliyetlerinin en aza indirileceği düşünülmektedir. Bu durumda, kamu bütçesiyle yapılan bir hizmette, maliyeti düşürerek faydaların ön plana çıkması hedeflenmektedir. Tez çalışmasında dikkate alınacak bir diğer alternatifte, yukarıda belirtilen amaçlar ve güzergâh doğrultusunda son yıllarda Manisa'da kullanımına başlanan elektrikli otobüslerin kullanımı ile kesintisiz ulaşım sağlanmasıdır.

Manisa Büyükşehir Belediyesinin envanterinde bulunan elektrikli otobüs filosu ile aynı güzergahta raylı sistem kullanılması durumuna ilişkin yatırım fizibilitelerine ilişkin değerlendirmeleri ortaya konacaktır. Raylı sistem için bir güzergâh önerisinde bulunulacaktır. Önerilen güzergahta yolcu trafiği analiz edilerek, mevcut durumun ortaya konulması ve önerilen sistemin fizibilitesine ilişkin bilimsel bir temel oluşturulması amaçlanmaktadır.

1.1 Literatür Taraması

Tez çalışmasına katkı sağlayacak bilgi ve verilere ulaşmak için kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda fizibilite raporları ile ilgili kaynaklar dışında, raylı sistem projeleri, bunların; yatırım, işletme ve bakım maliyetleri, talep analizleri, yapımları sonrasında ortaya çıkan durumları konu edinen ve bunun gibi çalışmalarda incelenmiştir. Bu bölümde literatür taramasında incelenen çalışmaların bazılarına değinilecektir.

Abbasgil (1994) çalışmasında özellikle II. Dünya Savaşı sonrasında raylı sistemlerdense kara yolu odaklı ulaşım geçilmesinin sonuçlarını incelemiştir. Raylı sistemlerin 1950’li yıllarda yerini kara yolu taşıtlarına bırakması, trafik sıkışıklığı, çevre kirliliği ve düşük hizmet kalitesi gibi sorunları beraberinde getirdiğini söylemiştir. Raylı sistemlerdeki yatırımların başarılı olması için ulaşım ana planları ve kentsel planlarla uyumlu olması gerektiğini öne sürmüştür.

Aslan (2006) çalışmasında İzmir’de 1990’lı yıllardan itibaren yaygınlaşmaya başlayan raylı sistemlerin kentteki etkilerini analiz etmiştir. Raylı sistemlerin bulunduğu ana istasyonların çevresinde trafiğin azaldığını tespit etmiştir, HRS’nin yüksek yatırım maliyetini kabul etmekle birlikte kent trafiğini rahatlattığının ve kente ekonomik katkı sağladığının göz ardı edilmemesi gerektiğini söylemiştir. Ayrıca hedef kullanıcı kitlesinin sadece mevcut otobüs yolcularının değil özel araç sahiplerinin de olduğuna değinmiştir. Kara yolu araçlarına göre daha güvenilir, hızlı, modern ve konforlu olmaları sebebiyle öncesinde özel araç kullanan kişilerin de raylı sistemi tercih ettiğine değinmiştir. Raylı sistem başarısının otobüs ve vapur gibi ulaşım araçlarıyla kurduğu entegrasyonun da sistemin başarısını doğrudan etkilediğini gözlemlemiştir.

Ayhan (2007) çalışmasında raylı sistemlerin maliyetlerini incelemiştir. Bu çalışmada işletme maliyetindeki ana kalemleri, bu maliyetlerin hesaplanmasını ve

hatlara göre maliyet farklarını araştırmıştır. Enerji, personel, bakım, amortisman, sigorta gibi kalemlerin maliyetlerinin önemine dikkat çekmiştir. Elektrikli otobüs ve tramvayın birim maliyetlerinin karşılaştırılması için metodolojik bir şablon sunmuştur. Son olarak da nitelikli ve vardiyalı çalışmalarından dolayı büyük maliyet kalemlerinden birinin personel giderleri olduğunu vurgulamıştır.

Mergen (2008) çalışmasında ulaşımda yol genişletme, kavşak düzenleme gibi kara yolu odaklı yaklaşımların genellikle uzun vadede trafik sorununu ötelemekten öteye gidemeyeceğini hatta sorunu kentin geneline de yayabileceğini belirtmiştir. Bu tür durumlarda kara yolundaki trafikten bağımsız ve toplu taşımayı teşvik edecek alternatifler üstünde durulabileceğini söylemiştir. HRS'nin yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen yoğun kullanımların olduğu hatlarda uygulanabilir olabileceğini ancak her güzergâh için uygun olmayabileceği için titizlikle planlanması gerektiğinden bahsetmiştir.

Saatçioğlu ve Yaşarlar (2012) çalışmalarında sürdürülebilir kent içi ulaşım için kriterlerin sadece ekonomik değil gürültü, kirlilik, arazi kullanımı vb. gibi dışsal etkilerden de oluştuğunu vurgulamıştır. Raylı sistemlerde kaza riskinin düşük olmasının da sistemin tercih edilmesinde önemli bir yeri olduğunu söylemiştir.

Kırlangıçoğlu (2014) çalışmasında raylı sistem güzergâhının tasarımına etki eden 12 ana faktörü belirlemiş ve bu faktörlerin önem derecelerini puanlamıştır. Yoğun aktarma yapılan yerlerde raylı sistemin diğer ulaşım türleriyle bağlanmasının, uyumunun ve yakınlığının önemini vurgulamıştır. Bunların yanı sıra eğim ve zemin gibi topografik bileşenlerinde raylı sistemin güzergâh tasarımındaki yerinden bahsetmiştir.

Kababulut ve Helvacı (2017) çalışmalarında İzmir ili özelinde raylı sistemlerin yüksek başlangıç maliyetleri ve uzun inşaat süreleri nedenleriyle bütçesinde baskı oluşturduğunu tespit etmiştir. Yalnız kapasite artışına odaklanmanın yanlış olduğunu, kentsel erişim kısıtlamaları ve entegrasyon stratejisi ile desteklenmesini vurgulamıştır. Ulaşımdaki çözüm önerilerinin sadece ekonomik sürdürülebilirliği değil operasyon ve yönetim açısından da sürdürülebilirliğinin sağlanması gerektiğini ortaya koymuştur.

McKinley ve Wei (2017) çalışmalarında talep tahmininin en kritik girdi olduğunu ve HRS'nin yüksek taşıma kapasitesini karşılayacak seviyede olması

gerektiğini söylemiştir. Projenin kamuoyunda başarısız olarak algılanma riskinin ileride yapılacak tüm raylı sistem projelerine zarar verebileceğini vurgulayarak gelecekte yapılacak raylı sistem uygulamalarına zarar vermeyecek kadar başarılı olma olasılığının değerlendirilmesi gerektiğinden bahsetmiştir.

Torun (2017) çalışmasında raylı sistem kullanıcılarının konfor algısını araştırmıştır. Raylı sistemlerin kara yolu araçlarına göre daha az gürültü ve titreşim yaymasıyla daha yüksek bir konfor algısı sağladığını ortaya çıkarmıştır. Yolcuların güvenlikleri konusundaki endişelerinin minimuma indirilerek yolcuların kendilerini emniyette hissetmeleri için aydınlatma, kamera ve peron tasarımı gibi unsurlara da odaklanılması gerektiğini söylemiştir.

Xia ve diğerleri (2017) çalışmalarında HRS'nin araziyle entegrasyon sürecini ve bu süreçteki planlama ile uygulama zorluklarını incelemiştir. Pekin örneğinde hatlarının açılmasının tek başına kentsel gelişimi sağlayamadığını göstermiştir. TTOG ile HRS çevresinde yüksek nüfuslu, karma kullanımlı ve yaya erişimine de uygun alanlar oluşturulması gerektiğini söylemiştir. Esnek imar yönetmelikleri ile HRS hattı üstündeki ticari ve rekreasyon alanlarının dengeli dağılımının gerekliliğini ifade etmiştir.

Tosun ve Arabelen (2018) çalışmasında İzmir'in 2018 mevcut toplu taşıma durumunun genel görünümünü saptamıştır. İzmir'de elektrikli araçlar sayesinde, dizel araçların sebep olduğu yıllık 240 milyon TL'lik yakıt masrafının %80 azaltıldığı belirtilmiştir. Bataryaların şarjının güneş enerjisi panelleri yardımıyla üretildiğinde şehrin hava kirliliği, gürültü kirliliği ve su kirliliği seviyelerinde de düşüş olduğunu söylemiştir. Raylı sistemlerin tercih edilmesindeki en kritik noktalardan birinin de ulaşım aracına zamanında erişilebilmesi ve sistemin işletim programına uyumlu çalışması olduğuna değinmiştir.

Ayan (2018) çalışmasında HRS fizibilite raporlarının birçoğunda yolcu talep tahminlerinin aşırı iyimser olduğunu ve HRS'nin kentsel planlama entegrasyonuna yeterince dikkat edilmediğini ortaya çıkarmıştır. Fizibilite raporlarında, yolcu sayısı, maliyetler ve döviz kuru gibi temel girdilerdeki olası değişkenlerin projenin kârlılığı üzerinde etkisinin incelenmesi gerektiği belirtilmiştir. HRS gibi yüksek riskli projelerde bu raporların risk yönetimi açısından kritik olduğunu söylemiştir.

Aydemir ve diğerkleri (2018) alışmasında HRS'nin verimli çalışması için istasyonların çevresindeki kentsel odakların sayısının ve kalitesinin artırılması gerektiğini belirtmiştir. Sürdürülebilirlik kavramı ile 1980 sonrasında ulaşımındaki planlamaların boyutunun değıştiğine değinmiştir.

Düzkaya ve diğerkleri (2018) alışmalarında Erzincan gibi orta büyüklükteki kentler için ulaşım sorunlarına çözüm önerisi olarak cadde tramvay sistemini araştırmıştır. HRS'nin yüksek yolcu kapasitesini dolduramadığı ancak otobüslerin de yetersiz kaldığı kentler için HRS'ye göre daha düşük kapasiteli ve maliyetli cadde tramvayının uygulanabilir bir alternatif olacağını belirtmiştir. Tramvay sisteminin, HRS'ye göre daha esnek bir güzergâha ve daha düşük yatırım maliyetine sahip olmasıyla maliyet riskini daha aza olabileceğini ifade etmiştir.

Berawi ve diğerkleri (2019) alışmalarında HRS'nin kentte düzensiz yayılımı önlemede önemli bir rolü olduğuna dikkat çekmiştir. Ancak HRS tabanlı TTOG projelerinin sadece ulaşım altyapısını değil, istasyon çevrelerinin geliştirilmesi ve kentsel dönüşümü gerektirmesi sebebiyle çok büyük finansal yatırımlar gerektirdiğini söylemiştir. Ayrıca tasarım, inşaat, işletme, bakım, yenileme ve elden çıkarma gibi tüm yaşam döngüsünde ortaya çıkabilecek maliyetlerinin de düşünülmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Gürsoy (2019) alışmasında kömür yerine doğalgaz tüketiminin yaygınlaştığı günümüzde araç egzozlarından çıkan gazların havayı kirletme oranının, kışın ısınma amacıyla çıkan hava kirlilik oranından daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca ulaşımın sebep olduğu hava kirliliğinin mevsimsel de değil sürekli bir kirlilik olduğunu trafikteki araç sayısı arttıkça da hava kirliliğinin arttığına değinmiştir. Raylı sistemlerin evre dostu ulaşım için en doğru seçimlerden olduğu sonucuna varmıştır. Raylı sistemlerde pozitif dönüş alabilmek için kişisel otomobil kullananları raylı sisteme çekilmesi gerektiğini söyleyerek, fizibilite etüdünde de hat işlemeye açıldığında güzergâhta ulaşım sağlayan otomobil kullanıcılarının yarısının raylı sistemi tercih edeceğini öngörmüştür.

Sünböl (2019) alışmasında Erzurum özelinde şehir içi ulaşımaya çözüm getirmek amacıyla hafif raylı sistemlerin uygulanabilirliğini araştırıp fizibilitesini incelemiştir. Talep ve kapasite, maliyet, çevresel faydalar ve altyapı ana başlıklarında çalışmalar yapılarak HRS ile tekerlekli toplu taşıma sistemlerini karşılaştırarak analiz

edilmesi gerektiğinden bahsetmiştir. Projede mevcut olan ve gelecekteki yolcu talebinin karşılanıp karşılanmayacağına sistemin uygulanabilirliği açısından önem teşkil ettiğini belirtmiştir.

Apuhan ve Özdemir (2020) çalışmalarında plansız gelişmiş kentlerin yaşadığı ulaşım sorunlarını, hava ve gürültü kirliliğini, trafik kazalarını, parklanma ve trafik yoğunluğunu ortaya koymuştur. Hava kirliliğine sebep olmayan ve gürültü seviyesi daha düşük HRS ve elektrikli otobüs sistemlerinin, bu tür kentsel riskleri azalttığını vurgulamıştır. Özellikle HRS’de çevresel risklerin ve kaza oranlarının düşük olduğunu; bu şekilde de sistemin toplumsal fayda değerinin yükseldiği söylenmiştir. Kentler için bir diğer riskin de plansız, ulaşım modelinin kara yolu odaklı sürdürüldüğü bir tasarımda kalması olduğuna değinmiştir. Yolcuların ulaşımı sürecini daha konforlu algılayarak HRS’yi tercih etmelerini sağlamak adına da anlık konum bilgisi, araç takip ve akıllı durak tasarımları gibi teknolojik çözümlere gidilebileceğini söylemiştir. Güvenlik, bilgiye erişim ve bekleme süresindeki belirsizliğin azalmasıyla HRS kullanımı artabilir demiştir.

Önçağ (2021) çalışmasında uzun mesafeli hatları olan elektrikli otobüslerde günlük planlamalar yapılırken ara şarj desteğinin bulunup bulunmayacağına belirlenmesi gerektiği üstünde durmuştur. İzmir’deki 27 hatta yapılan 2,5 yıllık saha analizinin sonucunda, elektrikli otobüslerin dizel araçlara göre daha işlevsel ve çevreci bir şekilde kullanıldığı söylemiştir. Hatlardaki ortalama hızların da menzili etkileyecek önemli bir etken olduğuna dikkat edilmelidir.

Özkan (2021) çalışmasında hafif raylı sistemlerin Konya ilindeki yerini değerlendirmiştir. HRS’nin yüksek taşıma kapasitesinin doldurulmasına rağmen sistemin asıl başarıyı getiren noktasının HRS’ye entegre edilip onu besleyen otobüs gibi diğer toplu taşıma araçları olduğunu teyit etmiştir. HRS tasarımında besleme ağına dikkat edilmesinin yanı sıra konfor ve erişim kolaylığı gibi öznel faktörlerin de önemini vurgulamıştır. Uzun vadede raylı sistemlere yeni hat ekleme ve raylı sistemleri genişletme süreçlerinin elektrikli otobüs sistemlerine göre yüksek maliyetli ve uzun soluklu olduğunu gözlemleyerek elektrikli otobüslerin daha hızlı ve düşük maliyetle hat esnekliği sunabildiği çıkarımını yapmıştır.

Henrion ve diğerleri (2023) çalışmalarında COVID-19 virüsünün şehir içi seyahat alışkanlıklarını ve toplu taşıma sistemlerini nasıl etkilediğini anlatmıştır.

Pandeminin etkisiyle kişisel araç kullanımı öngörülemeyen bir şekilde arttığını ve çalışmalarının temel sebebinin gelecekte pandemi ve krizler gibi öngörülemeyen risklere karşı daha dirençli ve esnek ulaşım planlarının yapılması gerektiğini söylemişlerdir. Hafif raylı sistemler gibi ulaşım türleri öngörülemeyen krizlerde yüksek yatırım ve sabit işletme maliyetinden dolayı büyük finansal kayıplara uğradığını; çünkü sabit altyapı maliyetlerinin yolcu olmasa bile devam ettiğini söyleyerek elektrikli otobüslere göre daha yüksek finansal risk barındırdıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca pandemi sonrası toplu taşımının yeniden cazip hale gelmesi için temizlik, hijyen ve sosyal mesafe gibi kriterlerin de öneminden bahsetmişlerdir.

1.2 Yöntem

Raylı sistem ve elektrikli otobüslerin karşılaştırmalı fizibilite değerlendirmesini yaparak, toplumun raylı sistem beklentisinin gerçekçi bir temele dayanıp dayanmadığı, bilimsel verilerle ortaya konulacaktır. Çalışma, kentin sürdürülebilir ulaşım ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik alternatifleri analiz ederek ulaşım kalitesinin artırılması için veri temelli bir yol haritası sunmayı hedeflemektedir.

Manisa Büyükşehir Belediyesi'nin toplu taşıma şirketi olan Manisa Ulaşım AŞ (MANULAŞ)'den elde edilen 2024 ve 2025 yılları yolcu verileri kullanılarak, bilet çeşitleri ve ücret miktarları ile ilgili incelemelere yer verilmiştir. Şehir Hastanesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesinin Muradiye yerleşkeleri arasında taşımacılık yapan belediye otobüsleri, belediye denetimli özel halk otobüslerinin işletme özellikleri gün içindeki sefer sayıları, yolcu yoğunlukları, araçların sefer ve zamana göre dağılımı, konularında incelemeler yapılmıştır (MANULAŞ, 2025).

Araştırma kapsamında, raylı sistem ve elektrikli otobüslerin kapasite, maliyet, işletme giderleri ve çevresel etkileri açısından değerlendirilmesi, kentleşme, nüfus artışının ulaşım politikalarına etkisi, ekonomik fizibilite ve toplumsal fayda doğrultusunda ulaşım altyapısının güçlendirilmesi, Manisa merkez ilçelerinde bulunan Şehir Hastanesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesinin Muradiye'de yer alan ana yerleşkesi arasındaki şehir çeperinden geçerek ulaşım ihtiyacının yıllar sonrası için modellenmesi yapılarak alternatifler sunulacaktır.

Hali hazırda TCDD tarafından kullanılan ve Manisa merkezinden geçen demir yolu, yüksek hızlı tren alt yapısının Manisa'ya gelmesinden sonra boşa

ıkacağı varsayımı yapılmaktadır. Bu varsayımla mevcut demir yolu alt yapısı kullanarak, raylı sistem alt yapı yatırım maliyetlerinin düşürülmesi ile yeni bir ulaşım sistemi kurulması durumunda ne kadar avantaj sağlayacağı, raylı sistem beklentisinin mevcut ulaşım talebine uygun olup olamadığı incelenecektir. Ortaya çıkan yatırım ve işletme maliyetleri değerlendirildiğinde elektrikli otobüslerin ve raylı sistemlerin sadece ekonomik açıdan değerlendirildiğinde kısa ve orta vadede uygulanabilir olup olmadığı veri temelli analizlerle ortaya konacaktır.



2. ULAŞIM

Ulaşım; insanların, haberlerin, malların, enerji ve bilginin belirli bir zaman içinde yer değiştirmesidir. Zaman ve mesafe kavramlarıyla doğrudan ilişkilendirilen ulaşım kavramı, çeşitli arazi kullanımlarını birbirine bağlayarak yerleşim alanları arasındaki fiziksel ayrımı azaltmaktadır (Sönmez, 2011).

İnsan ve yüklerin yer değiştirmesinde emniyet, güvenlik, konfor ile çevresel etkilere göre yolda ve trafikte geçen zamanın doğru planlanması önem arz etmektedir (Talih ve Çelikok, 2023).

Ulaşımın temel unsurları altyapı, üstyapı ve taşıtlardır. Dolayısıyla bir ulaşım projesi gerçekleştirilirken taşıt türü seçimi, altyapı ve üstyapının mühendislik çalışmasını etkilemektedir. Örneğin taşıtın raylı mı yoksa lastik tekerlekli mi olacağı üstünde çalışacağı yol yapımının mühendislik işlerini belirlemektedir. Günümüzde birçok yeni taşıtın ulaşım problemlerine çözüm olarak kullanılmasıyla birlikte önemli olan noktanın kente en iyi uyum sağlayacak taşıtın seçimi olduğudur. Bu seçim yapılırken de sistemin yapımı, işletme maliyeti ve birim zamanda taşıyabileceği yolcu kapasitesi değerlendirme kıstaslarından olmaktadır (Gürsoy, 2019).

Ulaştırma sektörü kaynakların heba edilmemesi, başka ülkelerle bağlantının sağlanabilmesi, mal akış sürecinin yönetilebilmesi ve bütün bunların devamlılığının sağlanması, ekonomik ve sosyal katkılar, yeni yerleşim bölgelerinin oluşturulması ve mevcut bölgelerin geliştirilmesi, sigorta, gümrük, paketleme gibi diğer sektörlerle olan ilişkileri sayesinde önemli ölçüde istihdam yaratmaktadır (Deniz, 2016).

Ulaşım politikaları, uygulandıkları bölgelerde önemli mekânsal farklılıkların ortaya çıkmasına sebep olurlar. Örneğin, demir yolu hatlarının inşası, yerel ölçekte topografik yapıyı değiştirmekle beraber kurulan istasyonlarla yeni yerleşim alanlarının oluşumunu ve mevcut bölgelerin gelişimini teşvik etmektedir. Benzer şekilde, hava ulaşımına yapılan yatırımlar da çok sayıda yeni havalimanının yapılmasına veya mevcut tesislerin genişletilmesine yol açarak mekânsal kullanımda kapsamlı değişikliklere sebep olmaktadır (Avcı,2005).

2.1 Ulaşım Sistemleri

Hızla küreselleşen ve dönüşen dünyada, ulaşım sistemleri, teknolojik ilerlemelere paralel olarak sürekli geliştirilmesi gereken unsurlardan biridir. Bir yerden başka bir yere insanın, malın ve hizmetin ifade edilebilir. Taşıma eyleminin güvenlikle ve ekonomik olarak yapılması amaçlanır. Ulaştırma da bu ulaşımı sağlayan iş ve araçların tamamını ifade etmektedir (Akça,2018).

2.1.1 Boru Hattı Taşıma Sistemi

Temel araçları boru hatlarıdır. Günümüzde en çok kullanılan enerji kaynaklarından petrol, doğalgaz gibi sıvı ve gaz maddelerin nakledilmesinde kullanılan taşımacılık sistemidir. Büyük yatırım gerektirir ancak hizmete girdikten sonra ucuzluk ve kolaylık sağlar (Oğuz ve Oğuz, 2020).

2.1.2 Hava Yolu Taşıma Sistemi

Hava yolu taşımacılığı her ne kadar zaman tasarrufu açısından fayda sağlasa da hem her ürünü taşımaması hem de yük ve yolcu taşımacılığındaki pahalılığından dolayı diğer türlere göre daha az tercih edilmektedir (Oğuz ve Oğuz, 2020).

2.1.3 Kara Yolu Taşıma Sistemi

Kişilerin ve yüklerin taşınabilmesi için kara yolları kullanılmaktadır. Kara yolları, otomobiller, taksiler, minibüsler, otobüsler, kamyonlar ve diğer ticari araçlar kara yolu ulaşım sistemleri araçlarındandır (Biçen, 2025). Kara yolları kendi başına ayrı bir ekonomik faaliyet olmakla beraber, diğer sektörlerle de ilişki halindedir.

2.1.4 Raylı Taşıma Sistemi

Raylı sistemler, ekonomide farklı alanlardan önemli girdiler sağlayan, ülkeler açısından kritik bir ulaşım çeşididir. Demir yolu taşımacılığında, yük veya yolcular raylı sistemler aracılığıyla taşınır. Yüksek yolcu yoğunluğunun olduğu yerlerde lastik tekerlekli sistemler taşıma kapasitesini karşılayamaz hale gelmektedir. Genellikle büyük şehirlerde yaşanan bu sorunların çözümünün raylı ulaşım sistemleri olduğu görülmektedir (Masoumi ve Öcalir- Akünal, 2018).

Diğer taşıma sistemlerine göre transferi daha geç gerçekleştirse de büyük hacimli ve ağır yükleri daha az maliyetle taşınmasıyla çoğunlukla avantaj sağlar (Erden ve Yüzer, 2021).

2.1.5 Deniz Yolu Taşıma Sistemi

Deniz yolu taşımacılığı gemiler tarafından deniz üstünde gerçekleştirilmektedir. Su kütleleri arası ulaşılabilirliği sebebiyle kıtalar arası mal ve insan taşınmasını kolaylaştırmaktadır (Biçen, 2025).

2.2 Ulaşım Sistemlerinde Kullanılan Temel Kavramlar

Yolcu taşıma kapasitesi, aracın güvenle taşıyabileceği maksimum ağırlık veya yolcu sayısını ifade eder (Karayolu Taşıma Yönetmeliği, 2018).

Yolculuk süresi, belirlenen iki nokta arasındaki park etme, yürüme ve bekleme sürelerinin hepsini kapsayan yolculuk süresidir. Seyahatin tamamlanması için harcanan zaman dilimidir (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2025).

Kapasite, bir ulaşım aracının taşıyabileceği maksimum yolcu sayısıdır (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2025).

Konfor, yolcuların seyahat sırasında titreşim, gürültü, güvenlik ve temizlik gibi fiziksel ve psikolojik açılardan hissettiği rahatlık ve memnuniyet düzeyidir.

Verimlilik, mevcut koşullarda, belirli bir süre boyunca bir noktayı makul şekilde geçmesi beklenebilecek maksimum kişi veya araç sayısıdır (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2025).

Verimlilik ve entegrasyon, entegre planı yapılarak ulaşım kaynaklarının ve altyapısının verimli kullanımının teşvik edilmesidir. Sıkışıklığı en aza indiren, seyahat sürelerini azaltan ve birden çok Ulaşım seçeneğini teşvik eden ulaşım ağlarının tasarlanmasıdır (Çörek, 2018). Hızlı ve sürdürülebilir insan akışını sağlayabilmek için farklı ulaşım türlerinin entegrasyonu oldukça önemlidir (Orozco ve diğerleri, 2020).

Hat, ulaşımın başladığı nokta ile ulaşımın tamamlandığını varış noktasındaki yol bandıdır. Güzergâh, ulaşımın başladığı nokta ile ulaşımın tamamlandığını varış noktasına kadar ara durakların da dahil olduğu yoldur (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2025).

Zirve / doruk saat, belli kriterlere göre trafik talebinin en yüksek olduğu zaman aralığıdır. Kent içi ulaşımlarda genellikle iş ve okula gidiş dönüş vakitlerinde zirve saatler gözlemlenir (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2025).

İş-ev hattı, çalışan bir kişinin evi ile çalıştığı yer arası düzenli olarak kullandığı gidiş geliş güzergahıdır.

Sefer aralığı, toplu taşıma araçlarında, aynı rota üzerinde birbirini takip eden iki sefer arasındaki süredir (TÜBA, t.y.).

Erişilebilirlik, bir bireyin gitmek istediği lokasyona veya hizmete güvenli bir biçimde erişimini sağlayabilmesi ve bunları kullanabilme kapasitesidir (Erişilebilirlik Kılavuzu, 2020). Erişilebilirlik yalnızca bedensel veya zihinsel engellilerin değil daha geniş bir çerçevede engelli veya engelsiz her kullanıcının hedeflerine eşit ve emniyetli bir şekilde ulaşabilmesini kapsar (Xia ve diğerleri, 2015).

Araç doluluk oranı, toplu taşıma aracında taşıtın içindeki yolcuların aracın kapasitesine oranıdır (Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2025).

Çekim alanı; ticaret, eğitim, sağlık tesisi veya hizmetin oluşturduğu talep alanını ifade eder. Çekim alanları bir projenin fizibilitesi, yer seçimi ve ölçeklendirilmesi için oldukça önemlidir. Çekim alanı ifade edildiği gibi çekmek fiilini göstermektedir, arz ve talebin bulunduğu alanlardır.

Transit odaklı gelişim, kentsel gelişim ve ulaşım planlamasını birleştiren, sürdürülebilir bir şehirleşme yaklaşımıdır. Bu kavram, kentlerdeki ulaşım sorunlarına çözüm bulma arayışının bir sonucu olarak geliştirilmiştir. Transit odaklı olmanın temel anlamı, kentte yaşamı bir toplu taşıma istasyonunun veya durağının çevresinde tasarlamaktır (Xia ve diğerleri, 2017). İstasyon veya durak çevresinde, yürüme mesafesinde olacak şekilde yüksek yoğunluklu ve farklı işlevleri bir arada barındıran konut, ticaret, eğitim, sağlık alanları oluşur.

Esneklik, toplu taşıma sistemlerinde yatırım yapmadan araç güzergahını değiştirebilmeye denir. Esnek ulaşım türleri, ortaya çıkabilecek ani düşen ve yükselen yolculuk taleplerine uyum sağlayabilirler. Türkiye gibi hızlı ve düzensiz kentleşmelerin olduğu ülkelerde ulaşım türlerinin esneklik derecesi oldukça önemlidir (Kılınçaslan, 2012).

2.3 Kent İçi Toplu Taşımacılık

Toplu taşıma; halkın ulaşım gereksiniminin, çok sayıda insan taşıyabilen büyük taşıma araçlarıyla karşılanmasını sağlayan ulaşım sistemidir (Türk Dil Kurumu 2022). Kent içi toplu taşıma sistemleri, şehirde yaşayan insanları toplu

olarak bir noktadan alıp başka bir noktaya taşımaktadır (Tosun ve Arabelen, 2018). Bu taşıma işlemini de belirli güzergâh ve zaman dilimlerinde, belli bir ücret dahilinde ulaşımı sağlamaktadır (Biçen, 2025).

2.3.1 Kent İçi Toplu Taşımacılık Sistemleri

Kent içi toplu taşıma sistemleri, çeşitli alt başlıklarda incelenmektedir. Lastik tekerlekli araçlar kent içi ulaşımında en sık tercih edilen toplu taşıma türüdür. Yakın zamanda metropol yerlerinde raylı sistemlerin kullanımı artmıştır. Deniz yolu toplu taşıma sistemleri de şehir içi ulaşımında bir alternatif oluşturmaktadır. Hava yolu taşımacılığıysa yüksek maliyetleri sebebiyle kent içi toplu taşıma sistemi olarak tercih edilmemektedir. Tüm toplu taşıma sistemlerinin önemini gösteren ve özeti niteliğinde olan görsel Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Toplu Taşımanın Önemi (Acidcow, t.y.)

2.3.1.1 Lastik Tekerlekli Kara Yolu Toplu Taşıma Sistemleri

2.3.1.1.1 Otobüs

En yaygın kullanıma sahip toplu taşıma sistemi olan otobüsler, gelişmişlik düzeyinden bağımsız olarak hem şehir içi hem de şehirlerarası ulaşımında kullanılmaktadır. En belirgin avantajı, güzergâh planlamasında ve işletim modellerinde sunduğu esnekliktir. Kendine tahsis edilmiş yol veya şeritlerle desteklendiğinde, kapasite açısından raylı sistemlerle rekabet edebilecek bir

performans düzeyine ulaşabilmektedir (Çelebi, 2016). Otobüsler içten yanmalı motor sistemleri ile lng ve dizel yakıtla çalışan modellerin yanı sıra elektrikli çalışan modelleri son yıllarda rağbet görmektedir. Şekil 2’de otobüs görseli verilmiştir (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).



Şekil 2. Farklı yakıt türlerine göre otobüsler

2.3.1.1.2 Metrobüs

Gelişen teknolojiyle hız ve kapasite anlamında önemli iyileştirmeler görülmüştür. Bu iyileşme, toplu taşıma alanında yeni bir otobüs modeli olan metrobüs sistemlerinin literatüre girmesine öncülük etmiştir (Biçen, 2025). Metrobüs, lastik tekerlekli araçların, yalnızca bu taşımaya ayrılmış yollar üzerinde ve kendine ait istasyonlarda hizmet veren bir toplu taşıma organizasyonudur (Çakır ve Akbayır, 2017). Şekil 3’te metrobüs görseli verilmiştir



Şekil 3. Metrobüs (TGRT Haber, t.y.)

2.3.1.1.3 Trolleybüs

Trolleybüsler ise genellikle lastik tekerlekler üzerinde hareket eden ve elektrikle çalışan, hava hatlarına bağlı toplu taşıma araçlarıdır. Bu araçlar, bağlı oldukları hava hatları nedeniyle otobüsler kadar esnek bir ulaşım altyapısına sahip değildir (Biçen,2025). Trolleybüs, gücünü genellikle yol boyunca asılı olan bir elektrik hattındaki iki kablodan alan elektrikli otobüs sistemidir. Tramvayın aksine lastik tekerlek kullanılması sebebi ile tek kontak teli ile devreyi tamamlamasının olanaksız olmasından dolayı pozitif ve negatif elektriği de katenerden alması gerekmektedir. Tercih edilecek araç niteliklerine göre tramvay sistemlerine yakın bir yolcu kapasitesi sağlamaktadırlar. 12-18-21-24-30 metre uzunluğunda olabilen trolleybüsler, maksimum 270 kişilik kapasiteye ulaşabilirler. Şekil 4'te bir trolleybüs örneği gösterilmiştir. Teknik olarak tramvay sistemleri ile benzerlikleri olmasına rağmen, ilk yatırım maliyetleri tramvay sistemlerine çok daha düşüktür. Trolleybüs sistemlerinde araç fiyatlarının ve alt yapı ray, makas, sinyalizasyon gibi gereksinimlerinin daha az olması ilk kurulum yatırımlarında ciddi farklılıklar göstermektedir.



Şekil 4. Trolleybüs (Bozankaya, t.y.)

2.3.1.1.4 Minibüs Dolmuş

Güzergâh ve zaman açısından esnek, otobüsten küçük kapasiteli toplu taşıma araçlarıdır (Gürsoy, 2019). Otobüslerin olmadığı ya da raylı sistem erişiminin bulunmadığı gelişmekte olan ülkelerde minibüsler ana toplu taşıma araçlarıdır.

Minibüslerin taksi dolmuşlardan ayırt edici en belirgin özelliği, ayakta yolcu taşıyabilmeleridir. Sistemin uzun mesafeli güzergâhlarda hizmet vermesi sebebiyle durak sayıları da daha fazladır (Toprak, 2012). Yolcu biniş ve inişlerinde belirli bir düzen olmadığı için şehir trafiğinde aksaklıklar ve sıkışmalar olmaktadır (Çelebi, 2016). Şekil 5’te minibüs örneği gösterilmiştir.



Şekil 5. Minibüs (Lojipor, t.y.)

2.3.1.1.5 Taksi Dolmuş

Taksi-dolmuşlar, belirli bir zaman programı olmadan, araç dolunca hareketine başlamaktadır. Maliyetler yolcular arası paylaşıldığından yolculuk ücretleri uygun olmaktadır (Biçen,2025). Şekil 6’da taksi dolmuş örneği gösterilmiştir.



Şekil 6. Taksi dolmuş (Edebiyat Gazetesi, 2024)

2.3.1.2 Raylı ve Kablolu Toplu Taşıma Sistemleri

Şehir içi ulaşımında yaygın olarak kullanılan raylı sistemler, sekiz farklı kategoride değerlendirilmektedir.

2.3.1.2.1 Banliyö Demir Yolu

Banliyö demir yolu sistemleri, kent merkezi ve çevresinde toplu taşımayı sağlayan ağlardır. Yüksek taşıma kapasitesi sahiptir ve uzun mesafeli ulaşımı sağlar. Genellikle şehirlerin çeperlerinden kent merkezine akan nüfusun erişimini kolaylaştırmak için tasarlanırlar. Metro sistemlerine göre daha düşük sefer sayısına sahiptirler. Özellikle iş ve okul gidiş-geliş saatlerinde, yoğun yolcu akışını karşılayabilmek için tercih edilirler. Elektrikli veya dizel lokomotiflerle işletilebilirler. Genelde metro, vapur ve otobüs hatlarıyla entegre çalışarak ulaşımın bir parçasını oluşturur. Şekil 7’de banliyö hat haritası örneği gösterilmiştir.





Şekil 8. Metro (Bozankaya, t.y.)

2.3.1.2.3 Hafif Raylı Sistem (HRS)

Hafif raylı sistemler, metro sistemlerine göre daha düşük kapasitelidir. Ancak maliyeti açısından daha uygun çözümlerdir. Genellikle şehir merkezleri ile banliyö bölgeleri arasında yolcu talebine hizmet ederler. Hem yeraltı hem de yer üstünde çalışabilirler. Kent içi ulaşımında esneklik sağlar ve çevreye duyarlı bir çözüm olarak öne çıkar. Ulaşım sorunlarını çözerken aynı zamanda kentsel mekân kalitesini de artırıcı etkiler yaratır. Tramvaydan hızlı, metrodan yavaş kapasitesi iki sistemin arasında kalan raylı sistem aracıdır. Şekil 9’da Kayseri ilinde çalışan HRS örneği gösterilmiştir.



Şekil 9. Hafif Raylı (Bozankaya, t.y.)

2.3.1.2.4 Tramvay

Tramvay sistemleri, şehir içi caddelerle entegre biçimde çalışan, genellikle düşük ve orta kapasiteli raylı ulaşım türleridir. Tarihsel olarak kent içi ulaşımın en eski biçimlerinden biri olan tramvaylar, günümüzde modern tasarımlarla yeniden şehir merkezlerinde tercih edilmektedir. Hat güzergâhları çoğunlukla mevcut yollarla ortak kullanıldığı için, kentsel dokuyla doğrudan ilişki kurarlar. Bu yönleriyle yalnızca ulaşım aracı değil, kamusal alanın bir bileşeni olarak da değerlendirilirler. Enerji tasarruflu, çevre dostu ve sessiz çalışmaları sayesinde kent estetiği ve sürdürülebilirliği açısından önemli katkı sağlarlar. Raylı sistemin ilk basamağı olsa da yatırım maliyetleri gerekli yolculuk sayılarının oluşmaması durumunda lastik tekerlekli alternatiflerini tercih sebebi yapmaktadır. Şekil 10'da tramvay örneği gösterilmiştir.



Şekil 10. Tramvay (Bozankaya, t.y.)

2.3.1.2.5 Monoray

Monoray diğer bir deyişle hava ray, tek ray üzerinde genellikle üst kotta çalışan ulaşım sistemleridir. Betonarme ya da çelik viyadükler üzerinde, kent içi yoğun bölgelerde yer sıkıntısını ortadan kaldırıp alternatif bir ulaşım oluşturur (Çalış, 2016). Gürültü seviyesi düşüktür ve sürücüsüz sistemlerle otomasyon düzeyi yüksektir. Görsel açıdan da kente gelecekçi bir kimlik kazandırır. Yapım maliyeti metroya göre daha düşük, tramvay ve hafif raylı sistemlere göre yüksektir. Bu

yüzden genellikle turistik, ticari ya da ulaşım aksı oldukça sıkışık bölgelerde tercih edilir. Şekil 11’de monoray örneği gösterilmiştir.



Şekil 11. Monoray (Pikabu, 2018)

2.3.1.2.6 Lastik Tekerlekli Raylı Sistem

Lastik tekerlekli raylı sistemler hem ray hem de lastik tekerlek teknolojisini bir arada kullanan sistemlerdir. Bu sistemlerde araçlar, yönlendirme rayları üzerinde lastik tekerleklerle hareket eder. Özellikle yüksek eğimin olduğu güzergâhlarda etkili bir çözüm sunar. Düşük titreşim ve gürültü düzeyi ile konforlu bir ulaşım sağlar. Ayrıca bakım ve işletme süreçlerinde esneklik sunması, son yıllarda birçok kentte tercih edilme nedenlerinden biridir (Uzuner ve Ilıcalı, 2023). Şekil 12’de lastik tekerlekli raylı sistem örneği gösterilmiştir.



Şekil 12. Lastik Tekerlekli Raylı Sistem (GZT, t.y.)

2.3.1.2.7 Füniküler Sistem

Füniküler sistemler, iki sabit hat arasında kablo  eki iyle çalışan ve genellikle dik eğimli arazilerde kullanılan ulaşım sistemidir. Araçlar bir kablo ile yukarı-a a ı hareket ederken, denge prensibiyle enerji tasarrufu yapar. Estetik bir ulaşım alternatifi olarak kentin kimliğine de katkı sa lar (Keskin, 2013). Füniküler sistemler 1400l  yılların başında eğimi fazla alanlara ulaşımın kolaylaşması için tasarlanmıştır (Vuchic, 2015). Şekil 13'te füniküler  rne i gösterilmiştir.



Şekil 13. Füniküler (Viajar – El Peri dico, 2024)

2.3.1.2.8 Teleferik

Teleferik, havada gerili bir ya da birden fazla  elik halat üzerinde asılı olarak birbirine uzak mesafeler arasında yol alan ta ıta verilen isimdir. Turizmde ve kış sporlarında ekonomik ve rahat ulaşım sağlayan bir araç olarak ön plana çıkar. Teleferikler sadece işlevsel olmakla kalmaz aynı zamanda panoramik kent deneyimi de sunar. Bunun yanı sıra maden ocaklarında maden taşımada kullanılan teleferik sistemleri de bulunur. Genellikle yüksek kot farkı olan, dağlık veya kıyı yerlerde

kullanılır. Sürdürülebilir ulaşım sistemleri arasında yer alır. Şekil 14'te teleferik örneği gösterilmiştir.



Şekil 14. Teleferik (Fischer Blog, 2025)

2.3.1.3 Deniz Yolu Toplu Taşıma Sistemleri

2.3.1.3.1 Vapur

Kısa mesafede yolcu taşımacılığında kullanılan deniz taşıtıdır. Şekil 15'te vapur örneği gösterilmiştir.



Şekil 15. Vapur (İzdeniz, t.y.)

2.3.1.3.2 Deniz Otobüsü

Deniz otobüsü, yüksek hızlı ve orta–yüksek kapasiteli deniz taşıtıdır. Şekil 16’da deniz otobüsü örneği gösterilmiştir.



Şekil 16. Deniz Otobüsü (Onedio, t.y.)

2.3.1.3.3 Deniz Taksi

Deniz taksi, düşük taşıma kapasitesine sahiptir. Bireysel veya küçük grupların ulaşımını sağlamaktadır. Deniz taksiyi, rezervasyon ile aynı güzergâh ve saatte farklı kişiler beraber kullanabilmektedir. Şekil 17’de deniz taksi örneği gösterilmiştir.



Şekil 17. Deniz Taksi (Adalardan.net, t.y.)

2.4 Ulaşım ve Çevre

2.4.1 Ulaşım ve Enerji

Ülkemizde ve dünyada nüfusun sürekli artışıyla toplu taşıma ve ulaşım sistemlerinin planlanması; çevresel duyarlılık, ekonomik ve toplumsal fayda açısından çok büyük önem arz etmektedir (Polat ve diğerleri, 2022). Ulaşım araçlarının çevresel etkileri, ulaşımın biçimi, enerji tedarik sistemi, emisyonu ve üzerinde oldukları altyapılarla ilgilidir. Araçlar, en başta petrol olmak üzere büyük miktarlarda enerji tüketirken; etrafa da karbondioksit, azot oksit ve gürültü yayarak havayı ve çevrelerini kirletirler. Altyapı sistemleriyle de birçok ekolojik sisteme zarar verebilirler.

2.4.1.1 Enerjinin Tarihsel Gelişimi

Tarihsel süreçte toplumların teknolojik ve endüstriyel gelişimine paralel olarak enerji kaynaklarında da değişimler meydana gelmiştir. Sanayi devrimi öncesi, enerji kullanımı neredeyse sadece kas ve biyokütle kaynaklarına dayanmaktaydı. Sonrasında 18. yüzyıl ortalarında yaşanan sanayi devrimi, enerji kullanımında radikal bir değişime yol açmış; termal enerji kullanımı, bu dönüşümün itici gücü olmuştur. 20. yüzyıl başlarken kömür hâlâ büyük bir öneme sahip olsa da petrol gibi kaynaklara doğru kademeli bir geçiş de başlamıştır. Yüzyılın sonlarına gelindiğinde küresel ölçekte, petrol ürünlerine bağımlı bir yapı oluşmuştur. Hidroelektrik, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının ortaya çıkmasıyla enerji kaynakları çeşitlenmiştir. 21. yüzyılın odak noktası olan sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçme çabası, insanların bu kaynaklara uyum sağlama yeteneğini gözler önüne sermektedir. Bir diğer ifadeyle enerjinin tarihsel gelişimi, insanlığın ilkel enerji kaynaklarından modern topluma güç veren gelişmiş sistemlere olan yolculuğunu gözler önüne sermektedir. İnsanlığın ilkel kaynaklardan 21. yüzyılın odak noktası olan sürdürülebilir kaynaklara ve gelişmiş sistemlere geçişi de toplumsal adaptasyon kabiliyetini ortaya koymuştur (Demir ve Yakışık, 2024)

Günümüzde ulaşım sektörü, küresel enerji tüketiminin yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır. Küresel petrol tüketiminin yaklaşık %60'ı ulaşım sektöründe gerçekleşirken motorlu ulaşımın enerji tüketimi de yaklaşık olarak %91'i petrol ürünlerinden gelmektedir (IEA,2023; IEA,2024; IEA,2025).

2.4.1.2 Türkiye’de Ulaşım Sistemlerinin Enerji Tüketimi

Türkiye'nin genel enerji tüketiminde, ulaşım sektörü kritik bir paya sahiptir. Ülke genelinde toplam enerji tüketiminin yaklaşık %28'i ulaşım faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu sektörün kendi içindeki enerji tüketimi incelendiğinde ise, kara yolunun üstünlüğü ve bu alandaki özel araç sahipliğinin büyük payı görülmektedir (IEA, 2024).

TÜİK (2024) verileri, bu yapıyı net bir şekilde ortaya koymaktadır. Kara yolu taşımacılığında toplam enerji tüketiminde en büyük pay, %46,0 ile otomobillere aittir. Kamyonlar %23,4 paya sahipken, kentsel ve şehirlerarası toplu taşımının önemli bir bileşeni olan otobüsler ise bu tüketimin yaklaşık %6,1'ini oluşturmaktadır. Bu veriler, kara yolu enerji tüketiminde özel araç kullanımının toplu taşımaya göre çok daha baskın olduğunu kanıtlamaktadır.

Ağırlıklı fosil yakıt kullanan yapıya karşın, kentsel ölçekte sürdürülebilir çabalar da oluşmuştur. Toplu taşıma sistemlerinin elektrikli hale getirilmesiyle, enerji kaynak yapısı da hızla değişebilme potansiyeline sahiptir. Kayseri’de kentsel toplu taşıma filosunun %40'ının halihazırda temiz enerji ile işletilmesi, bu potansiyele somut bir örnektir (UITP, 2024).

Buna paralel olarak, metro ve tramvay gibi kentsel raylı sistemler enerji verimliliği ve kapasite artışı açısından önemli bir fırsat sunmaktadır. Türkiye genelinde metro ve tramvay sistemlerinde yolcu sayısında %62 gibi büyük bir artış yaşanırken, bu talebin karşılanması için gereken enerji tüketimindeki artışın %13 ile sınırlı kalması raporlanmıştır. Bu durum raylı sistemlerin artan ulaşım talebini, kara yoluna kıyasla oransal olarak çok daha az enerji tüketerek karşılayabildiğini ve sürdürülebilir kentler için önemli rol oynadığını göstermektedir (UNECE, 2025)

Başta iklim değişikliği olmak üzere, çevre kirliliğinin en önemli etkenlerinden biri enerji tüketimidir. Bu tüketimde büyük paya sahip olan ulaşım sektöründe yakıt kullanımını azaltmak için T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından belirlenen stratejiler mevcuttur (T.C. Republic of Turkey, Ministry of Environment and Urbanization, 2024).

Bu stratejilerin temel yöntemleri şunlardır;

- Yolculuk sayısını ve trafikte geçirilen süreyi azaltmak,
- Daha sürdürülebilir ulaşım sistemlerine geçmek,
- Araçların mevcut enerji verimliliğini artırmak,
- Yenilenebilir veya düşük karbonlu yakıt kullanan teknolojileri benimsemek.

2.4.2 Ulaşımın Çevresel Etkileri

Hızla artan kentleşme ve beraberinde gelen motorlu taşıt bağımlılığı, kentleri sadece trafik sorunuyla değil aynı zamanda çok boyutlu çevresel tehditlerle karşı karşıya getirmektedir. Ulaşım sistemleri, özellikle de fosil yakıtlara olan yüksek bağımlılıkları nedeniyle ciddi çevresel zararlara sebep olmaktadır. Bu etkiler, iklim değişikliğinden hava kalitesine kadar geniş bir etki alanına sahip olup ve sürdürülebilir kentsel yaşamın önünde engel oluşturmaktadır.

2.4.2.1 Sera Gazı Emisyonları ve İklim Değişikliği

Ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonları, benzin ve motorin gibi motorlu taşıtların fosil yakıtları yakması sonucu atmosfere salınan gazları ifade eder. Başta CO₂ olmak üzere bu gazlar, atmosferde ısıyı hapsederek iklim değişikliğine ve sıcaklık artışlarına neden olur. Ulaşım sektörü küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %37'sini oluşturmaktadır (IEA, 2024). Bu zararın azaltılması iklim hedeflerine ulaşmak için oldukça önemlidir.

Dünya ulaşım sektörü sera gazı salınım değerlerinde, kara yolu ile gerçekleştirilen yolcu ve yük taşımacılığının yaklaşık %74,5'le en yüksek orana sahiptir. Bu oranla kara yolu, sera gazı salınımında zirvede bulunmaktadır. Ardından hava yolu, deniz yolu, demir yolu ve diğer ulaşım ağları gelmektedir. Dünya genelinde ulaşım sistemlerinin sera gazı emisyon oranları: kara yolu yolcu taşımacılığı %45,1, kara yolu yük taşımacılığı %29,4, hava yolu %11,6, deniz yolu %10,6, demir yolu %1 şeklindedir (Demirtürk, 2021).

Türkiye özelinde de durum benzerdir; enerji kaynaklı emisyonlar, toplam sera gazı emisyonlarının %71,6'sını oluşturmaktadır (TÜİK, 2024).

2.4.2.2 Hava Kirliliği ve Halk Sağlığı Etkileri

Özellikle dizel ve benzinli araçlar, azot oksitler ve uçucu organik bileşikler gibi insan sağlığına zararlı hava kirleticileri havaya yaymaktadır. Avrupa Çevre

Ajansı, bu kirleticilerin kentlerde solunum yolu hastalıklarına ve kardiyovasküler sorunlara yol açtığını raporlamıştır (EEA, 2020).

2.4.2.3 Gürültü Kirliliği

Çevresel gürültü; başta endüstriyel faaliyetler, ulaşım araçları, eğlence ve rekreasyon, inşaat ve işyerlerinden kaynaklanan istenmeyen sesler olarak ifade edilir (T.C. Resmi Gazete, 2022). Özellikle yoğun kent içi kara yolu ve demir yolu hatları, ciddi düzeyde gürültü kirliliğine neden olmaktadır. Gürültüye bağlı işitme kaybı, yaşa bağlı işitme kaybından sonra sensörinöral işitme kaybının ikinci en yaygın nedenidir (Natarajan ve diğerleri, 2023). Bugün Avrupa'nın en az %20'si sağlığı tehdit eden 55 dB üzeri seviyelerde trafik gürültüsüne maruz kalmaktadır (EEA, 2020).

2.4.3 Arazi Kullanımı ve Biyolojik Çeşitlilik Kaybı

Artan nüfusla şehirler, altyapı ve ekili araziler büyüyüp birleşerek habitatları parçalamaktadır (Çağlar, 2023). Ulaşım altyapıları büyük miktarda arazi kullanımı gerektirir. Bu durum, değerli tarım arazilerinin ve doğal alanların geri dönülemez biçimde kaybedilmesine yol açabilmektedir. Ekosistemlerin bütünlüğü bozulup biyoçeşitlilik tehdit edilmektedir.

2.4.3.1 Su ve Toprak Kirliliği

Ulaşım, sanayi, inşaat, enerji üretimi gibi çoğu sektör havayı, suyu ve toprağı kirletmektedirler (Selim ve diğerleri, 2015). Kara yolu araçlarından çıkan yağlar, yakıtlar, lastik aşınmasından kaynaklanan mikro plastikler ile ağır metaller yüzey ve yeraltı sularına karışarak su kirliliğine neden olmaktadır.

Manisa gibi büyümekte olan kentlerde; özel araç kullanımından raylı sistemler ve elektrikli otobüsler gibi daha uygun ulaşım türlerine geçiş, yalnızca bir trafik çözümü olarak değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve halk sağlığı açısından da bir gerçeklik olarak öne çıkmaktadır.

2.5 Demir Yolu Toplu Taşıma Sistemleri ile Kara Yolu Toplu Taşıma Sistemlerinin Kıyaslanması

Demir yolu toplu taşıma sistemleri ve kara yolu ulaşım sistemlerinin birbirine göre birtakım güçlü ve zayıf yönler bulunur.

2.5.1 Demir Yolu Toplu Taşıma Sistemlerinin Avantajları

- Demir yolu toplu taşıma sistemleri daha az enerji tüketir.
- Yolcu taşıma kapasitesi daha yüksektir.
- Hava koşullarından daha az etkilenir (Çelebi, 2016).
- Demir yolu toplu taşıma sistemlerinde sefer vakitleri sabittir. Yolcуда güven ve devamlılık konforu sağlayarak avantaj elde eder.
- Birim taşıma başına enerji tüketimi kara yoluna göre daha düşüktür. Ayrılmış yol hattında çalıştığı için kara yoluna göre kaza güvenirliliği daha yüksektir ve kaza, yaralanma ve taşınan yükün zarar görme oranı çok daha düşüktür (Nalçakan, 2012).
- Raylı sistemler, arazi kullanımı ve çevre kirliliği yönünden, kara yollarına oranla önemli ölçüde üstünlük bulundurmaktadır (Gündüz ve diğerleri, 2011).

2.5.2 Demir Yolu Toplu Taşıma Sistemlerinin Dezavantajları

- Büyük bir çoğunluğu devlet eliyle yönetilir. Çünkü yüksek yatırım maliyeti sebebiyle özel sektörlerden kolayca yatırım talebi alamaz.
- Eğimi ve engebese yüksek arazilerde altyapıda yüksek maliyetler doğacağından yapımı genellikle tercih edilmez (Çelebi, 2016).
- Kalifiyeli teknik personele ihtiyaç duyması ve vardiyalı çalışma saatlerinden dolayı personel giderleri kara yolu personel giderlerine göre daha fazladır.
- Yeni hat ekleme süreci kara yolu toplu taşıma sistemlerine göre daha yüksek maliyetlidir ve daha çok zaman alır.

2.5.3 Kara Yolu Toplu Taşıma Sistemlerinin Avantajları

- Her tür arazide sınırsız ulaşım yolu kurulabilir. Karşılaşılan engellerde daha az maliyetle çözümler sunar.
- Demir yolu toplu taşıma sistemlerine göre daha az ilk yatırım maliyeti gerektirdiğinden daha kısa sürede hayata geçirilebilir (Karadayı, 2012)

- Daha kısa yapım süresinde ve düşük maliyetle hat değişimi ile esneklik sunar.

- Araç bazlı bakımı demir yolu ulaşım sistemlerine göre daha kolaydır.

2.5.4 Kara Yolu Toplu Taşıma Sistemlerinin Dezavantajları

- Demir yolu toplu taşıma sistemlerine göre daha düşük taşıma kapasitesine sahiptir.

- Birim taşıma başına enerji tüketimi daha fazladır (Gün, 2007).

- Daha fazla kaza riskine sahiptir.

- Meteorolojiden daha çabuk etkilenir. Bu durum da ulaşımın aksaması daha muhtemeldir.

2.6 Elektrikli Otobüs ve Raylı Sistemlerin Çevre ve Sosyal Etkilerinin Kıyaslanması

Toplu taşıma sistemleri farklı ekonomik, fiziksel ve teknik özelliklere sahiptir. Bu özellikler toplu taşıma sisteminin tercih edilebilmesi için belirleyici faktörlerdir (Çelebi, 2016).

Elektrikli otobüslerin ve hafif raylı sistemin özellikleri de gürültü, hava kirliliği kriterlerinden kıyaslanmıştır.

2.6.1 Gürültü ve Titreşim

İnsanlar 85 dB(A) üzerinde gürültüye maruz kaldıklarına işitme kaybına uğrayabilirler. Elektrikli otobüslerin ve HRS'lerin gürültü seviyesi yaklaşık 65 dB(A) ölçülmüştür (Coşaran, 2018)

Hafif raylı sistemler elektrikli otobüslere göre daha fazla zemin titreşimi oluşturarak binalarda da hissedilebilecek ikincil bir gürültüye, yani yer kaynaklı gürültüye yol açabilmektedir.

2.6.2 Hava Kirliliği ve Çevresel Etki

Her iki sistem de elektrikle çalıştığı için doğrudan egzoz emisyonuna sebep olmazlar. Raylı sistemler yüksek kapasiteyle daha fazla yolcuyu tek seferde taşıdığı için kişi başına düşen enerji tüketimi daha düşüktür. İklim değişikliği küresel bir etki

olduğundan projenin yerinden bağımsız bir etkidir. Bu durum, hafif raylı sistemleri uzun vadede daha çevreci ve sürdürülebilir kılmaktadır.

2.6.3 Kapasite ve Verimlilik

Raylı sistemlerin yolcu taşıma kapasitesinin fazla olmasıyla birlikte sabit hat üzerinde ilerlemesi, istikrarı sağlamaktadır. Elektrikli otobüsler ise kara yolu trafiğinde çalıştıklarından, ulaşımın fazla olduğu zirve saatlerde gecikme yaşayabilmektedirler. Yoğunluğun oluşturduğu konfor koşulları da elektrikli otobüs tercihini olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla yüksek talebin olduğu hatlarda raylı sistemlerden daha çok verim sağlanabilmektedir.

2.6.4 Konfor ve Kullanıcı Deneyimi

Raylı sistemler, düzgün hızlanma-yavaşlamalar ve yüksek taşıma kapasitesi sayesinde kullanıcıya daha konforlu bir yolculuk imkânı sağlamaktadır. Elektrikli otobüslerde ise ani frenler veya hızlanmalar yolcu konforunu azaltmaktadır.

Hemzemin yerlerde geçiş üstünlüğüne sahip oldukları için seyahat süreleri ve hızları trafikten ve mevsim şartlarından etkilenmez, bu da seyahat sürelerine uymalarını sağlamaktadır (Gürsoy, 2019).

2.6.5 Alan Kullanımı ve Altyapı Gereksinimi

Elektrikli otobüsler mevcut kara yolu altyapısını kullanabildikleri için daha esnek güzergâh planlamasına sahiptir. Elektrikli otobüslere eklenecek yeni bir hat için ek altyapı gerekmemektedir. Ancak hafif raylı sistem için özel altyapı, istasyon ve bakım sahaları gerekmektedir. Uzun vadeli kentsel planlama açısından bir avantaj sağlayabilir. Raylı sistem hattı, çevresinde gelişmeyi de teşvik eden bir kentsel omurga oluşturarak etrafında yeni çekim noktaları, iş imkanları ve ekonomik getiri de sağlayabilmesi açısından önem arz etmektedir.

2.6.6 Güvenlik ve Kaza Oranı

Raylı sistemler kara yolu trafiğinden ayrıldıkları için kaza oranları son derece düşüktür. Raylı sistemler, sabit güzergâh üzerinde ilerlediklerinden ve genellikle iklim şartlarından kara yoluna göre daha az etkilendiklerinden yolcu güvenliği bakımından daha emniyetlidir.

Türkiye’de kara yoluna olan yüksek bağımlılık elektrikli otobüslerin de kullandığı yolların çabuk tahrip olmasına neden olmaktadır. Başta, artan trafik

kazalarıyla ölüm ve yaralanmalara sebep olarak maddi ve manevi kayıplara sebebiyet vermektedir (Gündüz ve diğerleri, 2011).

Kaza olasılığı ulaşım türlerinin taşıt kapasiteleri ile ters orantılıdır. Kaza olasılığına göre sıralandığında, otomobil en yüksek kaza olasılığı olan sistemdir. Onları otobüs ve minibüs izlemektedir. Metro ve hafif raylı sistem ise en düşük kaza oranına sahiptir (Saatçioğlu ve Yaşarlar, 2012).

Türkiye’de kara yolunda 2024 yılı toplam trafik kazası sayısı 1 milyon 444 bin 26’dır. Bu kazaların 1 milyon 177 bin 172’si maddi hasarlı, 266 bin 854’ü ise ölümlü yaralanmalı kaza şeklindedir (TÜİK, 2025) Demir yolunda ise 2024 yılında 14 ciddi kaza gerçekleşmiş, 19 can kaybı ve 10 yaralı istatistiklere geçmiştir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2024).

2.6.7 Erişim

Elektrikli otobüsün hafif raylı sistemlere göre en büyük avantajı erişim kolaylığıdır. Kara yolu altyapısına sahip bütün noktalara ulaşarak yolcuları varış noktasına kadar taşıyabilmektedir. Raylı sistemler ise birçok güzergâhta başka bir raylı sistemle ya da farklı bir ulaşım türü ile aktarma yapmayı gerektirmektedir. Özellikle zirve saatlerde işe veya okula ulaşım sağlayacak kullanıcılar, raylı sistem tercihini değiştirmektedir. Bu yüzden hafif raylı sistemlerin güzergâh seçimi yapılırken mümkün olduğu kadar kamu binaları, ticaret, alışveriş, iş ve eğitim merkezlerine yakın olması kriteri göz önünde bulundurulmalıdır (Gürsoy, 2019).

3. FİZİBİLİTE

Fizibilite, bir yatırım projesinin başarı ya da başarısızlığını belirleyen temel unsurdur. Fizibilite çalışması; teknik, finansal, yasal ve zamanlama yönleriyle projenin uygulanabilirliğini kapsamlı şekilde değerlendirir. Bir projenin başarısı, öncelikle projeye yapılan yatırımın geri dönüşü ile tanımlanabilir. Yatırımcıların alacakları riski ve belirsizliği en aza indirerek karar vermesine de yardımcı olan güçlü bir yönetim aracıdır. Bu nedenle fizibilite çalışmaları projenin hayata geçirilmesinin kararında oldukça önemlidir (Alhamami ve diğerleri,2023). Bir yatırıma-projeye başlarken de artı veya eksi taraflar hesaplanarak yapılmaya değer olup olmadığının sorusu sorulur. Fizibilite raporlarında önerilen bir plan veya projenin; uygulanabilirliği, başarılı olup olmayacağı belirlenir. Bu rapor sadece maliyet hesabı değildir. Bir projenin hayata geçirilmesinde, karşılaşılabilecek zorlukların ve başarı şansını etkileyecek durumların da incelenmesidir. Projenin konusuna ve dahil olduğu sektöre göre, proje yapımına geçmeden önce ekonomik, sosyal, çevresel etkileri açısından ileriye dönük fikirler vererek sürdürülebilirliği hakkında öngörü sahibi olunmasını sağlar.

3.1 Fizibilite Raporlarının Önemi

- Fizibilite raporları, ülkeler için önemli olan milli sermayenin heba olmasının önüne geçer.
- Yatırımcının emeğinin ve sermayesinin boşa gitmesini önler.
- İstihdam sağlayacak fabrikaların kurulmasına, yeni iş alanlarının oluşmasına destek olur.
- Projenin sağlayacağı çevresel ve sosyal faydaları ölçerek halkın yaşam kalitesini artırmada dolaylı yoldan fayda sağlar.
- Büyüme planlarına yardımcı olur.

4. ÇALIŞMA ALANI VE ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Manisa İli Hakkında Genel Bilgiler

Manisa; Anadolu yarımadasının batısında, kıyı Ege’de konumlanan bir ilimizdir. Yüzölçümü olarak 13.096,26 km² alana sahip ilde toplamda 17 adet ilçe bulunmaktadır. Yunusemre ve Şehzadeler Manisa’nın merkez ilçeleridir. Şekil 18’den görüleceği üzere Türkiye’nin batısında İzmir kentinin kuzeydoğusunda İzmir-İstanbul kara yolu üzerinde bulunan Manisa şehri, tarihin hemen her döneminde önemli şehirlerden birisi olmuştur.

Manisa ili, Ege Bölgesi’nin hızla büyüyen ve gelişen illerinden biri olup, nüfus artışı, ekonomik faaliyetlerin yoğunluğu ve coğrafi konumu itibarıyla stratejik bir öneme sahiptir.

Şehrin Ege bölgesinin merkezinde olması idari, sahip olduğu sanayileşme ve tarımcılık ile ekonomik, geçmişi ile de kültürel olarak yüklendiği bu misyonlar fiziki yapısını da etkilemiştir.

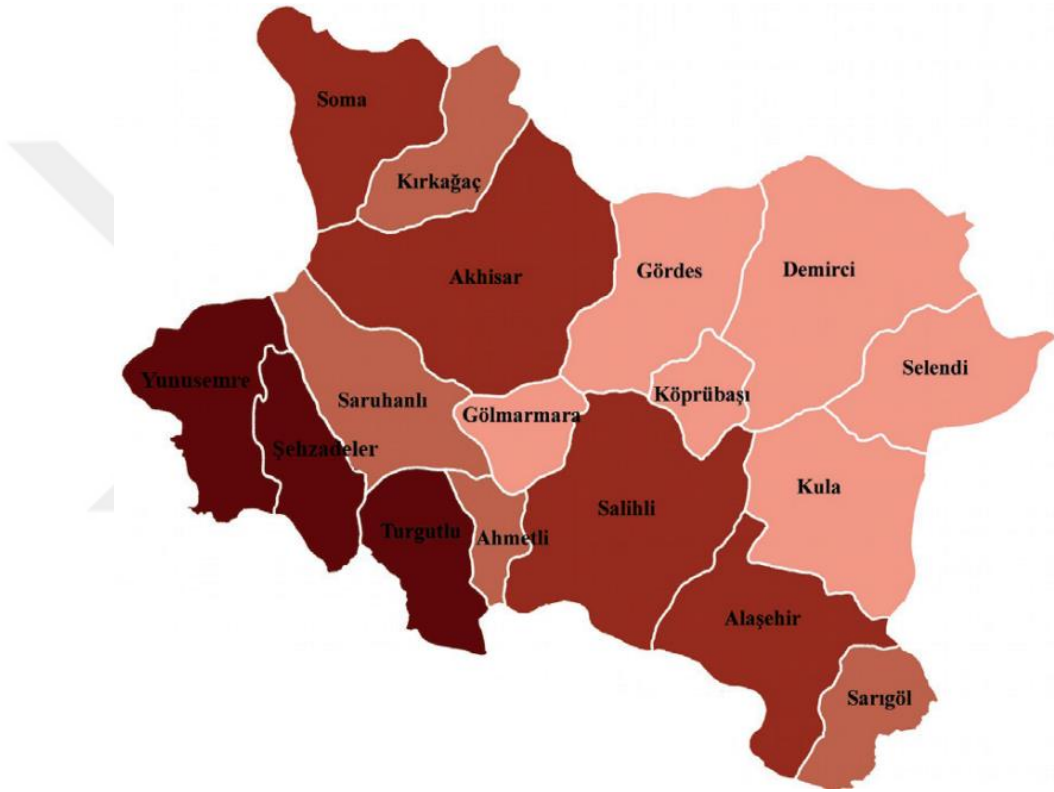


Şekil 18. Manisa İli Coğrafi Konumu (Manisa Valiliği, t.y.)

Ayrıca, gelişmiş sanayisi ve jeopolitik konumu nedeniyle Anadolu illeri ile İzmir limanı bağlantısını sağlaması, Manisa’da kent içi trafik yoğunluğunun daha da artmasına sebep olmaktadır.

Manisa’nın toplam nüfusu, 2024 yılı itibarıyla Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 1.475.353 kişiye ulaşmıştır. Nüfusun %29’u merkez ilçeler olan

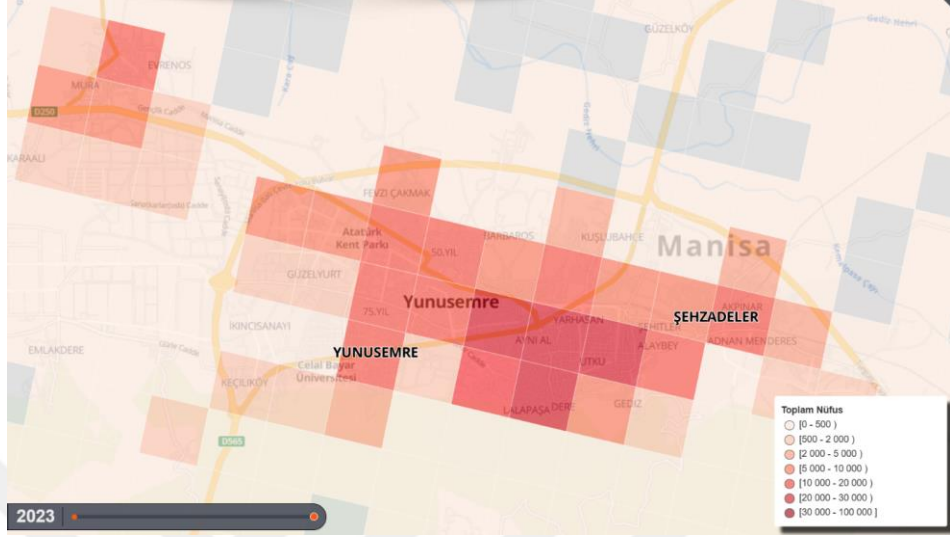
Şehzade ve Yunusemre ilçelerinde yaşamaktadır. Bu durum, kent merkezindeki nüfus yoğunluğunu artırarak, ekonomik ve sosyal faaliyetlerin burada odaklanmasına neden olmuştur. Şehir içi toplu ulaşımın önemi çok daha bariz hale gelmektedir. Merkez ilçelerin konumu itibari ile İzmir il sınırına yakın olması iki il arasındaki arz talep bağlantı ile Merkez ilçelerin eğitim, sanayi, ticaret ve konut talebini arttırmaktadır. Manisa ili ilçelerinin nüfus yoğunluğu Şekil 19’da görülmektedir. Şekilde nüfus yoğunluğu açık renkten koyu renge doğru artmaktadır.



Şekil 19. Manisa Nüfus Yoğunluğu Haritası (TÜİK, 2023)

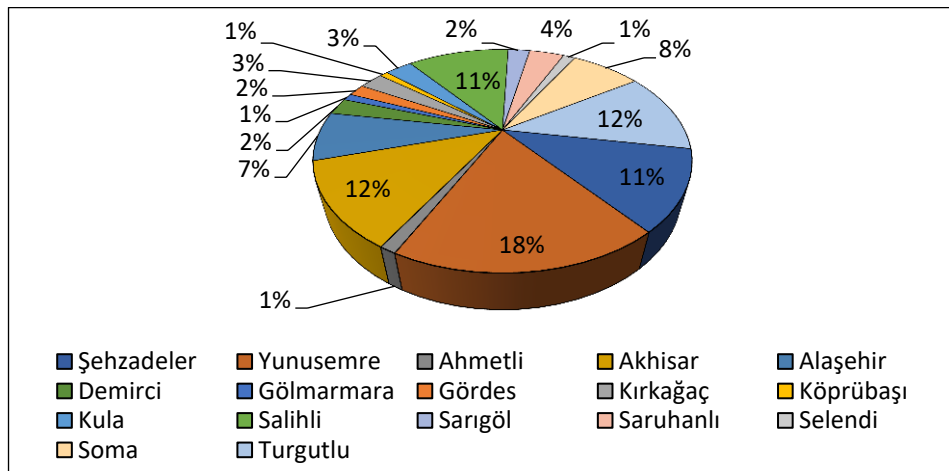
Manisa ili; sanayi, tarım ve turizm sektörlerinde önemli bir yere sahiptir. Organize Sanayi Bölgesi, Celal Bayar Üniversitesi ve Şehir Hastanesi gibi cazibe merkezleri, kentin ekonomik ve sosyal yapısına katkıda bulunurken, bu bölgeler aynı zamanda ulaşım sistemlerinin odak noktalarını oluşturmaktadır. Nüfus yoğunluğunun kent merkezi, ticari alanlar ve üniversite bölgesinde artmış olduğu Şekil 20’de görülmektedir. Yunusemre ve Şehzadeler ilçelerinin bulunduğu, koyu kırmızı ile gösterilen ve 30.000 – 100.000 kişilik nüfusu barındıran yoğun bölgeler ulaşım hizmetleri için en büyük talep kaynağı olan yerleşim alanlarını işaret etmektedir.

Yüksek nüfus yoğunluğuna sahip bu alanlar, toplu taşıma sistemlerinin yüksek kapasiteli hizmet sunması gereken öncelikli bölgelerdir.



Şekil 20. Manisa Merkez Nüfus Yoğunluğu Haritası (TÜİK, 2023,)

Manisa ili nüfusunun ilçelere oranı Şekil 21’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, Şehzadeler %11 ve Yunusemre %18 ile nüfusun büyük bir kısmını oluşturmaktadır. İki ilçenin iç içe geçmiş konumu ile yaklaşık %29’luk nüfusun belirli bir alanda arz talep oluşturması, şekilde görülen Akhisar, Salihli ve Turgutlu gibi Manisa’nın diğer büyük ilçelerinin ihtiyaçlarından daha yoğun bir talep oluşturmaktadır.



Şekil 21. İlçe Nüfusunun Toplam Nüfusa Oranı 2024 yılı

4.2 Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi

11 Temmuz 1992 tarihinde ve 21281 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan 3837 sayılı kanunun 25. maddesine eklenen 15. ek maddesiyle faaliyete geçen Manisa Celal Bayar Üniversitesinin Muradiye’de kurulan merkez yerleşkesi, üniversite senatosunun 23.09.2016 tarihli toplantısında aldığı kararla Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi olarak isimlendirilmiştir. Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi’nde 6 Fakülte, 1 Meslek Yüksek Okulu ve 3 KYK kız öğrenci yurdu bulunmaktadır (Manisa Celal Bayar Üniversitesi, t.y.).

Yerleşkedeki okullardaki öğrenci kapasitesi, akademisyen ve öğrenci sayıları Tablo 1’de, öğrenci yurdu kapasiteleri Tablo 2’de verilmiştir (Manisa Celal Bayar Üniversitesi istatistikleri, 2025).

Tablo 1. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Merkez Yerleşke Sayıları

Akademik Birim	Öğrenci Sayısı	Akademisyen Sayısı
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi	4492	279
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi	4400	110
İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi	485	127
İşletme Fakültesi	611	16
İletişim Fakültesi	187	10
Uygulamalı Bilimler Fakültesi	1240	1240
Manisa Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu	1426	31
Toplam	12841	651

Tablo 2. Yerleşke Yurt Kapasiteleri (Yunus Emre Belediyesi, 2025)

Yurt	Kapasite
Manisa Yunusemre Öğrenci Yurdu	1452
Manisa Muradiye Öğrenci Yurdu	1708
Hüma Hatun Öğrenci Yurdu	2048
Toplam	5208

Yerleşke, öğrencisi, akademisyeni, sosyal donatı alanları ve öğrenci yurtları ile yolculuk talebinin yüksek olduğu bir bölge oluşturmaktadır. Tablolarda görüldüğü üzere yaklaşık 18.000 kişi dışında, yerleşkede rektörlük çalışanları, sosyal alanları kullananlar ve yerleşkenin hemen üst kısmında yer alan TOKİ binalarında ikamet

edenler bulunmaktadır. Bu yoğunluğun toplu taşımaya yönlendirilmesinin katma değer kazandıracağı ve toplu taşıma gelirlerini arttıracığı aşikardır.

4.3 Ulaşım Ana Planı

Türkiye’de kentlerin ulaşım politikalarının geliştirilmesinde ulaşım ana planı hazırlanması önemli bir yer tutmaktadır. Ulaşım ana planı şu aşamaları kapsamaktadır:

- Mevcuttaki bilgilerin toplanması ve değerlendirilmesi,
- Ulaşım talep tahmin modeli kalibrasyonu,
- Hedef yılı projeksiyonları,
- Mevcut ve hedef yılı yapısındaki sorunların ve darboğazların belirlenmesi,
- Alternatiflerin tespit edilmesi ve ulaşım modeliyle test edilmesi,
- Ulaşım ana planı projelerinin ve önerilerinin stratejik ölçekte tanımlanması ve programlanması (Düzkaya ve diğerleri, 2018).

5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu Madde-7’de yer alan “Büyükşehir Belediyesinin görev, yetki ve sorumlulukları” arasında (f) fıkrasında “Büyükşehir, ulaşım ana planını yapmak veya yaptırmak ve uygulamak” hükmü yer almaktadır. Bu kanun hükmü uyarınca Manisa Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığınca ihale edilen Manisa Ulaşım Ana Planı işi 2015 yılı nisan ayında yapılmaya başlanmıştır. Manisa Büyükşehir sınırları içerisinde 2034 yılı hedef projeksiyon yılı olarak seçilmiş olup, 20 yıllık periyot boyunca kısa, orta ve uzun vadede ulaşım konusunda sürdürülebilir ulaşım politikaları ve planları belirlenmiştir. Makro ve mikro planlarla; kısa veya uzun mesafeli, yaya olarak veya motorlu-motorsuz özel araçlarla, lastik tekerlekli veya elektrikli toplu taşıma araçlarıyla gerçekleştirilecek olan Manisa ili merkezli her tür şehir içi veya şehirlerarası yolcu ve yük taşımacılığı konularında, kentsel, bölgesel ve ulusal ölçekte ulaşım modeli kalibrasyonu yapılmıştır. Böylece Manisa için sürdürülebilir, rasyonel ve bilimsel ulaşım politikaları değerlendirilerek en uygun yol haritası belirlenmeye çalışılmıştır (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).

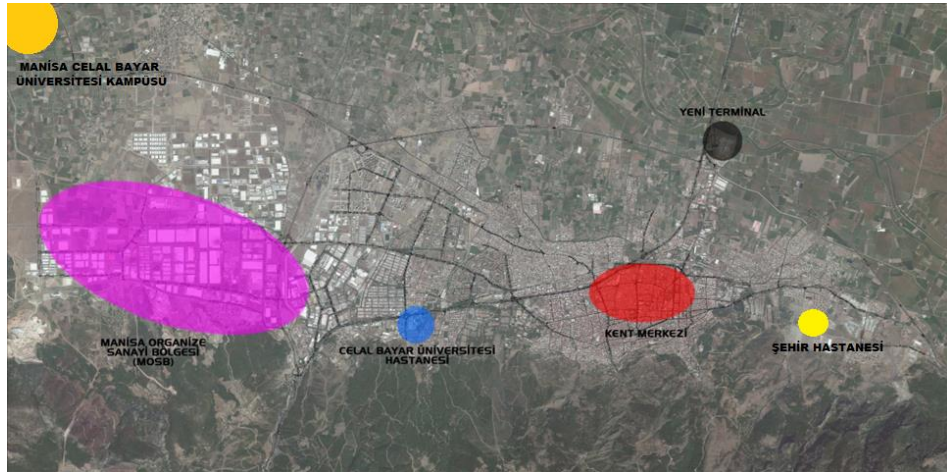
4.3.1 Toplu Taşıma Bilgileri

Manisa ilinin toplu taşıma sistemi, Manisa Büyükşehir Belediyesinin toplu taşıma şirketi olan Manisa Ulaşım A.Ş. yönetiminde, Manisa Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı bünyesindeki otobüsler, Manisa Ulaşım A.Ş bünyesindeki araçlar ve belediye denetimli özel kooperatiflerin uhdesindeki araçlar ile birlikte verilmektedir (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).

4.3.1.1 Toplu Taşıma Hatlarının Yoğunluğu

Manisa kent merkezinde, yolculuk potansiyeli yüksek olan birçok odak noktası bulunmaktadır. Kullanıcı açısından güzergâh tercihinde en önemli etken, zaman ve maliyet tasarrufu sağlayarak ulaşım sağlamaktır.

Yolculuk potansiyeli yüksek olan hastane ve üniversite gibi çekim alanları birbirinden uzaktır. Ancak etraflarının konut alanları ile çevrelenmiş olduğu görülmektedir. Şekil 22’de Manisa kent merkezi çekim alanları gösterilmiştir. Yerleşim alanlarının, odak noktalarının çevresinde kümelenmiş olması kısa mesafede ve merkez alanlarda toplu taşıma araçları kullanımından ziyade yaya yürüyüşü tercihinin sebep olmaktadır. Kalkış ve varış noktaları arası daha uzun olan yolculuklara ihtiyaç duyulduğu, mevcut hat taleplerinden anlaşılmıştır (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).



Şekil 22. Manisa Kent Merkezi Odak Noktaları (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).

Manisa’da kara yollarında oluşun yoğunluk Şekil 23’te gösterilmiştir. Şekilde doğu-batı aksında uzanan ana arterler, toplu taşıma taleplerinin, bir diğer tanım ile türlerin birim cinsinden otomobil ve servis araç sayısına dönüşümü ile kara yolu şebekesinde oluşturduğu yoğunluk, kalın turuncu hatlar ile temsil edilmektedir. Bu da ulaşım talebinin büyük çoğunluğunun bu ana akslar üzerinde toplandığını göstermektedir (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).



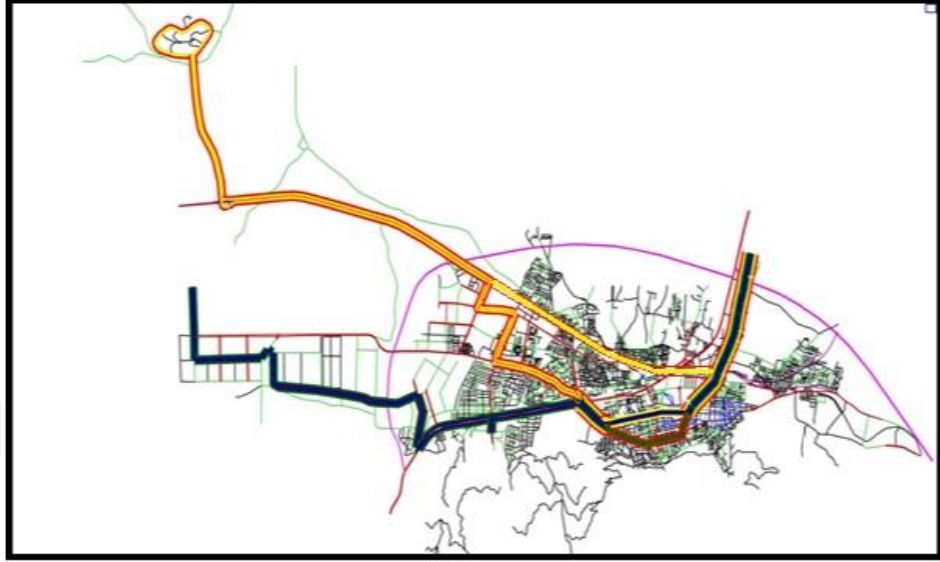
Şekil 23. Manisa Şehir Merkezinde Bulunan Kara Yollarında Ulaşım Talebi Yoğunluğu (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).

Kent yerleşimine bakıldığında; konut alanlarının yoğunluğunu oluşturan doğu kesiminden, Manisa Organize Sanayi Bölgesi, Üniversite ve diğer kurumların yer aldığı batı kesimi arasında günlük olarak yüksek trafik hacmi oluşmaktadır.

Kara yolu ağındaki bu yüksek talebin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi adına kara yolu kapasitesini artırmak yerine, yüksek kapasiteli toplu taşıma araçlarının bu yoğun ana koridorlara entegre edilmesi bir seçenek haline gelmiştir. Ayrıca bu seçenek, sürdürülebilir ve yüksek kapasiteli toplu taşıma yatırımlarının hangi koridorlarda önceliklendirilmesi gerektiğinin somut bir ifadesidir.

Yolculuk taleplerinin güzergahları ve bu güzergahlardaki potansiyel talebi Şekil 24’te görülmektedir. Haritada en belirgin ve en kalın olarak çizilen koyu renk ve sarı hatlar, kentin batı girişinden yani sanayi bölgeleri ve üniversiteden başlayarak şehir merkezinden geçip doğuya doğru uzanan akdir. Bu aks, en yüksek yolcu

potansiyeline sahiptir ve toplu taşıma sistemi için fizibilite açısından öncelikli güzergâhı oluşturmaktadır. Arzu hat talep görünümü, hatların en az aktarma ile en fazla talebi karşılayacak şekilde belirlenmesi gerektiğinin önemini vurgulamaktadır.



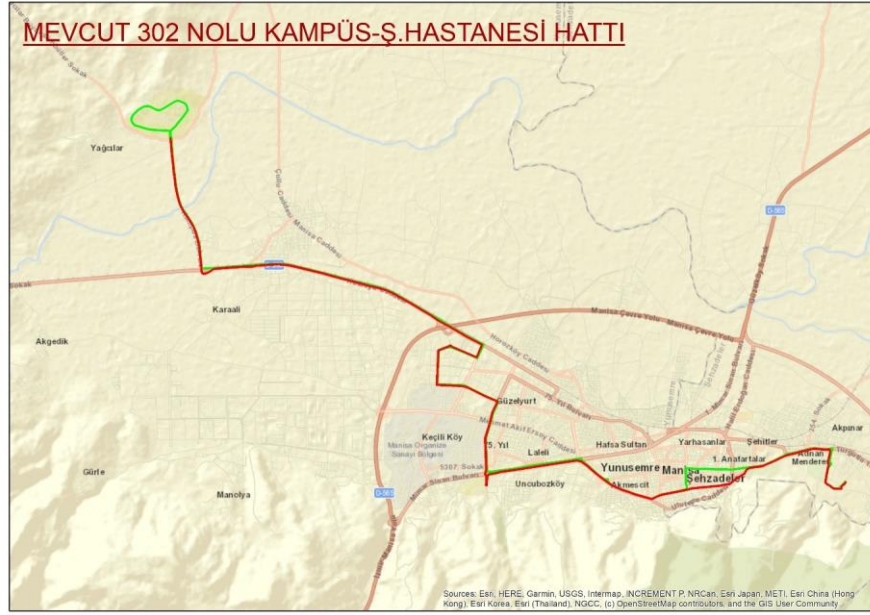
Şekil 24. Toplu Taşıma Arzu Hat Talep Görünümü (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).

Manisa il merkezinde yüksek yoğunluklu koridorların toplu taşıma güzergâhları kentin merkezi yerleşimi, konut alanlarından, sağlık, ticaret, sanayi ve eğitim alanlarına talep oluşturması bu alanların yatırım önceliğine sahip olacağını göstermektedir.

4.3.1.2 Mevcut Güzergâh Bilgileri

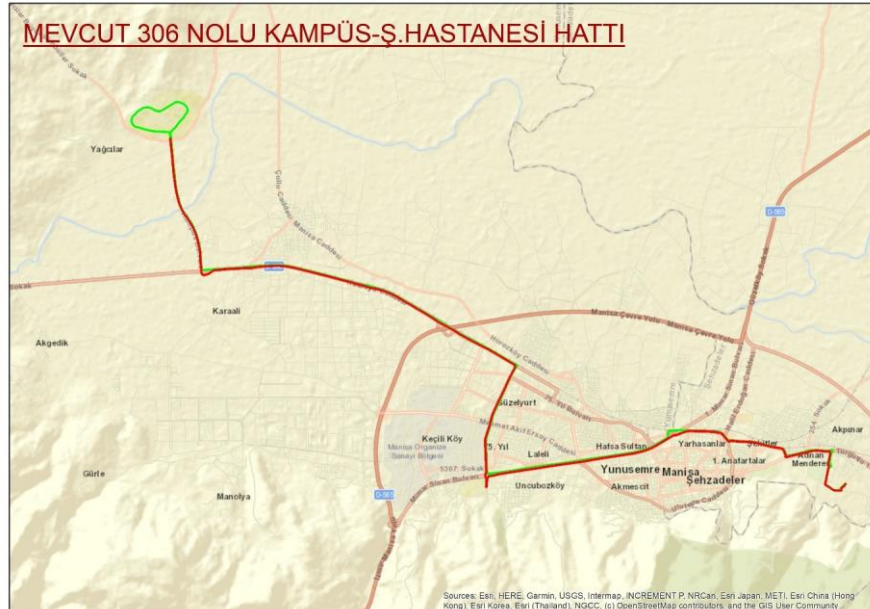
Manisa ili merkez ilçeleri Yunusemre ve Şehzedeler’de, hedef bölgelere ulaşım 23 toplu taşıma hattı ile hizmet vermeye devam etmektedir. Tez çalışması kapsamında toplu taşıma hatlarının ana yolculuk taleplerinin şehrin doğu ve batısında yer alan üniversite ve Şehir Hastanesi odaklı olarak çalışan hatlar seçilmiştir. Bu hatlar 302, 306, 21 ve 22 no.lu hatlardır.

Manisa Şehir Hastanesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Prof. Dr. İlhan Varank yerleşkesi kalkış ve varış noktaları arasında karşılıklı çalışan ve şehir merkezinden geçen 302 no.lu hattın güzergâhı Şekil 25’te gösterilmiştir.



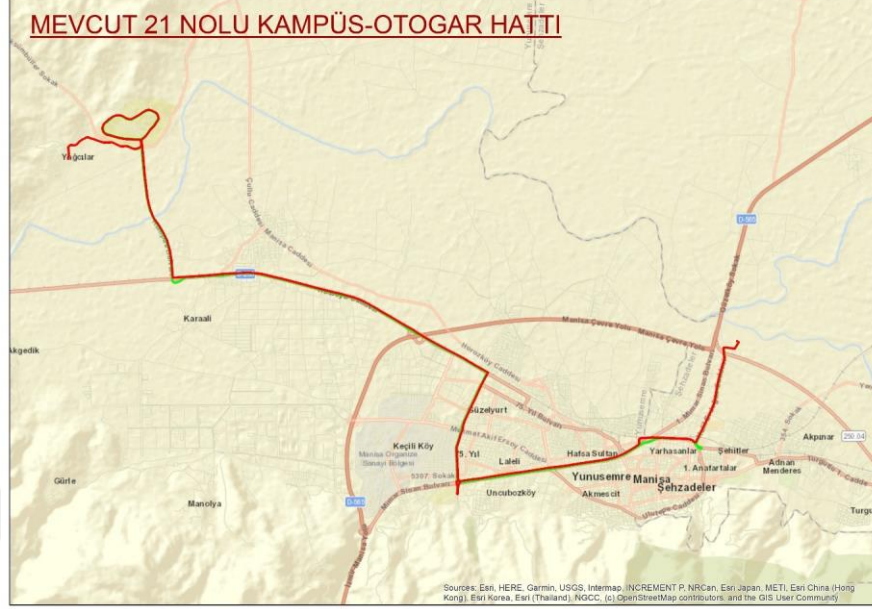
Şekil 25. Hat-302 Toplu Taşıma Araçları Ulaşım Güzergâhı

Manisa Şehir Hastanesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Prof. Dr. İlhan Varank yerleşkesi kalkış ve varış noktaları arasında karşılıklı çalışan ve şehir merkezi çeperinden geçen 306 no.lu hattın güzergâhı Şekil 26’da gösterilmiştir.



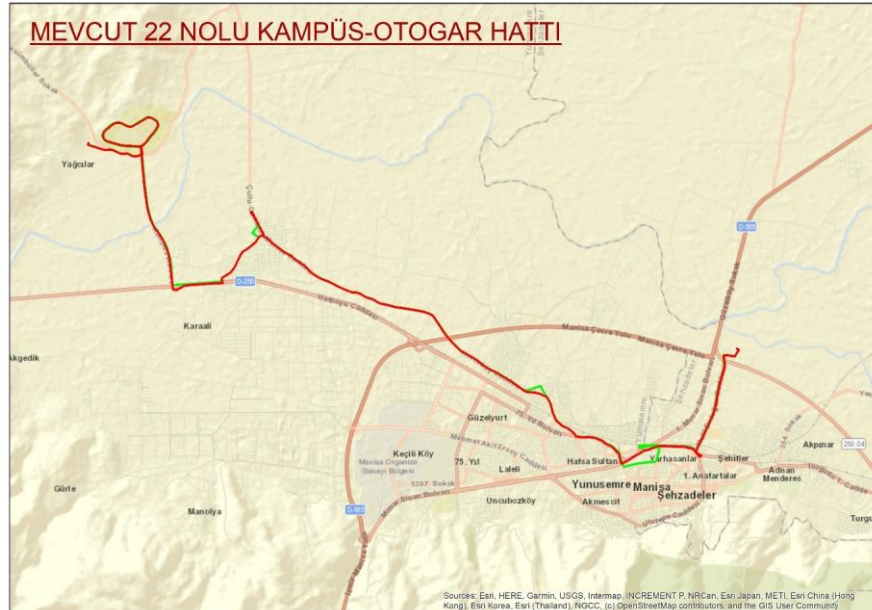
Şekil 26. Hat-306 Toplu Taşıma Araçları Ulaşım Güzergâhı

Manisa Şehir Hastanesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Prof. Dr. İlhan Varank yerleşkesi kalkış ve varış noktaları arasında karşılıklı çalışan ve şehir merkezi çevresinden geçen 21 no.lu hattın güzergâhı Şekil 27’de gösterilmiştir.



Şekil 27. Hat-21 Toplu Taşıma Araçları Ulaşım Güzergâhı

Manisa şehirler arası otobüs terminali ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Prof. Dr. İlhan Varank yerleşkesi kalkış ve varış noktaları arasında karşılıklı çalışan ve Muradiye mahallesinden geçen 22 no.lu hattın güzergâhı Şekil 28’de gösterilmiştir.



Şekil 28. Hat-22 Toplu Taşıma Araçları Ulaşım Güzergâhı

5. ÇALIŞMA METODOLOJİSİ

5.1 Çalışmada Tercih Edilen Araçlar

Manisa gibi büyümekte olan kentlerde, ulaşım planlamasında özel araçtan toplu taşımaya, özellikle de demir yolu ve elektrikli otobüs gibi daha temiz sistemlere geçiş sadece bir trafik çözümü değil, aynı zamanda çevre ve halk sağlığı açısından gerekliliktir.

Hangi toplu taşıma aracının kullanıldığı, kullanılan aracın çevreye etkileri gibi birçok faktör ise ülkelerin ve şehirlerin gelişmişlik düzeyi ile doğru orantılıdır. Bölgedeki gelişmişlik seviyesi arttıkça yolculuk konforu da artmaktadır (Tosun ve Arabelen, 2018).

5.1.1 Elektrikli Otobüs

Elektrikli otobüsler dizel otobüslere görsel olarak benzerlik gösterse de karoser yapısı daha sağlam tasarlanmaktadır. Bununla birlikte dizel motor titreşimi yoktur. Elektrikli otobüslerde geleneksel içten yanmalı motor ve gücün tekerleklerle aktarıldığı aktarma organları bulunmamaktadır. Tekerleklerin yanında konumlandırılan elektrik motorları ile güç doğrudan tekerleye iletilmektedir. Aktarma organı bulunan sistemlerde verim kaybı olmaktadır. Elektrikli motorlar daha az hareketli parçaya sahip olduğu için daha az bakım gerektirir ve genellikle dizel motorlara göre daha uzun ömürlüdür. Şasi ve gövde yapısı batarya grubunun aracın üst kısmında konumlandırılmasından dolayı diğer araçlara göre daha sağlam tasarlandığı için özellikle şehir içi yoğun kullanımda bile dizel araçlar gibi motor titreşimlerine maruz kalmadıklarından dolayı 15–20 yıl kullanılabilirler (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015). Elektrikli otobüsler katener hatlarına ihtiyaç duymadıklarından daha az sayıda bakım personeli ve düşük bakım onarımına ihtiyaç duymaktadır.

Manisa toplu taşıma sisteminde çalışan elektrikli otobüsler 2017 yılında yapılan elektrikli otobüs alımı ihalesinde Bozankaya firması uhdesinde kalmıştır. İhale edilen işin yüklenicisi Bozankaya firması 20 adet 18 metre ve 2 adet 24 metre uzunluğunda elektrikli otobüsü ile bakım onarım binası, şarj istasyonu ve şarj cihazlarını teslim etmiştir. Araçlar 110 kişi yolcu taşıma kapasiteli olup, 0'dan 100'e şarj süresi en fazla 5 saattir. İklim ve kullanım koşullarına bağlı olarak menzil

ortalaması 250 km'dir. Toplu taşıma araçlarının işletme hizmet hızının 13 ile 25 km arasında olduğu bilinmektedir. Günlük 8-12 saat arasında çalışan bir toplu taşıma aracının ortalama işletme hızı ile günlük ortalama 200 km hizmet etmektedir. (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015). Elektrikli otobüslerin ortalama 250 km yol yapabilmesi tek şarj ile günlük ihtiyacı karşıladığını göstermektedir. Manisa'da kullanılan elektrikli otobüslere bir örnek Şekil 29'da gösterilmiştir.



Şekil 29. Manisa'da Elektrikli Otobüs (MBB, 2019)

5.1.2 Hafif Raylı Sistem Aracı

HRS'ler yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip kentsel tramvay sistemidir. Geleneksel tramvaylardan daha hızlı daha fazla yolcu taşıyabilen, metro vagonlarından daha hafif yapıya sahip araçlardır. Ağır raylı sistemler ile karşılaştırıldığında daha düşük yatırım maliyetleri ile dikkat çekmektedir.

Raylı sistemler, transit odaklı ulaşım için gerekli olan yüksek kapasiteli ve güvenilir toplu taşıma omurgasını sağlar. Transit odaklı ulaşım, özel araç kullanımını azalttığı için karbon emisyonunu ve trafik kirliliğini düşürür. Aynı zamanda, kentsel verimliliği artırır ve dağınık, yatay kent yayılımını önler.

Araçlar çift yönlü sürüş özelliğine sahip olmaları ve farklı hava şartlarında çalışmaya uyumlu olmalarının yanında %6'ya kadar eğim tırmanma özelliğiyle zorlu hat koşullarında da yüksek performans göstermektedir. Araçlar genellikle 10–15 yılda bir büyük revizyona alınırlar. Bu revizyonlar sayesinde araçlar, 10–15 yıl daha

kullanılabilir hale gelir. Düzenli bakım, arıza riskini azaltır ve araçların ömrünü uzatır.

Manisa’da elektrikli otobüslerin Bozankaya firması tarafından üretilmiş olmasından dolayı, tez çalışmasında aynı firmanın ortalama kapasitesi 296 kişi olan HRS araçları örnek olarak alınmıştır.



Şekil 30. Hafif Raylı Sistem Aracı (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).

5.2 Manisa için Raylı Sistem

Raylı sistemler altyapı ve üstyapı yatırımları gerektirdiğinden, uzun vadeli ve maliyeti yüksek yatırımlardır (Yeniçeri, 2017). Kentlerdeki raylı sistem projelerinde yaşanan sorunların başında projelerin başlatılması, etüt ve projelerinin hazırlanması, bu projelerin ekonomik ve mali değerlendirilmelerindeki eksik ve yetersiz etüt çalışmaları, projelerin tamamlanma süreçlerinde önemli sorunlar doğurmaktadır (Ayhan, 2007; Tuna ve diğerleri, 2022).

Kamu tarafından yapılacak yüksek bütçeli yatırımların ekonomik, sosyal ve çevre hedeflerine ulaşılmasına rehberlik etmesi kamu kaynaklarının verimli kullanılması için beşer yıllık dönemleri kapsayan süreler için devlet tarafından kalkınma planları hazırlanır. Bu planlar birbirini tamamlayıcı ve düzeltici olarak devam etmektedir. İlkini 1963 yılında yapıldığı kalkınma planlarının 2024 yılında on ikincisi yapılmıştır. Kalkınma planlarında belirlenen proje seçim ölçütleri zaman içinde değişmekte ve uygulanmasında farklılıklar gözlenmektedir. 8. Kalkınma planında “kent nüfusunun bir milyonun üzerinde olması” raylı sistem eşiği olarak

kabul edilmişken, 9. Kalkınma planında yapılan düzenlemede, mevcut projelerin finansmanında “Raylı sistem projeleri, alternatif toplu taşıma projelerinin yetersiz kaldığı, sistemin işletmeye açılması öngörülen yıl için doruk saat yolculuk talebinin tek yönde asgari 15.000 yolcu/saat düzeyinde gerçekleşmesi beklenen koridorlarda planlanacaktır.” şeklindeki sınırlama ile raylı uygulamalar kısıtlanmaktadır.

10. Kalkınma Planında ise raylı sistemlerle ilgili aşağıda belirtilen değişiklikler getirilmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2024):

- “Kent içi toplu taşımada trafik yoğunluğu ve yolculuk talebindeki gelişmeler dikkate alınarak öncelikle otobüs, metrobüs ve benzeri sistemler tercih edilecek; bunların yetersiz kaldığı güzergâhlarda raylı sistem alternatifleri değerlendirilecektir.”
- “Raylı sistemlerin, işletmeye açılması beklenen yıl için doruk saatte tek yön yolculuk talebinin; tramvay sistemleri için asgari 7.000 yolcu/saat, hafif raylı sistemler için asgari 10.000 yolcu/saat, metro sistemleri için ise 15.000 yolcu/saat düzeyinde gerçekleşeceği öngörülen koridorlarda planlanması şartı aranacaktır.”

11. ve 12. kalkınma planlarında raylı sistem araçların yerli üretiminin desteklenmesi ile raylı sistem araçlarının sayılarının artırılması ve yerli üretim yapılması konularına değinilmiştir

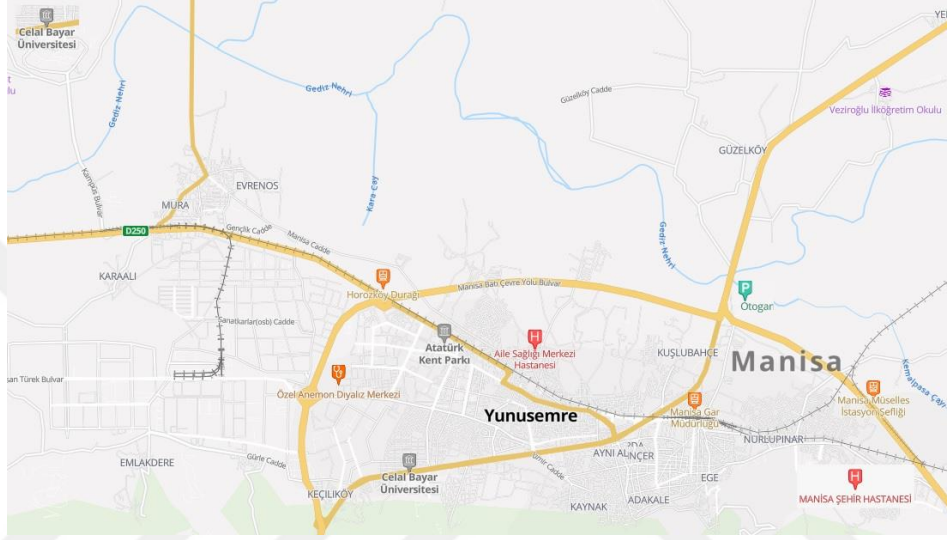
Tez çalışmasında raylı sistem yatırımı için Manisa’nın gelecek 15-20 yılını hedef belirleyerek, yolculuk sayılarının incelenmesi, Manisa Şehir Hastanesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi arasındaki toplu taşıma koridorlarının yolcu potansiyelinin belirlenmesi, 10. Kalkınma Planı’nın raylı sistem yatırımlarıyla ilgili kararları ile değerlendirilerek, gelecek yıllarda raylı sistem yatırımlarının Manisa toplu taşıma sistemi içinde yer almasının imkânlar dâhilinde yapılabilirliği irdelenecektir.

5.3 Öneri Hat Güzergâhları

5.3.1 Öneri HRS Güzergahı

Şehir Hastanesi ile Manisa Celal Bayar Üniversite Hastanesi arasında şehir merkezi olarak kabul edilen alanlara yürüyüş mesafesinde şehir merkezi çeperinden

geçen 16,5 km.lik öneri hafif raylı sistem güzergâhı, yeni yapılaşma alanlarının da yanından geçmektedir. Manisa merkezden geçen TCDD demir yolu ağı Şekil 31’de gösterilmiştir. Öneri hattın 13,5 km’lik kısmında TCDD’nin mevcut demir yolu alt yapısı bulunmaktadır. Bu alan sadece mevcut demir yolu altyapı için olmasa bile konumu bu alanda ileriye dönük yüksek kapasiteli toplu taşıma sistemlerinin kurulmasına olanak sağlayacaktır.



Şekil 31. TCDD Demir Yolu Ağı (TCDD, t.y.)

16,5 km’lik güzergâh Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Kampüsü’nden başlayarak, kentin doğu aksı boyunca uzanmakta ve Manisa Şehir Hastanesi’ne ulaşmaktadır ve Manisa’nın gelecekteki ana toplu taşıma hattı olarak kurgulanmıştır.

Güzergahın seçimi rastlantısal değildir, kentsel erişilebilirlik, maliyet ve arazi kullanım kararları gözetilmiştir. Önerilen hattın 13,5 km’lik gibi büyük bir bölümü, halihazırda var olan TCDD’ye ait demir yolu üzerinde yer almaktadır. Böylece mevcut TCDD alt yapısından faydalanmak amaçlanmıştır.

Mevcut demir yollarının kullanılması, yüksek maliyetli işlemleri minimize edip, altyapı inşaat süreçlerini hızlandırmakta ve projenin ilk yatırım maliyetini büyük ölçüde azaltarak ekonomik fizibiliteyi güçlendirmektedir.

Manisa Şehir Hastanesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Prof. Dr. İlhan Varank yerleşkesi kalkış ve varış noktaları arasında karşılıklı çalışan şehir merkezi çeperinden geçen öneri raylı sistem hat güzergahı Şekil 32’de verilmiştir. Yerleşke

içerisindeki eğimin yüksek olmasından dolayı hat, yerleşke giriş kapısına kadar planlanmıştır.



Şekil 32. Önerilen Hafif Raylı Sistem Hattı

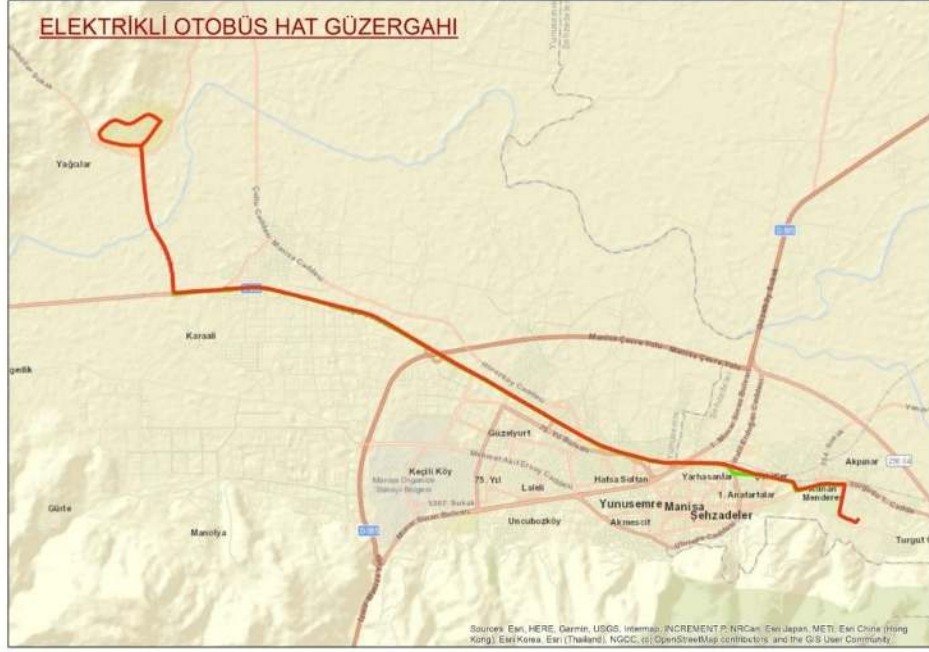
5.3.2 Öneri Elektrikli Otobüs Güzergahı

Öneri elektrikli otobüs güzergahı olarak, yine Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi ile Manisa Şehir Hastanesi arasında ve hafif raylı sistemin kurulması düşünülen güzergahın paralelinde bulunan kara yolu ağı belirlenmiştir. Böylece iki sistemin kıyaslanmasında daha gerçekçi veri ortaya konması hedeflenmiştir.

Güzergahın mevcut kara yolu ağını kullanması, altyapı inşası gerektirmediğinden ilk yatırım maliyetlerini düşürmekte ve kentin yoğun konut ticaret alanlarına doğrudan erişim esnekliği sağlamaktadır.

Öneri elektrikli otobüs güzergahı tercihi stratejisi, talebin yoğun olduğu ana koridorda, altyapı değişikliğine gidilmeden mevcuttaki elektrikli otobüsleri kullanmaktır.

Manisa Şehir Hastanesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Prof. Dr. İlhan Varank yerleşkesi kalkış ve varış noktaları arasında karşılıklı çalışan şehir merkezi çeperinden geçen öneri elektrikli otobüs hat güzergahı Şekil 33'te verilmiştir.



Şekil 33. Önerilen Elektrikli Otobüs Güzergahı

Elektrikli otobüslerin depolanma ve şarj istasyonu alanı Manisa şehirler arası otobüs terminalinde bulunduğundan, Şehir Hastanesi ve üniversite arasında yapılacak seferlerde araçlar günlük seferlerini tamamladıktan sonra şarj edilebilmeleri için depolama alanlarına geri dönmektedirler. Depolama alanının ilk ve son durak olarak kullanılamaması yolcu taşımadan geçilen alanların oluşmasına sebep olacağından bu alanlar ölü km olarak isimlendirilmektedir. Günlük araç menzillerinin belirlenmesinde bu durumun göz önünde bulundurulması gereken önemli bir unsurdur.

Başlangıç noktası üniversite olan araçların, depolama alanı ile başlangıç durağı arasındaki 16 km’lik mesafeyi kat ederek sefer başlangıç noktasında olması gerekmektedir. Gün sonunda son sefer üniversitede olursa, aracın depolama alanına dönmek için de aynı yolu katetmesi gerekmektedir. Başlangıç noktası üniversite olan ölü güzergâh Şekil 34’te gösterilmiştir.

Başlangıç noktası Şehir Hastanesi olan araçların, depolama alanı ile başlangıç durağı arasındaki 6 km’lik mesafeyi kat ederek sefer başlangıç noktasında olması gerekmektedir. Gün sonunda son sefer Şehir Hastanesi’nde olursa, aracın depolama

alanına dönmek için de aynı yolu katetmesi gerekmektedir. Başlangıç noktası Şehir Hastanesi olan ölü güzergâh Şekil 35’te gösterilmiştir.

Hat planlamasına göre başlangıç noktası ve son noktası farklı olan araçların, sefere başlamak ve seferi sonlandırmak için günde toplam 22 ölü km yapmaları gerekecektir.



Şekil 34. Elektrikli Otobüs Üniversite Başlangıç Ölü Km Güzergahı



Şekil 35. Elektrikli Otobüs Şehir Hastanesi Başlangıç Ölü Km Güzergahı

5.4 Verilerin Değerlendirilmesi

5.4.1 Ücret Tarifesi

Manisa Büyükşehir Belediye Ulaşım Daire Başkanlığı 14.03.2025 tarih 2025/30 sayılı Ukome kararına göre; şehir içi tam bilet ücreti 30,00 TL, öğrenci bileti ücreti 14,30 TL olarak belirlenmiştir (UKOME, 2025).

5.4.2 Yolculuk Sayıları

141 No.lu Kampüs Motorlu Taşıyıcılar Kooperatifi Muradiye Mahallesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi ile şehir merkezi arasında toplu taşıma hizmeti vermektedirler.

MANULAŞ ve 141 No.lu toplu taşıma kooperatifinin tüm hatlarında Mayıs 2025'te taşıdığı 1 aylık yolculuk sayılarında toplu taşıma yolculuklarının tam, öğrenci ve ücretsiz biniş tercihleri Tablo 3'te, yüzdelik oranları ise Tablo 4'te gösterilmiştir. Tablodaki verilere göre hatlarda taşınan yolcuların ağırlığının öğrenci olduğu görülmektedir.

Tablo 3. 1-31 Mayıs 2025 Arası Toplu Taşıma Araçları Yolculuk Sayıları

	Tam	Öğrenci	Ücretsiz
MANULAŞ	21.144	103.632	12.680
141 NOLU ÖHO KOOP.	132.330	251.022	57.219

Tablo 4. Toplam Yolculukların Yüzdelik Oranları

	Tam	Öğrenci	Ücretsiz
MANULAŞ	%15,38	%75,39	%9,22
141 NOLU ÖHO KOOP.	%30,04	%56,98	%12,99
Ortalama	%22,71	%66,18	%11,11

MANULAŞ'dan 21 No.lu hattın, 2024 yılı Eylül ayından 2025 Yılı Eylül ayına kadar olan verileri ve diğer hatların 2024 yılı mayıs ayı verileri alınmıştır. Alınan 21 No.lu hattın yıllık yolculuk sayıları ile, aylık binişler yıllık yolculuk sayısı ile oranlanmıştır. Hesaplanan katsayılar ile diğer hatların mayıs ayı yolculuk sayıları oranlanarak yıllık yolculuk sayısına ulaşılmış, elde edilen yolculuk verileri Tablo 5'te gösterilmiştir (MANULAŞ, 2025). Yıllık yolculuk verilerinin aylık bazlı incelenmesinde, yaz ayları ve eğitimin tatil olduğu dönemlerde toplu taşıma

binislerinde düşüş olduğu gözlenmiştir. Yıllık yaklaşık 4 milyon yolculuğun aritmetik ortalaması 340.000 yolculuk olmasına rağmen yılın sadece 6 ayında ortalama üstünde toplu taşıma binışı bulunmaktadır. Temmuz ve ağustos aylarında sayı ortalamanın üçte birine yani 100.000 yolculuklara kadar düşmüştür.

Tablo 5. Yıllık ve Aylık Toplu Taşıma Binışleri

Eylül 2024- Ağustos 2025 Toplu Taşıma Hatları Yolculukları							
Yıl	Ay	21 No.lu Hat	22 No.lu Hat	302 No.lu Hat	306 No.lu Hat	Ay Top.	
1	2024	Eylül	162.430	104.118	21.404	14.242	302.195
2	2024	Ekim	266.898	171.083	35.170	23.402	496.554
3	2024	Kasım	223.900	143.521	29.504	19.632	416.557
4	2024	Aralık	255.756	163.941	33.702	22.425	475.824
5	2025	Ocak	173.809	111.412	22.903	15.240	323.365
6	2025	Şubat	146.757	94.072	19.339	12.868	273.036
7	2025	Mart	218.061	139.778	28.735	19.120	405.694
8	2025	Nisan	211.381	135.496	27.854	18.535	393.266
9	2025	Mayıs	216.461	138.753	28.524	18.980	402.717
10	2025	Haziran	173.756	111.378	22.897	15.235	323.266
11	2025	Temmuz	82.160	52.665	10.827	7.204	152.856
12	2025	Ağustos	63.576	40.753	8.378	5.575	118.281
Yıl Toplamı		2.194.94	1.406.971	289.236	192.459	4.083.611	
Yıl / Ay Ortalama		182.912	117.248	24.103	16.038	340.301	

MANULAŞ'dan alınan verilerde, 21 No.lu hattın 2025 yılı Eylül ayı yolculuk sayısının 165.607 olduğu Tablo 5'te belirtilen 2024 yılı Eylül ayı yolculuğun 162.430 olduğu anlaşılmıştır (MANULAŞ, 2025). Dolayısı ile 2024 yılı Eylül ayı ve 2025 yılı Eylül ayı toplu taşıma kullanımının artışı yaklaşık %2 olduğu görülmüştür. Ulaşım Ana planında yıllık nüfus artışının %1,5 olarak gerçekleşmesi ön görülmüştü. Toplu taşıma talebinde daha yüksek artış gerçekleşmiş olmasından dolayı, yolculuk artışının dikkate alınmasına karar verilmiştir (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).

2025 yolculuk verileri, gelecek yıllara %2 kümülatif artış ile örnek yolculuk sayıları elde edilerek projeksiyon oluşturulmuştur. Projelendirme ve proje teslim süreçleri göz önünde bulundurularak 2025 yılı sonrasında projelendirme, yapım ve araçların peyder pey teslimleri için 2 yıllık bir süreye ihtiyaç olduğu kabul edilmiştir. 2025 ve sonrasındaki 2 yıl yatırım süreci olarak değerlendirildiğinden sonraki 20 yıl çalışacak sistem için 23 yıl sonrasına 2047 yılına kadar yolculuk öngörüsünde bulunulmuştur. Öngörülen yıllık ve aylık yolculuk sayıları Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Yıllık %2 Artış ile Yıllık ve Aylık Ortalama Yolculuk Sayıları

	Yıl	Yıllık	Aylık Ortalama
1	2025	4.083.611	340.301
2	2026	4.165.284	347.107
3	2027	4.248.589	354.049
4	2028	4.333.561	361.130
5	2029	4.420.232	368.353
6	2030	4.508.637	375.720
7	2031	4.598.810	383.234
8	2032	4.690.786	390.899
9	2033	4.784.602	398.717
10	2034	4.880.294	406.691
11	2035	4.977.900	414.825
12	2036	5.077.458	423.121
13	2037	5.179.007	431.584
14	2038	5.282.587	440.216
15	2039	5.388.239	449.020
16	2040	5.496.003	458.000
17	2041	5.605.923	467.160
18	2042	5.718.042	476.503
19	2043	5.832.403	486.034
20	2044	5.949.051	495.754
21	2045	6.068.032	505.669
22	2046	6.189.392	515.783
23	2047	6.313.180	526.098

Elde edilen veriler ile 2025 yılında toplu taşıma hatlarını kullanmayı tercih eden tam bilet, öğrenci bileti ve indirimli binişlerin Tablo 4’te hesaplanan oranlar ile gelecek yıllar içinde toplu taşıma yolculuk sayıları hesaplanmıştır. Tablo 7’de yolculuk sayılarının sınıflandırılması gösterilmiştir.

5.4.1 Hasılat

Serbest piyasada döviz fiyatlarının dalgalı yukarı yönlü hareket etmesinden dolayı Merkez Bankası kurlarında yapılan incelemede, tez çalışması sırasında Euro kurunun 49 TL üzerinde seyrettiği anlaşılmıştır. Hesaplamalarda 1 Euro değeri karşılığında 50 TL kabul edilmiştir.

Toplu taşıma bilet ücretlerinin Euro karşılıkları hesaplanarak Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Yıllık Yolculukların 23 Yıl Sınıflandırılması

Yıl	Toplam Yolculuk	Tam	Öğrenci	Ücretsiz
		%22,71	%66,18	%11,11
2025	4.083.611	927.388	2.702.534	453.689
2026	4.165.284	945.936	2.756.585	462.763
2027	4.248.589	964.855	2.811.716	472.018
2028	4.333.561	984.152	2.867.951	481.459
2029	4.420.232	1.003.835	2.925.310	491.088
2030	4.508.637	1.023.911	2.983.816	500.910
2031	4.598.810	1.044.390	3.043.492	510.928
2032	4.690.786	1.065.277	3.104.362	521.146
2033	4.784.602	1.086.583	3.166.449	531.569
2034	4.880.294	1.108.315	3.229.778	542.201
2035	4.977.900	1.130.481	3.294.374	553.045
2036	5.077.458	1.153.091	3.360.261	564.106
2037	5.179.007	1.176.152	3.427.467	575.388
2038	5.282.587	1.199.675	3.496.016	586.895
2039	5.388.239	1.223.669	3.565.936	598.633
2040	5.496.003	1.248.142	3.637.255	610.606
2041	5.605.923	1.273.105	3.710.000	622.818
2042	5.718.042	1.298.567	3.784.200	635.274
2043	5.832.403	1.324.539	3.859.884	647.980
2044	5.949.051	1.351.029	3.937.082	660.940
2045	6.068.032	1.378.050	4.015.823	674.158
2046	6.189.392	1.405.611	4.096.140	687.641
2047	6.313.180	1.433.723	4.178.063	701.394

Tablo 8. 2025 Yılı TL ve Euro Cinsinden Bilet Fiyatları

Bilet Fiyatı TL			Bilet Fiyatı Euro		
Tam	Öğrenci	Ücretsiz	Tam	Öğrenci	Ücretsiz
30	14,3	0	0,6	0,29	0

2025 yılında kullanılan bilet fiyatlarının önümüzdeki yıllarda artışı, yıllık %1,5 Euro enflasyonu kabulü ile hesaplanmıştır (ECB, 2021). Tablo 9’da projeksiyon bilet fiyatlarının artışı gösterilmiştir.

2025 yılı ile 2047 yılları arasında düşünülen projeksiyon için hesaplanan yolculuk sayıları ve bilet fiyatları ile yıllık bilet geliri hesaplanmıştır. Tablo 10’da Euro bazlı gelir beklentisi gösterilmiştir.

Tablo 9. Yıllık %1,5 Artış ile Projeksiyon Yıllarında Euro Cinsinden Bilet Fiyatları

Yıl	Tam Biniş	Öğrenci
2025	0,60	0,29
2026	0,61	0,29
2027	0,62	0,30
2028	0,64	0,30
2029	0,65	0,31
2030	0,66	0,32
2031	0,68	0,32
2032	0,69	0,33
2033	0,70	0,34
2034	0,72	0,34
2035	0,73	0,35
2036	0,75	0,36
2037	0,76	0,36
2038	0,78	0,37
2039	0,79	0,38
2040	0,81	0,38
2041	0,82	0,39
2042	0,84	0,40
2043	0,86	0,41
2044	0,87	0,42
2045	0,89	0,42
2046	0,91	0,43
2047	0,93	0,44

Ücretsiz binişler için herhangi bir fon, Avrupa birliği programı veya Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı ile Hazine ve Maliye Bakanlığı tarafından engelli, yaşlı, şehit yakınları ve gazileri ücretsiz olarak taşıyan şehir içi özel halk otobüsü ve deniz ulaşım aracı sahiplerine yapılan araç başına aylık gelir desteği ödemesi hesaplamalarda dikkate alınmamıştır.

5.4.2 Haftalık Günlük Saatlik Yolculukların Değerlendirilmesi

2025 yılı mayıs ayının ikinci haftasında Üniversite ve Muradiye mahallesi yönünde iki yönlü olarak günlük seyahat verileri incelenmiştir. Yolculuk talebinin sabah iş ve okul başlangıç saatlerinde yoğunlaşıp, gün içerisinde azaldığı, üniversitenin ikinci öğretim saatlerinde tekrar yolculuk sayılarının yoğunlaşmaya başladığı ve iş çıkış saatinde de yoğunluk olduğu görülmüştür. Yerleşkede bulunan öğrenci yurtları ve Toki konutları merkez yerleşke dışında olan fakültelere de yolculuk talebi oluşturmaktadır. Günlük ve saatlik yolculuk sayılarının gün içerisindeki yolculuk ortalamaları Tablo 11’de gösterilmiştir

Tablo 10. Yıllık Euro Bazlı Gelir Beklentisi

Yıl	Tam Yolculuk	Euro / Kişi	Euro Yıl	Öğrenci Yolculuk	Euro / Kişi	Euro Yıl	Euro Toplam
2025	927.388	0,60	556.432,89	2.702.534	0,29	772.925	1.329.358
2026	945.936	0,61	578.912,78	2.756.585	0,29	804.151	1.383.064
2027	964.855	0,62	602.300,86	2.811.716	0,30	836.639	1.438.939
2028	984.152	0,64	626.633,81	2.867.951	0,30	870.439	1.497.073
2029	1.003.835	0,65	651.949,82	2.925.310	0,31	905.605	1.557.554
2030	1.023.911	0,66	678.288,59	2.983.816	0,32	942.191	1.620.480
2031	1.044.390	0,68	705.691,45	3.043.492	0,32	980.255	1.685.947
2032	1.065.277	0,69	734.201,39	3.104.362	0,33	1.019.858	1.754.059
2033	1.086.583	0,70	763.863,12	3.166.449	0,34	1.061.060	1.824.923
2034	1.108.315	0,72	794.723,19	3.229.778	0,34	1.103.927	1.898.650
2035	1.130.481	0,73	826.830,01	3.294.374	0,35	1.148.525	1.975.356
2036	1.153.091	0,75	860.233,94	3.360.261	0,36	1.194.926	2.055.160
2037	1.176.152	0,76	894.987,39	3.427.467	0,36	1.243.201	2.138.188
2038	1.199.675	0,78	931.144,88	3.496.016	0,37	1.293.426	2.224.571
2039	1.223.669	0,79	968.763,14	3.565.936	0,38	1.345.681	2.314.444
2040	1.248.142	0,81	1.007.901,17	3.637.255	0,38	1.400.046	2.407.947
2041	1.273.105	0,82	1.048.620,37	3.710.000	0,39	1.456.608	2.505.228
2042	1.298.567	0,84	1.090.984,64	3.784.200	0,40	1.515.455	2.606.440
2043	1.324.539	0,86	1.135.060,42	3.859.884	0,41	1.576.679	2.711.740
2044	1.351.029	0,87	1.180.916,86	3.937.082	0,42	1.640.377	2.821.294
2045	1.378.050	0,89	1.228.625,90	4.015.823	0,42	1.706.648	2.935.274
2046	1.405.611	0,91	1.278.262,38	4.096.140	0,43	1.775.597	3.053.859
2047	1.433.723	0,93	1.329.904,19	4.178.063	0,44	1.847.331	3.177.235

Tablo 11. Yolculuk Sayılarının Saatlik Ortalaması

Saat	Haftalık Toplam	1 Saatlik Haftalık Ortalama	1 Saatlik En Yüksek
06:00-07:00	479	68	110
07:00-08:00	6.733	962	1311
08:00-09:00	7.696	1.099	1558
09:00-10:00	4.566	652	879
10:00-11:00	3.901	557	725
11:00-12:00	4.385	626	840
12:00-13:00	6.179	883	1125
13:00-14:00	5.316	759	863
14:00-15:00	5.218	745	905
15:00-16:00	7.583	1.083	1591
16:00-17:00	8.397	1.200	1614
17:00-18:00	6.640	949	1292
18:00-19:00	6.564	938	1915
19:00-20:00	4.471	639	729
20:00-21:00	3.847	550	607
21:00-22:00	3.830	547	620
22:00-23:00	3.539	506	596
23:00-24:00	1.722	246	289

5.4.3 Araç Sefer Planlarının ve Sürücülerin Belirlenmesi

5.4.3.1 Elektrikli Otobüs

Yolculuk alışkanlıklarının incelendiği Tablo 11’de saatlik ve en yüksek yolculuk sayıları dikkate alınarak, yoğunluk olan saatlerde daha sık sefer planlanmış, yoğunluğun azaldığı saat aralıklarında sefer frekans sıklığı azaltılmıştır.

Gün içerisinde en yoğun yolculuk talebi saat ortalamasının yaklaşık 1000 yolculuk seviyesinde olduğu görülmüştür. Sabah yoğun saatler için 5 dakikada bir otobüs seferi ile saatte 12 sefer tek yön, 24 sefer iki yön ile saatlik 2640 kişi yolculuk kapasitesi planlanmıştır. Gün içerisinde yolculuk taleplerinin düşmesi ile 15 dakikalık periyotlarda saatlik 8 sefer ile iki yönü 880 kişi kapasite planlanmıştır. Artan yolculuk talebinde 10 dakikalık periyotlarda saatlik 12 sefer ile iki yönlü 1320 kişi yolculuk kapasitesi planlanmıştır. Gece saatlerinde talebin azalması ile 20 dakikalık periyotlarda saatlik 6 sefer ile iki yönlü 660 kişi yolculuk kapasitesi planlanmıştır.

Şehir Hastanesi’nden başlayan seferlerin son durağı olan yerleşkeye ilk varış saati olarak mesai başlangıcı ve güzergâh üzerinde bulunan Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, İlahiyat Fakültesi ve Spor Bilimleri Fakültesinin ders başlangıçları dikkate alınmıştır. Tablo 12’de Şehir Hastanesi başlangıç elektrikli otobüs sefer planı gösterilmiştir.

Tablo 12. Şehir Hastanesi Başlangıç Elektrikli Otobüs Sefer Planı

Şehir Hastanesi- Üniversite					
Elektrikli Otobüs					
Periyot	Başlangıç Şehir Hastanesi	Bitiş Üniversite	Bekleme	Araç	Sefer
5DK	6,45	7,45	7,50	1	1
	6,50	7,50	7,55	2	1
	6,55	7,55	8,00	3	1
	7,00	8,00	8,05	4	1
	7,05	8,05	8,10	5	1
	7,10	8,10	8,15	6	1
	7,15	8,15	8,20	7	1
	7,20	8,20	8,25	8	1
	7,25	8,25	8,30	9	1
	7,30	8,30	8,35	10	1
	7,35	8,35	8,40	11	1
	7,40	8,40	8,45	12	1
	7,45	8,45	8,50	13	1
	7,50	8,50	8,55	14	1

	7,55	8,55	9,00	15	2
	8,00	9,00	9,05	16	2
15DK	8,15	9,15	9,20	17	2
	8,30	9,30	9,35	18	2
	8,45	9,45	9,50	19	2
	9,00	10,00	10,05	20	2
	9,15	10,15	10,20	1	3
	9,30	10,30	10,35	2	3
	9,45	10,45	10,50	3	3
	10,00	11,00	11,05	4	3
	10,15	11,15	11,20	5	3
	10,30	11,30	11,35	6	3
	10,45	11,45	11,50	7	3
	11,00	12,00	12,05	8	3
	11,15	12,15	12,20	9	3
	11,30	12,30	12,35	10	3
	11,45	12,45	12,50	11	3
	12,00	13,00	13,05	12	3
	12,15	13,15	13,20	13	3
	12,30	13,30	13,35	14	3
	12,45	13,45	13,50	15	3
10DK	13,00	14,00	14,05	16	3
	13,10	14,10	14,15	17	3
	13,20	14,20	14,25	18	3
	13,30	14,30	14,35	19	3
	13,40	14,40	14,45	20	3
	13,50	14,50	14,55	1	5
	14,00	15,00	15,05	2	5
	14,10	15,10	15,15	3	5
	14,20	15,20	15,25	4	5
	14,30	15,30	15,35	5	5
	14,40	15,40	15,45	6	5
	14,50	15,50	15,55	7	5
	15,00	16,00	16,05	8	5
	15,10	16,10	16,15	9	5
	15,20	16,20	16,25	10	5
	15,30	16,30	16,35	11	5
	15,40	16,40	16,45	12	5
	15,50	16,50	16,55	13	5
	16,00	17,00	17,05	14	5
	16,10	17,10	17,15	15	5
	16,20	17,20	17,25	16	5
	16,30	17,30	17,35	17	5
	16,40	17,40	17,45	18	5
	16,50	17,50	17,55	19	5
	17,00	18,00	18,05	20	5
	17,10	18,10	18,15	1	7
	17,20	18,20	18,25	2	7
	17,30	18,30	18,35	3	7
	17,40	18,40	18,45	4	7
	17,50	18,50	18,55	5	7
	18,00	19,00	19,05	6	7
20DK	18,20	19,20	19,25	7	7
	18,40	19,40	19,45	8	7
	19,00	20,00	20,05	9	7
	19,20	20,20	20,25	10	7
	19,40	20,40	20,45	11	7
	20,00	21,00	21,05	12	7
	20,20	21,20	21,25	13	7

	20,40	21,40	21,45	14	7
	21,00	22,00	22,05	15	7
	21,20	22,20	22,25	16	7
	21,40	22,40	22,45	17	7
	22,00	23,00	23,05	18	7
	22,20	23,20	23,25	19	7
	22,40	23,40	23,45	20	7

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehit Prof. Dr. İlhan Varak yerleşkesinden başlayan seferlerin son durağı olan Şehir Hastanesine ilk varış saati olarak mesai başlangıcı ve güzergâh üzerinde bulunan Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, İlahiyat Fakültesi ve Spor Bilimleri Fakültesinin ders başlangıçları dikkate alınmıştır. Tablo 13'te Üniversite başlangıç elektrikli otobüs sefer planı gösterilmiştir.

Tablo 13. Üniversite Başlangıç Elektrikli Otobüs Sefer Planı

Üniversite - Şehir Hastanesi					
Elektrikli Otobüs					
Periyot	Başlangıç Üniversite	Bitiş Şehir Hastanesi	Bekleme	Araç	Sefer
5DK	6,45	7,45	7,50	15	1
	6,50	7,50	7,55	16	1
10DK	7,10	8,10	8,15	17	1
	7,20	8,20	8,25	18	1
	7,30	8,30	8,35	19	1
	7,40	8,40	8,45	20	1
5DK	7,55	8,55	9,00	1	2
	8,00	9,00	9,05	2	2
	8,05	9,05	9,10	3	2
	8,10	9,10	9,15	4	2
	8,15	9,15	9,20	5	2
	8,20	9,20	9,25	6	2
	8,25	9,25	9,30	7	2
	8,30	9,30	9,35	8	2
	8,35	9,35	9,40	9	2
	8,40	9,40	9,45	10	2
	8,45	9,45	9,50	11	2
	8,50	9,50	9,55	12	2
	8,55	9,55	10,00	13	2
	9,00	10,00	10,05	14	2
	9,05	10,05	10,10	15	2
15DK	9,10	10,10	10,15	16	2
	9,25	10,25	10,30	17	2
	9,40	10,40	10,45	18	2
	9,55	10,55	11,00	19	2
	10,10	11,10	11,15	20	2
	10,25	11,25	11,30	1	4
	10,40	11,40	11,45	2	4
	10,55	11,55	12,00	3	4
	11,10	12,10	12,15	4	4

	11,25	12,25	12,30	5	4
	11,40	12,40	12,45	6	4
	11,55	12,55	13,00	7	4
	12,10	13,10	13,15	8	4
	12,25	13,25	13,30	9	4
	12,40	13,40	13,45	10	4
	12,55	13,55	14,00	11	4
	13,10	14,10	14,15	12	4
	13,25	14,25	14,30	13	4
	13,40	14,40	14,45	14	4
	13,55	14,55	15,00	15	4
	14,10	15,10	15,15	16	4
10DK	14,20	15,20	15,25	17	4
	14,30	15,30	15,35	18	4
	14,40	15,40	15,45	19	4
	14,50	15,50	15,55	20	4
	15,00	16,00	16,05	1	6
	15,10	16,10	16,15	2	6
	15,20	16,20	16,25	3	6
	15,30	16,30	16,35	4	6
	15,40	16,40	16,45	5	6
	15,50	16,50	16,55	6	6
	16,00	17,00	17,05	7	6
	16,10	17,10	17,15	8	6
	16,20	17,20	17,25	9	6
	16,30	17,30	17,35	10	6
	16,40	17,40	17,45	11	6
	16,50	17,50	17,55	12	6
	17,00	18,00	18,05	13	6
	17,10	18,10	18,15	14	6
	17,20	18,20	18,25	15	6
	17,30	18,30	18,35	16	6
	17,40	18,40	18,45	17	6
	17,50	18,50	18,55	18	6
	18,00	19,00	19,05	19	6
	18,10	19,10	19,15	20	6
	18,20	19,20	19,25	1	8
	18,30	19,30	19,35	2	8
	18,40	19,40	19,45	3	8
	18,50	19,50	19,55	4	8
	19,00	20,00	20,05	5	8
	19,10	20,10	20,15	6	8
20DK	19,30	20,30	20,35	7	8
	19,50	20,50	20,55	8	8
	20,10	21,10	21,15	9	8
	20,30	21,30	21,35	10	8
	20,50	21,50	21,55	11	8
	21,10	22,10	22,15	12	8
	21,30	22,30	22,35	13	8
	21,50	22,50	22,55	14	8
	22,10	23,10	23,15	15	8
	22,30	23,30	23,35	16	8

Elektrikli otobüslerin mevcut talepler değerlendirilerek hazırlanan sefer planları sonucunda, araçların gün içerisinde kaç sefer yaptığı ve günlük kaç km yol katettiği hesaplanmıştır. Tablo 14'te elektrikli otobüslerin günlük kullanımı gösterilmiştir.

Tablo 14. Elektrikli Otobüslerin Günlük Kullanımı

Araç No	Sefer Sayısı	Hat Km	Ölü Km		Toplam Km
			Başlangıç	Dönüş	
1	8	20	6	6	172
2	8	20	6	6	172
3	8	20	6	6	172
4	8	20	6	6	172
5	8	20	6	6	172
6	8	20	6	6	172
7	8	20	6	6	172
8	8	20	6	6	172
9	8	20	6	6	172
10	8	20	6	6	172
11	8	20	6	6	172
12	8	20	6	6	172
13	8	20	6	6	172
14	8	20	6	6	172
15	8	20	6	6	172
16	8	20	6	6	172
17	7	20	6	16	162
18	7	20	6	16	162
19	7	20	6	16	162
20	7	20	6	16	162
21	Yedek				
22	Yedek				
					3400

Sonuçlar incelendiğinde araçların tüm seferlerini tamamlandıktan sonra kat ettikleri yol, elektrikli otobüslerin gün içerisinde ara şarja ihtiyaç duymadığını, günlük seferlerini gün sonunda yapılan tek şarj ile tamamlayabileceğini göstermektedir.

Araç sayısı ve gün içerisinde seferlerde geçirilen süre göz önüne alınarak elektrikli otobüsleri kullanacak kaptan ihtiyacı belirlenmiş ve Tablo 15'te gösterilmiştir.

Tablo 15. Elektrikli Otobüs Kaptan İhtiyacı

Araç No	Başlangıç	Bitiş	Çalışma süresi (sa)
1	06:45	19:25	12,40
2	06:50	19:35	12,45
3	06:55	19:45	12,50
4	07:00	19:55	12,55
5	07:05	20:05	13,00
6	07:10	20:15	13,05
7	07:15	20:35	13,20
8	07:20	20:55	13,35
9	07:25	21:15	13,50
10	07:30	21:35	14,05
11	07:35	21:55	14,20
12	07:40	22:15	14,35
13	07:45	22:35	14,50
14	07:50	22:55	15,05
15	06:45	23:15	16,30
16	06:50	23:35	16,45
17	07:10	22:45	15,35
18	07:20	23:05	15,45
19	07:30	23:25	15,55
20	07:40	23:45	16,05
Günlük Toplam			283,30
8 Saat Karşılığı	35,4125		

5.4.3.2 Hafif Raylı Sistem

Yolculuk alışkanlıklarının incelendiği Tablo 11’den saatlik ve en yüksek yolculuk sayıları dikkate alınarak, elektrikli otobüs içinde yapılan incelemeye benzer şekilde sefer planlaması yapılmıştır. HRS araçlarının kapasitesinin yüksek olması sefer planlarında daha seyrek saat planlaması yapılabilmesini doğurmuştur. Sabah yoğun saatlerde 15 dakikalık frekans aralığında 8 sefer ile iki yönü 2368 kişi yolculuk kapasitesi planlanmıştır. Gün içerisinde sefer frekansı 20 dakikaya düşürülerek saatlik 6 sefer ile iki yönlü 1776 kişi yolculuk kapasitesi planlanmıştır. 20 dakikalık periyotların daha da arasının açılması yolcuların durakta bekleme süresini arttıracığından alternatif yolculuk yöntemlerini tercih etmelerine sebep olacaktır (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).

Şehir Hastanesi’nden başlayan seferlerin son durağı olan Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehit Prof. Dr. İlhan Varak yerleşkesi ilk varış saati olarak, elektrikli otobüs seferlerinde olduğu gibi mesai başlangıcı ve güzergâh üzerinde bulunan Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, İlahiyat Fakültesi ve Spor Bilimleri

Fakültesinin ders başlangıçları dikkate alınmıştır. Tablo 16’da Şehir Hastanesi başlangıç HRS sefer planı gösterilmiştir.

Tablo 16. Şehir Hastanesi Başlangıç HRS Sefer Planı

Şehir Hastanesi - Üniversite					
Hafif Raylı Sistem					
Periyot	Başlangıç Şehir Hastanesi	Bitiş Üniversite	Bekleme	Araç No	Sefer No
15DK	6,45	7,35	7,40	1	1
	7,00	7,50	7,55	2	1
	7,15	8,05	8,10	3	1
	7,30	8,20	8,25	4	1
	7,45	8,35	8,40	5	2
	8,00	8,50	8,55	6	2
	8,15	9,05	9,10	7	2
	8,30	9,20	9,25	8	2
	8,45	9,35	9,40	1	3
20DK	9,00	9,50	9,55	2	3
	9,20	10,10	10,15	3	3
	9,40	10,30	10,35	4	3
	10,00	10,50	10,55	5	4
	10,20	11,10	11,15	6	4
	10,40	11,30	11,35	7	4
	11,00	11,50	11,55	8	4
	11,20	12,10	12,15	1	5
	11,40	12,30	12,35	2	5
	12,00	12,50	12,55	3	5
	12,20	13,10	13,15	4	5
	12,40	13,30	13,35	5	6
	13,00	13,50	13,55	6	6
	13,20	14,10	14,15	7	6
	13,40	14,30	14,35	8	6
	14,00	14,50	14,55	1	7
	14,20	15,10	15,15	2	7
	14,40	15,30	15,35	3	7
	15,00	15,50	15,55	4	7
	15,20	16,10	16,15	5	8
	15,40	16,30	16,35	6	8
	16,00	16,50	16,55	7	8
	16,20	17,10	17,15	8	8
	16,40	17,30	17,35	1	9
	17,00	17,50	17,55	2	9
	17,20	18,10	18,15	3	9
	17,40	18,30	18,35	4	9
	18,00	18,50	18,55	5	10
	18,20	19,10	19,15	6	10
	18,40	19,30	19,35	7	10
	19,00	19,50	19,55	8	10
	19,20	20,10	20,15	1	11
	19,40	20,30	20,35	2	11
	20,00	20,50	20,55	3	11
	20,20	21,10	21,15	4	11
	20,40	21,30	21,35	5	12
	21,00	21,50	21,55	6	12
	21,20	22,10	22,15	7	12
	21,40	22,30	22,35	8	12
	22,00	22,50	22,55	1	13
	22,20	23,10	23,15	2	13

	22,40	23,30	23,35	3	13
--	-------	-------	-------	---	----

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehit Prof. Dr. İlhan Varak yerleşkesinden başlayan seferlerin son durağı olan Şehir Hastanesine ilk varış saati olarak mesai başlangıcı ve güzergâh üzerinde bulunan Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, İlahiyat Fakültesi ve Spor Bilimleri Fakültesinin ders başlangıçları dikkate alınmıştır. Tablo 17’de Üniversite başlangıç HRS sefer planı gösterilmiştir.

Tablo 17. Üniversite Başlangıç HRS Sefer Planı

Üniversite - Şehir Hastanesi					
Hafif Raylı Sistem					
Periyot	Başlangıç Üniversite	Bitiş Şehir Hastanesi	Bekleme	Araç No	Sefer No
15DK	6,45	7,35	7,40	5	1
	7,00	7,50	7,55	6	1
	7,15	8,05	8,10	7	1
	7,30	8,20	8,25	8	1
	7,45	8,35	8,40	1	2
	8,00	8,50	8,55	2	2
	8,15	9,05	9,10	3	2
	8,30	9,20	9,25	4	2
	8,45	9,35	9,40	5	3
20DK	9,00	9,50	9,55	6	3
	9,20	10,10	10,15	7	3
	9,40	10,30	10,35	8	3
	10,00	10,50	10,55	1	4
	10,20	11,10	11,15	2	4
	10,40	11,30	11,35	3	4
	11,00	11,50	11,55	4	4
	11,20	12,10	12,15	5	5
	11,40	12,30	12,35	6	5
	12,00	12,50	12,55	7	5
	12,20	13,10	13,15	8	5
	12,40	13,30	13,35	1	6
	13,00	13,50	13,55	2	6
	13,20	14,10	14,15	3	6
	13,40	14,30	14,35	4	6
	14,00	14,50	14,55	5	7
	14,20	15,10	15,15	6	7
	14,40	15,30	15,35	7	7
	15,00	15,50	15,55	8	7
	15,20	16,10	16,15	1	8
	15,40	16,30	16,35	2	8
	16,00	16,50	16,55	3	8
	16,20	17,10	17,15	4	8
	16,40	17,30	17,35	5	9
	17,00	17,50	17,55	6	9
	17,20	18,10	18,15	7	9
	17,40	18,30	18,35	8	9
	18,00	18,50	18,55	1	10
	18,20	19,10	19,15	2	10
	18,40	19,30	19,35	3	10

	19,00	19,50	19,55	4	10
	19,20	20,10	20,15	5	11
	19,40	20,30	20,35	6	11
	20,00	20,50	20,55	7	11
	20,20	21,10	21,15	8	11
	20,40	21,30	21,35	1	12
	21,00	21,50	21,55	2	12
	21,20	22,10	22,15	3	12
	21,40	22,30	22,35	4	12
	22,00	22,50	22,55	5	13
	22,20	23,10	23,15	6	13
	22,40	23,30	23,35	7	13

Mevcut yolculuk talepleri değerlendirilerek hazırlanan sefer planları sonucunda, araçların gün içerisinde kaç sefer yaptığı ve günlük kaç km yol katettiği hesaplanmıştır. Tablo 18’de HRS’nin günlük kullanımı gösterilmiştir.

Tablo 18. HRS’nin Günlük Kullanımı

Araç No	Sefer Sayısı	Hat Km	Ölü Km		Toplam Km
			Başlangıç	Dönüş	
1	13	16,5	0	0	214,5
2	13	16,5	0	0	214,5
3	13	16,5	0	0	214,5
4	12	16,5	0	0	198,0
5	13	16,5	0	0	214,5
6	13	16,5	0	0	214,5
7	13	16,5	0	0	214,5
8	13	16,5	0	0	214,5
9	Yedek				
					1.699,5

Araç sayısı ve gün içerisinde seferlerde geçirilen süre göz önüne alınarak HRS araçlarını kullanacak vatman ihtiyacı belirlenmiş ve Tablo19’da gösterilmiştir.

Tablo 19. Hafif Raylı Vatman İhtiyacı

Araç	Başlangıç	Bitiş	Çalışma Süreleri (sa)
1	06:45	22:55	16,10
2	07:00	23:15	16,15
3	07:15	23:35	16,20
4	07:30	22:35	15,05
5	06:45	22:55	16,10
6	07:00	23:15	16,15
7	07:15	23:35	16,20
8	07:30	22:35	15,05
9	Yedek		127,00
8 Saat Çalışma Karşılığı			15,875 Kişi

5.4.4 Planlanan Sistemlerin Kapasiteleri

5.4.4.1 Elektrikli Otobüs

Tablo 12 ve Tablo 13’te verilen sefer planları hesabında 16 araç günde 8 sefer yaparak, 4 araç günde 7 sefer yaparak günlük yolculuk talebini karşılamaktadır. 16 araç günlük 8 sefer ile toplamda 128 sefer yapmakta, 4 araç günde 7 sefer yapmaktadır. Araçların kapasitesinin 110 kişi kabul edilmesi ile toplam kapasiteler Tablo 20’de gösterilmiştir.

Tablo 20. Elektrikli Otobüs Yolcu Kapasite Sayısı

Günlük	Aylık	Yıllık
17.160	514.800	6.177.600

Hesaplanan kapasite, elektrikli otobüs için yapılan sefer planına göre oluşturulan kapasitedir. Çalışma saatlerinin uzaması veya azalması, sefer sıklıklarının artırılması ya da azalması durumunda kapasite de değişecektir.

5.4.4.2 HRS

Tablo 16 ve Tablo 17’de verilen sefer planları ile 8 araç günde 13 sefer yaparak günlük yolculuk talebini karşılamaktadır. 8 araç günlük 13 sefer ile toplamda 104 sefer yapmaktadır. Her bir aracın kapasitesinin 296 kişi kabul edilmesi ile hesaplanan toplam kapasiteler Tablo 21’de gösterilmiştir.

Tablo 21. HRS Yolcu Kapasite Sayısı

Günlük	Aylık	Yıllık
30.784	923.520	11.082.240

Hesaplanan kapasite, HRS için yapılan sefer planına göre oluşan kapasitedir. Çalışma saatlerinin uzaması veya azalması, sefer sıklıklarının artırılması ya da azalması durumunda kapasitede değişecektir.

5.4.5 Sistemlerin Enerji Tüketimi

5.4.5.1 Elektrikli Otobüs

Tablo 14'e göre 20 adet elektrikli otobüsün günlük 3400 km yol yapması planlanmıştır. Km başına 1-1.2 kw/h elektrik tüketimi bulunan araçlar için ortalama 1.1 kw/h kabulü ile günlük 3.740 kw/h aylık 112.200 kw/h tüketim olacaktır.

Elektrik kw/h ücretinin 2,59 TL kabulü ile aylık 290.598,00 TL elektrik gideri oluşmaktadır.

$$x = \frac{290.598,00\text{TL}}{50} = 5.812 \text{ €}$$

$$5.812 \text{ €} * 12 = 69.744 \text{ € Yıl}$$

5.4.5.2 HRS

Tablo 18'e göre 8 adet HRS ile günlük 1700 km yol yapılması planlanmıştır. 44-65 ton (296 yolcu varken) 98 Wh/tonkm ortalama, km başına 44-65 kw/h elektrik tüketimi bulunan araçlar için ortalama 55 kw/h kabulü ile 9.350 kw/h aylık 280.500 kw/h tüketim olacaktır.

Elektrik kw/h ücretinin 2,59 TL kabulü ile aylık 726.400,00 TL elektrik gideri oluşmaktadır.

$$x = \frac{726.400,00\text{TL}}{50} = 14.528 \text{ €}$$

$$14.528 \text{ €} * 12 = 174.336 \text{ € Yıl}$$

5.4.6 Araçların Yatırım Maliyeti

5.4.6.1 Elektrikli Otobüs

Manisa Büyükşehir Belediye Başkanlığınca 2017 yılında ihalesi yapılan 22 adet elektrikli otobüs 24 Şarj cihazı, bakım onarım binası, şarj binası ve yönetim binası ile yükleniciye 89.000.000TL ye ihale edilen mal alım işi 2019 yılında teslim alınmış ve elektrikli otobüsler ile hizmet verilmeye başlanmıştır (Manisa Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı, 2025).

İnşaat maliyet endeksi göz önüne alınarak aynı işin günümüzde ihale edilmek istenmesi durumunda;

2017 Mayıs Endeksi: 127,26

2025 Eylül Endeksi: 1858,21

$$x = \frac{1858,21}{127,26} = 14,6016815967311$$

$$89.000.000 * 14,6016815967311 = 1.299.549.662,11\text{TL}$$

$$x = \frac{1.299.549.662,11}{50} = 25.990.993,2422 \text{ Euro}$$

Güncel maliyet yaklaşık olarak 26 milyon Euro hesaplanmıştır.

Mal alım kalemlerine elektrikli otobüs firmalarının güncel fiyatlandırmaları, yapı inşaatlarında ise Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedelleri Hesabında kullanılan yapı yaklaşık birim maliyetleri kullanılmıştır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2025). Yatırım maliyeti ihale bedeli ile güncellenmesinin dışında, Tablo 22’de elektrikli otobüs yatırımının sıfırdan yapılması durumunda kullanılacak yatırım maliyeti gösterilmiştir.

Tablo 22. Elektrikli Otobüslerin Sıfırdan Yatırım Maliyeti

Yatırım Giderleri	Birim	Miktar	Birim Fiyat	Toplam
Araç	AD	22	1.000.000,00 €	22.000.000 €
Şarj Cihazı	AD	24	125.000,00 €	3.000.000 €
Bakım Onarım Binası	M ²	1900	₺12.250,00	465.500 €
Şarj Binası	M ²	2400	₺7.750,00	372.000 €
Yönetim Binası	M ²	500	₺14.400,00	144.000 €
Toplam				25.981.500 €

Yaklaşık 10 yıl önce ihale edilen elektrikli otobüs alım işinin, inşaat maliyet hesabının güncellenmesi ile elde edilen tutarın, hesaplamada elde edilen tutara çok yakın olduğu görülmüştür.

5.4.6.2 HRS

Araçların yatırım giderleri hesaplaması yolculuklar taleplerine göre optimum seviyede tutulmuştur.

Mal alım kalemlerine raylı sistem üreticilerinin güncel fiyatlandırmaları, yapı inşaatlarında ise Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Mimarlık ve

Mühendislik Hizmet Bedelleri Hesabında kullanılacak yapı yaklaşık birim maliyetleri kullanılmıştır. Tablo.23'te HRS'nin sıfırdan yapılması durumunda olacak yatırım maliyeti gösterilmiştir.

Tablo 23. HRS'nin Sıfırdan Yatırım Maliyeti

Yatırım Giderleri	Birim	Miktar	Birim Fiyat	Toplam
Hafif Raylı	AD	9	3.000.000,00 €	27.000.000 €
Kataner Hat, Ray, Trafo	KM	16,5	5.500.000,00 €	90.750.000€
Bakım Onarım Binası	M ²	1900	₺12.250,00	465.500 €
Yönetim Binası	M ²	500	₺14.400,00	372.000 €
Durak Alanları	M ²	400	₺5.250,00	144.000 €
TOPLAM				118.731.500 €

5.4.7 İşletme ve Bakım Maliyetleri

5.4.7.1 Elektrikli Otobüs

Personel gideri, enerji tüketimi, bakım maliyeti işletme maliyetleri altında hesaplanmıştır.

Bakım onarım maliyetleri için esas alınan değer, araç yatırım bedelinin %1'i olarak alınmıştır (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015). Söz konusu hesap neticesinde hatta çalışan araçlar için toplamda 220.000 € yıllık bakım maliyeti hesaplanmıştır. Elektrikli otobüslerin işletme maliyetleri Tablo.24'te gösterilmiştir.

Tablo 24. Elektrikli Otobüs İşletme Maliyeti

Birim Dağılımı	Kişi	Brüt/Ay (TL)	Toplam/Ay (TL)	Toplam/Yıl (TL)	Toplam/Yıl) (Euro)
İdari Personel	8	70.000	560.000	6.720.000	134.400
Bakım Personeli	10	70.000	700.000	8.400.000	168.000
Sürücü	40	70.000	2.800.000	33.600.000	672.000
İşletme Personeli	8	70.000	560.000	6.720.000	134.400
Güvenlik	3	70.000	210.000	2.520.000	50.400
Temizlik	2	70.000	140.000	1.680.000	33.600
Enerji Tüketimi					69.744
Bakım Onarım Maliyeti					220.000
Toplam Yıl					1.482.544

Personel yapılanması planlanırken, Manisa'da çalışan elektrikli otobüs filosu yapılanması dikkate alınmıştır (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).

5.4.7.2 HRS

Bakım onarım maliyetleri için esas alınan değer, araç yatırım fiyatının %1'i ve ray ve katener hat bakım maliyeti olarak ta %1'i kabul edilmiştir (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015). Söz konusu hesap neticesinde hatta çalışan araçlar için toplamda 540.000 € yıllık bakım maliyeti hesaplanmıştır. HRS'nin işletme maliyetleri Tablo.25'te gösterilmiştir.

Tablo 25. HRS İşletme Maliyeti

Birim Dağılımı	Kişi	Brüt/Ay (TL)	Toplam/Ay (TL)	Toplam/Yıl (TL)	Toplam/Yıl (Euro)
İdari Personel	8	70.000	560.000	6.720.000	134.400
Bakım Personeli	10	100.000	1.000.000	12.000.000	240.000
Sürücü	18	90.000	1.620.000	19.440.000	388.800
İşletme Personeli	8	70.000	560.000	6.720.000	134.400
Güvenlik	45	70.000	3.150.000	37.800.000	756.000
Temizlik	15	70.000	1.050.000	12.600.000	252.000
Enerji Tüketimi					174.336
Bakım Onarım Maliyeti					540.000
Toplam Yıl					2.619.936

Personel sayılarının belirlenmesinde elektrikli otobüs yapılanması kıstas alınarak hareket edilmiştir. Her iki alternatifte göze çarpan en büyük fark, güvenlik personeli sayısıdır. 16,5 km'lik hat üzerinde 400-500 metre aralıklarla oluşturulabilecek 8 durak noktasının her birindeki güvenlik personeli ihtiyacı, toplu taşıma çalışma saatlerinin uzun olmasından dolayı güvenlik personellerin sayısının fazla olmasına neden olmaktadır.

5.4.8 İşletme ve Bakım Maliyetlerinin Güncellenmesi

İşletme maliyetlerinin Euro bazında değerlendirilmesi yatırımın dış finansman desteği ile karşılanması durumunda aynı para birimi değeri oranında seyretmesine olanak sağlayacaktır. Avrupa merkez bankası para politikası stratejisine göre orta vadede yıllık yatayda %2'ye yakın, ama %2'nin altında kalacak şekilde mücadele edileceği belirtilmektedir (An overview of the ECB's monetary policy strategy, 2021). Bu nedenle yıllık %1,5 oranında Euro enflasyonu kabulü ile hesaplamalar %1,5 arttırılarak gelecek yıllar için hesaplanan işletme maliyetleri öngörüsü Tablo 26'da gösterilmiştir

Tablo 26. İşletme Maliyetlerinin Yıllar İçindeki Artışı

Yıl	Bilet Geliri (Euro)	Elektrikli Otobüs (Euro)	HRS (Euro)
2025	1.329.358	1.482.544	2.619.936
2026	1.383.064	1.504.782	2.659.235
2027	1.438.939	1.527.354	2.699.124
2028	1.497.073	1.550.264	2.739.610
2029	1.557.554	1.573.518	2.780.705
2030	1.620.480	1.597.121	2.822.415
2031	1.685.947	1.621.078	2.864.751
2032	1.754.059	1.645.394	2.907.723
2033	1.824.923	1.670.075	2.951.338
2034	1.898.650	1.695.126	2.995.609
2035	1.975.356	1.720.553	3.040.543
2036	2.055.160	1.746.361	3.086.151
2037	2.138.188	1.772.557	3.132.443
2038	2.224.571	1.799.145	3.179.430
2039	2.314.444	1.826.132	3.227.121
2040	2.407.947	1.853.524	3.275.528
2041	2.505.228	1.881.327	3.324.661
2042	2.606.440	1.909.547	3.374.531
2043	2.711.740	1.938.190	3.425.149
2044	2.821.294	1.967.263	3.476.526
2045	2.935.274	1.996.772	3.528.674
2046	3.053.859	2.026.723	3.581.604
2047	3.177.235	2.057.124	3.635.328

5.4.9 Yatırım Maliyetinin Kredilendirilmesi

Söz konusu sistemlerin güzergâhı için toplam kredi miktarı, aylık 0,29 faiz oranı (yıllık %3,5 oran), 180 ay vadeli olacak şekilde hesaplanmıştır (Manisa Büyükşehir Belediyesi, 2015).

5.4.9.1 Elektrikli Otobüs

Elektrikli otobüs alımı için kredi kullanım koşulları Tablo 27’de, kredi ve faiz oranları ile kredi geri ödemeleri Euro cinsinden Tablo 28’de verilmiştir.

180 ay vadeli olarak çekilen kredi üzerinden faiz tutarları ile ödenecek olan toplam anapara tabloda görülmektedir. İlk yılı ödemesiz geçildiğinden bir yıllık faiz miktarı anapara üzerine eklenmiştir. Elektrikli Otobüs konusunda belirtildiği üzere araçların kullanım ömrünün 15-20 yıl olmasından dolayı kredi süresi ödemesiz yıl ile 15 yıl sonunda yaklaşık 26 milyon Euro kredi karşılığında yaklaşık 9 milyon Euro faiz masrafı olmaktadır.

Tablo 27. Elektrikli Otobüs İçin Kredi Kullanım Koşulları

Kredi Miktarı:	25.981.500 €
Faiz Oranı:	0,29
Vade (Ay):	180
BSMV:	5,00
KKDF:	-
Ödemesiz Ay:	12
Periyod Ay:	12
Kullandırım Tarihi:	1.01.2027

Tablo 28. Elektrikli Otobüs İçin Euro Cinsinden Kredi Ödemesi

Taksit No	Tarih	Taksit Miktarı	Faiz	BSMV	Anapara Ödemesi	Kalan Anapara
1	1.01.2029	2502914,05	952855,72	47642,79	1502415,55	25444510,42
2	1.01.2030	2502914,05	899729,61	44986,48	1558197,96	23886312,46
3	1.01.2031	2502914,05	844631,01	42231,55	1616051,49	22270260,97
4	1.01.2032	2502914,05	787486,69	39374,33	1676053,03	20594207,94
5	1.01.2033	2502914,05	728220,68	36411,03	1738282,34	18855925,60
6	1.01.2034	2502914,05	666754,22	33337,71	1802822,13	17053103,48
7	1.01.2035	2502914,05	603005,60	30150,28	1869758,18	15183345,30
8	1.01.2036	2502914,05	536890,09	26844,50	1939179,46	13244165,83
9	1.01.2037	2502914,05	468319,81	23415,99	2011178,26	11232987,57
10	1.01.2038	2502914,05	397203,62	19860,18	2085850,26	9147137,32
11	1.01.2039	2502914,05	323446,99	16172,35	2163294,72	6983842,60
12	1.01.2040	2502914,05	246951,89	12347,59	2243614,57	4740228,03
13	1.01.2041	2502914,05	167616,65	8380,83	2326916,57	2413311,46
14	1.01.2042	2502914,05	85335,81	4266,79	2413311,46	0,00
Toplam			35.040.796	7.708.448	385.422,42	26.946.925

5.4.9.2 HRS

HRS alımı için kredi kullanım koşulları Tablo 29’da kredi ve faiz oranları ile kredi geri ödemeleri Euro cinsinden Tablo 30’da verilmiştir.

Tablo 29. HRS İçin Kredi Kullanım Koşulları

Kredi Miktarı:	118.731.500 €
Faiz Oranı:	0,29
Vade (Ay):	180
BSMV:	5,00
KKDF:	-
Ödemesiz Ay:	12
Periyod Ay:	12
Kullandırım Tarihi:	1.01.2027

Tablo 30. HRS İçin Euro Cinsinden Kredi demesi

Taksit No	Tarih	Taksit Miktarı	Faiz	BSMV	Anapara demesi	Kalan Anapara
1	1.01.2029	11.437.936,23	4.354.405,59	217.720,28	6.865.810,36	116.277.539,38
2	1.01.2030	11.437.936,23	4.111.627,37	205.581,37	7.120.727,49	109.156.811,89
3	1.01.2031	11.437.936,23	3.859.835,16	192.991,76	7.385.109,31	101.771.702,58
4	1.01.2032	11.437.936,23	3.598.694,30	179.934,71	7.659.307,22	94.112.395,37
5	1.01.2033	11.437.936,23	3.327.857,66	166.392,88	7.943.685,68	86.168.709,69
6	1.01.2034	11.437.936,23	3.046.965,28	152.348,26	8.238.622,69	77.930.087,00
7	1.01.2035	11.437.936,23	2.755.643,78	137.782,19	8.544.510,25	69.385.576,75
8	1.01.2036	11.437.936,23	2.453.505,96	122.675,30	8.861.754,97	60.523.821,78
9	1.01.2037	11.437.936,23	2.140.150,22	107.007,51	9.190.778,49	51.333.043,29
10	1.01.2038	11.437.936,23	1.815.160,06	90.758,00	9.532.018,16	41.801.025,13
11	1.01.2039	11.437.936,23	1.478.103,51	73.905,18	9.885.927,54	31.915.097,58
12	1.01.2040	11.437.936,23	1.128.532,56	56.426,63	10.252.977,04	21.662.120,54
13	1.01.2041	11.437.936,23	765.982,56	38.299,13	10.633.654,54	11.028.466,01
14	1.01.2042	11.437.936,23	389.971,64	19.498,58	11.028.466,01	0,00
Toplam		160.131.107,18	35.226.435,65	1.761.321,78	123.143.349,74	

180 ay vadeli olarak çekilen kredi üzerinden faiz tutarları ile ödenecek olan toplam anapara görülmektedir. İlk yılı ödemesiz geçildiğinden bir yıllık faiz miktarı anapara üzerine eklenmiştir. Hafif Raylı Sistem aracı konusunda belirtildiğİ üzere araçların kullanım ömrünün 10-15 yıl olmasından dolayı kredi süresi ödemesiz yıl ile 15 yıl sonunda yaklaşık 138 milyon Euro kredi karşılığında yaklaşık 48 milyon Euro faiz masrafı olmaktadır.

6. ALTERNATİFLER

6.1 Elektrikli Otobüs

6.1.1 Alternatif 1

Elektrikli otobüslerle ilgili Alternatif 1 (A.1_EO), elektrikli otobüs toplu taşıma sistemi ile ilgili hiçbir araç ve alt yapının olmaması durumunda bütün yatırımın idarece yapılması durumudur. Sistemin hem kredi ödemesi yaparak hem de işletme giderlerini karşılayarak çalışması değerlendirilecektir.

Tablo 10'da hesaplanan Yıllık Euro bazlı gelire göre Elektrikli otobüs sisteminin 20 yıl çalışması sonucu ortaya çıkacak yıllara göre gelir gider dengesi Euro cinsinden Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 31. A.1_EO Yıllara Göre Euro Cinsinden İşletme Gelir Gider Dengesi

Yıllar	Yatırım Geri Ödemesi	Faiz	İşletme Gideri	Toplam Gider	Gelir	Fark
2028			1.550.264,00	1.550.264,00	1.497.073,00	- 53.191,00
2029	2.502.914,05	952.855,72	1.573.518,00	4.076.432,05	1.557.554,00	- 2.518.878,05
2030	2.502.914,05	899.729,61	1.597.121,00	4.100.035,05	1.620.480,00	- 2.479.555,05
2031	2.502.914,05	844.631,01	1.621.078,00	4.123.992,05	1.685.947,00	- 2.438.045,05
2032	2.502.914,05	787.486,69	1.645.394,00	4.148.308,05	1.754.059,00	- 2.394.249,05
2033	2.502.914,05	728.220,68	1.670.075,00	4.172.989,05	1.824.923,00	- 2.348.066,05
2034	2.502.914,05	666.754,22	1.695.126,00	4.198.040,05	1.898.650,00	- 2.299.390,05
2035	2.502.914,05	603.005,60	1.720.553,00	4.223.467,05	1.975.356,00	- 2.248.111,05
2036	2.502.914,05	536.890,09	1.746.361,00	4.249.275,05	2.055.160,00	- 2.194.115,05
2037	2.502.914,05	468.319,81	1.772.557,00	4.275.471,05	2.138.188,00	- 2.137.283,05
2038	2.502.914,05	397.203,62	1.799.145,00	4.302.059,05	2.224.571,00	- 2.077.488,05
2039	2.502.914,05	323.446,99	1.826.132,00	4.329.046,05	2.314.444,00	- 2.014.602,05
2040	2.502.914,05	246.951,89	1.853.524,00	4.356.438,05	2.407.947,00	- 1.948.491,05
2041	2.502.914,05	167.616,65	1.881.327,00	4.384.241,05	2.505.228,00	- 1.879.013,05
2042	2.502.914,05	85.335,81	1.909.547,00	4.412.461,05	2.606.440,00	- 1.806.021,05
2043	-	-	1.938.190,00	1.938.190,00	2.711.740,00	773.550,00
2044	-	-	1.967.263,00	1.967.263,00	2.821.294,00	854.031,00
2045	-	-	1.996.772,00	1.996.772,00	2.935.274,00	938.502,00
2046	-	-	2.026.723,00	2.026.723,00	3.053.859,00	1.027.136,00
2047	-	-	2.057.124,00	2.057.124,00	3.177.235,00	1.120.111,00
	35.040.796,70	7.708.448,39	35.847.794,00	70.888.590,70	44.765.422,00	- 26.123.168,70

İşletme gelir gider dengesine göre sistemin kendini ödeme yetisi olmadığı, sübvansiyona ihtiyaç duyacağı anlaşılmıştır.

Elektrikli otobüs sistemin mevcut yolculuk sayılarının düşüklüğü ve öğrenci yoğunluklu toplu taşıma kullanım tercihinin sistemin gelirinin düşük kalmasına sebep olduğu, yatırımın kendini finanse edemeyeceği anlaşılmaktadır.

6.1.2 Alternatif 2

Elektrikli otobüslerle ilgili Alternatif 2 (A.2_EO), elektrikli otobüslerin Manisa Büyükşehir Belediyesi envanterinde bulunması ve hiçbir yatırıma ihtiyaç duyulmaması durumudur. Sistemin yatırım maliyetini finanse etmesine gerek kalmadığından, işletme gelirlerinin giderleri karşılayıp karşılamadığı değerlendirilecektir.

Tablo 10'da hesaplanan Yıllık Euro bazlı gelire göre Elektrikli otobüs sisteminin 20 yıl çalışması sonucu ortaya çıkacak yıllara göre yıllara göre gelir gider dengesi Euro cinsinden Tablo 32'de gösterilmiştir.

Tablo 32. A.2_EO Yıllara Göre İşletme Gelir Gider Dengesi

Yıllar	Yatırım Geri Ödemesi	Faiz	İşletme Gideri	Toplam Gider	Gelir	Fark
2028			1.550.264,00	1.550.264,00	1.497.073,00	- 53.191,00
2029	-	-	1.573.518,00	1.573.518,00	1.557.554,00	- 15.964,00
2030	-	-	1.597.121,00	1.597.121,00	1.620.480,00	23.359,00
2031	-	-	1.621.078,00	1.621.078,00	1.685.947,00	64.869,00
2032	-	-	1.645.394,00	1.645.394,00	1.754.059,00	108.665,00
2033	-	-	1.670.075,00	1.670.075,00	1.824.923,00	154.848,00
2034	-	-	1.695.126,00	1.695.126,00	1.898.650,00	203.524,00
2035	-	-	1.720.553,00	1.720.553,00	1.975.356,00	254.803,00
2036	-	-	1.746.361,00	1.746.361,00	2.055.160,00	308.799,00
2037	-	-	1.772.557,00	1.772.557,00	2.138.188,00	365.631,00
2038	-	-	1.799.145,00	1.799.145,00	2.224.571,00	425.426,00
2039	-	-	1.826.132,00	1.826.132,00	2.314.444,00	488.312,00
2040	-	-	1.853.524,00	1.853.524,00	2.407.947,00	554.423,00
2041	-	-	1.881.327,00	1.881.327,00	2.505.228,00	623.901,00
2042	-	-	1.909.547,00	1.909.547,00	2.606.440,00	696.893,00
2043	-	-	1.938.190,00	1.938.190,00	2.711.740,00	773.550,00
2044	-	-	1.967.263,00	1.967.263,00	2.821.294,00	854.031,00
2045	-	-	1.996.772,00	1.996.772,00	2.935.274,00	938.502,00
2046	-	-	2.026.723,00	2.026.723,00	3.053.859,00	1.027.136,00
2047	-	-	2.057.124,00	2.057.124,00	3.177.235,00	1.120.111,00
	-	-	31.763.947,00	35.847.794,00	44.765.422,00	8.917.628,00

İşletme gelir gider dengesine göre sistemin kendini sübvansiyona ihtiyaç duymadan çalıştırmasının mümkün olduğu anlaşılmıştır.

6.1.3 Alternatif 3

Tablo 6'ya göre A.1_EO ve A.2_EO için kullanılan yolculuk sayılarının yıllık %2 artışı ile 15. yılında yıllık 5.388.329 yolculuk, aylık 449.020 yolculuk, 20. Yılında yıllık 5.949.051 yolculuk, aylık 495.754 yolculuk öngörüsü bulunmaktadır.

Elektrikli otobüs sisteminin Tablo 20'de verilen aylık 514.800 yolculuk ve yıllık 6.177.600 yolculuk kapasitesi göz önüne alındığında, 15-20 yıllık sürede yolcu

taşıma kapasitesinin yaklaşık %90'ının kullanılmasına rağmen Tablo 31'de gösterildiği gibi sistemin kendini ödeyememesindeki temel sorunun, hattaki yolculukların yaklaşık %66'sının indirimli öğrenci bileti yolculuğu, yaklaşık %22'sinin tam bilet yolculuğu ve yaklaşık %11'ininde ücretsiz biniş olması nedeniyle, gelirin yeterli olmadığı görülmektedir.

Elektrikli otobüslerle ilgili Alternatif 3 (A.3_EO)'te, yolculuk oranları için seçilecek yeni oranlar ile hasılat gelirleri üzerinde değerlendirme yapılacak ve sistemin gelir gider işletme dengesi değerlendirilecektir. Yatırımın kendini ödeyebilmesi için bilet hasılatından elde edilecek gelirin artması gerektiği açıkça anlaşılmaktadır. Yatırımın kendini ödeyebilmesi, kamu bütçesinden desteklenmeye ihtiyaç duyulmaması ile kamu kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır. Hasılat geliri artışında bilet fiyatlarının arttırılması yerine, yolculuk oranlarının değişiminin etkisi incelenecektir. Bu amaçla öğrenci bileti yolculuğu ile tam bilet yolculuk oranlarının yer değiştirilmesi ile hasılat gelirin artması hedeflenmiştir. Değerlendirmede kullanılacak yeni yolculuk sayıları Tablo 33'te gösterilmiştir.

Tablo 33. A.3_EO İçin Yolculuk Biniş Oranın Değişimi İle Yolculuk Sayıları

Yıl		Toplam Yolculuk	Tam	Öğrenci	Ücretsiz
			%66,18	%22,71	%11,11
1	2025	4.083.611	2.702.534	927.388	453.689
2	2026	4.165.284	2.756.585	945.936	462.763
3	2027	4.248.589	2.811.716	964.855	472.018
4	2028	4.333.561	2.867.951	984.152	481.459
5	2029	4.420.232	2.925.310	1.003.835	491.088
6	2030	4.508.637	2.983.816	1.023.911	500.910
7	2031	4.598.810	3.043.492	1.044.390	510.928
8	2032	4.690.786	3.104.362	1.065.277	521.146
9	2033	4.784.602	3.166.449	1.086.583	531.569
10	2034	4.880.294	3.229.778	1.108.315	542.201
11	2035	4.977.900	3.294.374	1.130.481	553.045
12	2036	5.077.458	3.360.261	1.153.091	564.106
13	2037	5.179.007	3.427.467	1.176.152	575.388
14	2038	5.282.587	3.496.016	1.199.675	586.895
15	2039	5.388.239	3.565.936	1.223.669	598.633
16	2040	5.496.003	3.637.255	1.248.142	610.606
17	2041	5.605.923	3.710.000	1.273.105	622.818
18	2042	5.718.042	3.784.200	1.298.567	635.274
19	2043	5.832.403	3.859.884	1.324.539	647.980
20	2044	5.949.051	3.937.082	1.351.029	660.940
21	2045	6.068.032	4.015.823	1.378.050	674.158

22	2046	6.189.392	4.096.140	1.405.611	687.641
23	2047	6.313.180	4.178.063	1.433.723	701.394

Yeni yolculuk sayıları ile bilet gelirlerindeki artışın görülebilmesi için Euro bazlı gelir beklentisi Tablo 34’te gösterilmektedir.

Tablo 34. A.3_EO İçin Yıllık Euro Bazlı Gelir Beklentisi

Yıllar	Tam Yolculuk	Euro/ Kişi	Euro Yıl	Öğrenci Yolculuk	Euro/ Kişi	Euro Yıl	Euro Toplam
2025	2.702.534	0,60	1.621.520,43	927.388	0,29	265.233	1.886.753
2026	2.756.585	0,61	1.687.029,85	945.936	0,29	275.948	1.962.978
2027	2.811.716	0,62	1.755.185,86	964.855	0,30	287.097	2.042.283
2028	2.867.951	0,64	1.826.095,37	984.152	0,30	298.695	2.124.791
2029	2.925.310	0,65	1.899.869,62	1.003.835	0,31	310.763	2.210.632
2030	2.983.816	0,66	1.976.624,35	1.023.911	0,32	323.318	2.299.942
2031	3.043.492	0,68	2.056.479,98	1.044.390	0,32	336.380	2.392.860
2032	3.104.362	0,69	2.139.561,77	1.065.277	0,33	349.969	2.489.531
2033	3.166.449	0,70	2.226.000,06	1.086.583	0,34	364.108	2.590.108
2034	3.229.778	0,72	2.315.930,46	1.108.315	0,34	378.818	2.694.749
2035	3.294.374	0,73	2.409.494,05	1.130.481	0,35	394.122	2.803.616
2036	3.360.261	0,75	2.506.837,61	1.153.091	0,36	410.045	2.916.882
2037	3.427.467	0,76	2.608.113,85	1.176.152	0,36	426.611	3.034.725
2038	3.496.016	0,78	2.713.481,65	1.199.675	0,37	443.846	3.157.327
2039	3.565.936	0,79	2.823.106,31	1.223.669	0,38	461.777	3.284.883
2040	3.637.255	0,81	2.937.159,81	1.248.142	0,38	480.433	3.417.593
2041	3.710.000	0,82	3.055.821,06	1.273.105	0,39	499.842	3.555.663
2042	3.784.200	0,84	3.179.276,23	1.298.567	0,40	520.036	3.699.312
2043	3.859.884	0,86	3.307.718,99	1.324.539	0,41	541.045	3.848.764
2044	3.937.082	0,87	3.441.350,84	1.351.029	0,42	562.904	4.004.255
2045	4.015.823	0,89	3.580.381,42	1.378.050	0,42	585.645	4.166.026
2046	4.096.140	0,91	3.725.028,83	1.405.611	0,43	609.305	4.334.334
2047	4.178.063	0,93	3.875.519,99	1.433.723	0,44	633.921	4.509.441

Yolculuk sayılarında tam bilet binişlerin artması, tahmin edilebileceği üzere hasılat gelirinin artmasına sebep olmuştur. Elde edilen yeni gelir ile yıllara göre gelir gider dengesi Tablo 35’te gösterilmiştir.

Güzergahın yolculuk yoğunluğunun öğrenci ağırlık olmasının, gelirlerin belirgin şekilde düşük olmasına sebep olduğu anlaşılmıştır. Yolculuk taleplerinin tam bilet yoğunluklu olarak değişimi, geliri artırmış olsa da sistemi kazançlı duruma geçiremediği görülmüştür. Ancak sistem için hazırlanan sefer planlarında ilk yıllardaki âtıl kapasitenin kullanılması durumunda, sistem sübvansiyona ihtiyaç duymadan çalışacaktır. Yolculuk oranlarının değişmesi, belediyelerin ulaşım

politikalarını güncellenmesi ve şehirdeki büyük oranda sadece öğrenci yolculuklarının olduğu güzergahların ticari çekim alanlarını da kapsaması gibi çalışmalarla sağlanabilir.

Tablo 35. A.3_EO Yıllara Göre İşletme Gelir Gider Dengesi

Yıllar	Yatırım Geri Ödemesi	Faiz	İşletme Gideri	Toplam Gider	Gelir	Fark
2028			1.550.264,00€	1.550.264,00	2.124.791 €	574.527,00
2029	2.502.914,05	952.855,72	1.573.518,00€	4.076.432,05	2.210.632 €	- 1.865.800,05
2030	2.502.914,05	899.729,61	1.597.121,00€	4.100.035,05	2.299.942 €	- 1.800.093,05
2031	2.502.914,05	844.631,01	1.621.078,00€	4.123.992,05	2.392.860 €	- 1.731.132,05
2032	2.502.914,05	787.486,69	1.645.394,00€	4.148.308,05	2.489.531 €	- 1.658.777,05
2033	2.502.914,05	728.220,68	1.670.075,00€	4.172.989,05	2.590.108 €	- 1.582.881,05
2034	2.502.914,05	666.754,22	1.695.126,00€	4.198.040,05	2.694.749 €	- 1.503.291,05
2035	2.502.914,05	603.005,60	1.720.553,00€	4.223.467,05	2.803.616 €	- 1.419.851,05
2036	2.502.914,05	536.890,09	1.746.361,00€	4.249.275,05	2.916.882 €	- 1.332.393,05
2037	2.502.914,05	468.319,81	1.772.557,00€	4.275.471,05	3.034.725 €	- 1.240.746,05
2038	2.502.914,05	397.203,62	1.799.145,00€	4.302.059,05	3.157.327 €	- 1.144.732,05
2039	2.502.914,05	323.446,99	1.826.132,00€	4.329.046,05	3.284.883 €	- 1.044.163,05
2040	2.502.914,05	246.951,89	1.853.524,00€	4.356.438,05	3.417.593 €	- 938.845,05
2041	2.502.914,05	167.616,65	1.881.327,00€	4.384.241,05	3.555.663 €	- 828.578,05
2042	2.502.914,05	85.335,81	1.909.547,00€	4.412.461,05	3.699.312 €	- 713.149,05
2043	-	-	1.938.190,00€	1.938.190,00	3.848.764 €	1.910.574,00
2044	-	-	1.967.263,00€	1.967.263,00	4.004.255 €	2.036.992,00
2045	-	-	1.996.772,00€	1.996.772,00	4.166.026 €	2.169.254,00
2046	-	-	2.026.723,00	2.026.723,00	4.334.334 €	2.307.611,00
2047	-	-	2.057.124,00	2.057.124,00	4.509.441 €	2.452.317,00
	35.040.796,70	7.708.448,39	35.847.794,00	70.888.590,70	63.535.434,00	- 7.353.156,70

6.2 HRS

6.2.1 Alternatif 1

HRS ile ilgili Alternatif 1 (A.1_HRS), hafif raylı toplu taşıma sistemi ile ilgili hiçbir araç ve alt yapının olmaması durumunda bütün yatırımın idarece yapılması durumudur. Sistemin hem kredi ödemesi yaparak hem de işletme giderlerini karşılayarak çalışması değerlendirilecektir.

HRS'nin 20 yıl çalışması sonucu ortaya çıkacak yıllara göre gelir gider dengesi Tablo 36'da verilmiştir.

İşletme gelir gider dengesine göre sistemin kendini ödeme yetisi olmadığı, sübvansiyona ihtiyaç duyacağı anlaşılmıştır. Sistemin işletme giderinin işletme gelirinin hep üzerinde olması yolcu sayısının yetersiz olmasından dolayı sistemin verimsiz olduğunu göstermektedir. Âtıl bir kapasite olduğu HRS araçlarının boş kaldığı anlaşılmaktadır.

Mevcut yolculuk sayılarının düşüklüğü, düşük bilet fiyatına sahip öğrenci yoğunluklu toplu taşıma kullanımı gibi gerekçelerle, HRS'nin gelirinin düşük kalmasına sebep olduğu görülmektedir.

Tablo 36. A.1_HRS Yıllara Göre İşletme Gelir Gider Dengesi

Yıllar	Yatırım Geri Ödemesi	Faiz	İşletme Gideri	Toplam Gider	Gelir	Fark
2028			2.739.610,00	2.739.610,00	1.497.073,00	- 1.242.537,00
2029	11.437.936,23	4.354.405,59	2.780.705,00	14.218.641,23	1.557.554,00	- 12.661.087,23
2030	11.437.936,23	4.111.627,37	2.822.415,00	14.260.351,23	1.620.480,00	- 12.639.871,23
2031	11.437.936,23	3.859.835,16	2.864.751,00	14.302.687,23	1.685.947,00	- 12.616.740,23
2032	11.437.936,23	3.598.694,30	2.907.723,00	14.345.659,23	1.754.059,00	- 12.591.600,23
2033	11.437.936,23	3.327.857,66	2.951.338,00	14.389.274,23	1.824.923,00	- 12.564.351,23
2034	11.437.936,23	3.046.965,28	2.995.609,00	14.433.545,23	1.898.650,00	- 12.534.895,23
2035	11.437.936,23	2.755.643,78	3.040.543,00	14.478.479,23	1.975.356,00	- 12.503.123,23
2036	11.437.936,23	2.453.505,96	3.086.151,00	14.524.087,23	2.055.160,00	- 12.468.927,23
2037	11.437.936,23	2.140.150,22	3.132.443,00	14.570.379,23	2.138.188,00	- 12.432.191,23
2038	11.437.936,23	1.815.160,06	3.179.430,00	14.617.366,23	2.224.571,00	- 12.392.795,23
2039	11.437.936,23	1.478.103,51	3.227.121,00	14.665.057,23	2.314.444,00	- 12.350.613,23
2040	11.437.936,23	1.128.532,56	3.275.528,00	14.713.464,23	2.407.947,00	- 12.305.517,23
2041	11.437.936,23	765.982,56	3.324.661,00	14.762.597,23	2.505.228,00	- 12.257.369,23
2042	11.437.936,23	389.971,64	3.374.531,00	14.812.467,23	2.606.440,00	- 12.206.027,23
2043	-	-	3.425.149,00	3.425.149,00	2.711.740,00	- 713.409,00
2044	-	-	3.476.526,00	3.476.526,00	2.821.294,00	- 655.232,00
2045	-	-	3.528.674,00	3.528.674,00	2.935.274,00	- 593.400,00
2046	-	-	3.581.604,00	3.581.604,00	3.053.859,00	- 527.745,00
2047	-	-	3.635.328,00	3.635.328,00	3.177.235,00	- 458.093,00
	160.131.107,22	35.226.435,65	63.349.840,00	223.480.947,22	44.765.422,00	-178.715.525,22

6.2.2 Alternatif 2

HRS ile ilgili Alternatif 2 (A.2_HRS), HRS için TCDD'nin mevcut alt yapı sistemlerinin kullanılması durumudur. Sistemin yatırım maliyetini finanse etmesine gerek kalmadığından, işletme gelirlerinin giderleri karşılayıp karşılamadığı değerlendirilecektir.

Yatırım maliyeti, araçların yatırım giderleri optimum seviyede tutulmuştur. Katener hattı, ray ve trafo istasyonları için TCDD'nin mevcutta olan 13,5 km'lik tek hattı kullanılacağı düşünülerek hattın 13,5 km.si için tek hat, 3,5 km.si için çift hat yapılacağı öngörülerek hesaplama yapılmıştır. Hattın aktif kullanılacak kısmı 16,5 km.lik bölüm olsa da tren setlerinin bakım alanına geçişi için ve bekleme peronu oluşturulması içinde 0,5 km.lik duraklama alanı ihtiyacı dikkate alınmıştır.

Tablo 16 ve 17'de hesaplanan sefer planlamasına göre satın alınması gerekli HRS araç sayısı ile diğer yatırım giderleri Tablo 37'de gösterilmiştir.

Tablo 37. A.2_HRS Yatırım Hesaplaması

Yatırım Giderleri	Birim	Miktar	Birim Fiyat	Toplam
Hafif Raylı	Ad	9	3.000.000,00 €	27.000.000 €
Kataner Hat, Çift Ray, Trafo	Km	3,5	5.500.000,00 €	19.250.000€
Kataner Hat, Tek Ray, Trafo	Km	13,5	2.000.000,00 €	27.000.000 €
Bakım Onarım Binası	M ²	1900	₺12.250,00	465.500 €
Yönetim Binası	M ²	500	₺14.400,00	372.000 €
Durak Alanları	M ²	400	₺5.250,00	144.000 €
				74.231.500 €

Mevcut altyapının kullanılması sonrasında ortaya çıkan yeni yatırım tutarının kredi kullanım koşulları Tablo 38’de, kredi ve faiz oranları ile kredi geri ödemeleri Euro cinsinden Tablo 39’da gösterilmiştir.

Tablo 38. A.2_HRS Kredi Kullanım Koşulları

Kredi Miktarı:	74.231.500 €
Faiz Oranı:	0,29
Vade (Ay):	180
BSMV:	5,00
KKDF:	-
Ödemesiz Ay:	12
Periyod Ay:	12
Kullandırım Tarihi:	1.01.2027

Tablo 39. A.2_HRS İçin Euro Cinsinden Kredi Ödemesi

Taksit No	Tarih	Taksit Miktarı	Faiz	BSMV	Anapara Ödemesi	Kalan Anapara
1	1.01.2029	7.151.052,27	2.722.395,14	136.119,76	4.292.537,38	72.697.272,12
2	1.01.2030	7.151.052,27	2.570.609,04	128.530,45	4.451.912,78	68.245.359,33
3	1.01.2031	7.151.052,27	2.413.187,35	120.659,37	4.617.205,56	63.628.153,78
4	1.01.2032	7.151.052,27	2.249.920,83	112.496,04	4.788.635,40	58.839.518,38
5	1.01.2033	7.151.052,27	2.080.592,48	104.029,62	4.966.430,17	53.873.088,21
6	1.01.2034	7.151.052,27	1.904.977,22	95.248,86	5.150.826,19	48.722.262,02
7	1.01.2035	7.151.052,27	1.722.841,63	86.142,08	5.342.068,56	43.380.193,46
8	1.01.2036	7.151.052,27	1.533.943,63	76.697,18	5.540.411,46	37.839.782,00
9	1.01.2037	7.151.052,27	1.338.032,13	66.901,61	5.746.118,54	32.093.663,46
10	1.01.2038	7.151.052,27	1.134.846,73	56.742,34	5.959.463,21	26.134.200,25
11	1.01.2039	7.151.052,27	924.117,36	46.205,87	6.180.729,04	19.953.471,20
12	1.01.2040	7.151.052,27	705.563,94	35.278,20	6.410.210,14	13.543.261,06
13	1.01.2041	7.151.052,27	478.895,95	23.944,80	6.648.211,52	6.895.049,54
14	1.01.2042	7.151.052,27	243.812,13	12.190,61	6.895.049,54	0,00
TOPLAM		100.114.731,83	22.023.735,55	1.101.186,78	76.989.809,50	

HRS'nin 20 yıl çalışması sonucu ortaya çıkacak yıllara göre gelir gider dengesi Tablo 40'ta verilmiştir.

Tablo 40. A.2_HRS Yıllara Göre Euro Cinsinden İşletme Gelir Gider Dengesi

Yıllar	Yatırım Geri Ödemesi	Faiz	İşletme Gideri	Toplam Gider	Gelir	Fark
2028			2.739.610,00	2.739.610,00	1.497.073,00	- 1.242.537,00
2029	7.151.052,27	2.722.395,14	2.780.705,00	9.931.757,27	1.557.554,00	- 8.374.203,27
2030	7.151.052,27	2.570.609,04	2.822.415,00	9.973.467,27	1.620.480,00	- 8.352.987,27
2031	7.151.052,27	2.413.187,35	2.864.751,00	10.015.803,27	1.685.947,00	- 8.329.856,27
2032	7.151.052,27	2.249.920,83	2.907.723,00	10.058.775,27	1.754.059,00	- 8.304.716,27
2033	7.151.052,27	2.080.592,48	2.951.338,00	10.102.390,27	1.824.923,00	- 8.277.467,27
2034	7.151.052,27	1.904.977,22	2.995.609,00	10.146.661,27	1.898.650,00	- 8.248.011,27
2035	7.151.052,27	1.722.841,63	3.040.543,00	10.191.595,27	1.975.356,00	- 8.216.239,27
2036	7.151.052,27	1.533.943,63	3.086.151,00	10.237.203,27	2.055.160,00	- 8.182.043,27
2037	7.151.052,27	1.338.032,13	3.132.443,00	10.283.495,27	2.138.188,00	- 8.145.307,27
2038	7.151.052,27	1.134.846,73	3.179.430,00	10.330.482,27	2.224.571,00	- 8.105.911,27
2039	7.151.052,27	924.117,36	3.227.121,00	10.378.173,27	2.314.444,00	- 8.063.729,27
2040	7.151.052,27	705.563,94	3.275.528,00	10.426.580,27	2.407.947,00	- 8.018.633,27
2041	7.151.052,27	478.895,95	3.324.661,00	10.475.713,27	2.505.228,00	- 7.970.485,27
2042	7.151.052,27	243.812,13	3.374.531,00	10.525.583,27	2.606.440,00	- 7.919.143,27
2043	-	-	3.425.149,00	3.425.149,00	2.711.740,00	- 713.409,00
2044	-	-	3.476.526,00	3.476.526,00	2.821.294,00	- 655.232,00
2045	-	-	3.528.674,00	3.528.674,00	2.935.274,00	- 593.400,00
2046	-	-	3.581.604,00	3.581.604,00	3.053.859,00	- 527.745,00
2047	-	-	3.635.328,00	3.635.328,00	3.177.235,00	- 458.093,00
	100.114.731,78	22.023.735,56	63.349.840,00	163.464.571,78	44.765.422,00	- 118.699.149,78

Tablo 10'da verilen gelirin aynı olduğu HRS alternatif 1'deki yatırım maliyeti her ne kadar HRS açısından 118 milyon Euro'dan 74 milyon Euro'ya düşmüş olsa da işletme gelir gider dengesine göre bu alternatifte de sistemin kendini ödeme yetisi olmadığı, sübvansiyona ihtiyaç duyacağı anlaşılmıştır.

6.2.3 Alternatif 3

HRS ile ilgili Alternatif 3 (A.3_HRS), yolculuk sayılarının iki katına çıkarılması kabulü ile raylı sistem kapasitesinin 15-20 yıllık dönemde %90 yoğunluk ile kullanılması durumudur. Yolcu yoğunluğu talebi, tam bilet olacak şekilde değerlendirilecektir. Yolculuk taleplerine göre gelecek yılların projeksiyon yolculuk sayıları Tablo 41'de gösterilmiştir.

Tablo 41. A.3_HRS Yolculuk Biniş Oranının Değişimi ile Yolculuk Sayıları

YIL	Toplam Yolculuk	Tam	Öğrenci	Ücretsiz
		%66,18	%22,71	%11,11
2025	8.167.223	5.405.068	1.854.776	907.378
2026	8.330.567	5.513.169	1.891.872	925.526
2027	8.497.179	5.623.433	1.929.709	944.037
2028	8.667.122	5.735.901	1.968.303	962.917
2029	8.840.465	5.850.620	2.007.670	982.176
2030	9.017.274	5.967.632	2.047.823	1.001.819
2031	9.197.619	6.086.985	2.088.779	1.021.856
2032	9.381.572	6.208.724	2.130.555	1.042.293
2033	9.569.203	6.332.899	2.173.166	1.063.138
2034	9.760.587	6.459.557	2.216.629	1.084.401
2035	9.955.799	6.588.748	2.260.962	1.106.089
2036	10.154.915	6.720.523	2.306.181	1.128.211
2037	10.358.013	6.854.933	2.352.305	1.150.775
2038	10.565.174	6.992.032	2.399.351	1.173.791
2039	10.776.477	7.131.873	2.447.338	1.197.267
2040	10.992.007	7.274.510	2.496.285	1.221.212
2041	11.211.847	7.420.000	2.546.210	1.245.636
2042	11.436.084	7.568.400	2.597.135	1.270.549
2043	11.664.805	7.719.768	2.649.077	1.295.960
2044	11.898.102	7.874.164	2.702.059	1.321.879
2045	12.136.064	8.031.647	2.756.100	1.348.317
2046	12.378.785	8.192.280	2.811.222	1.375.283
2047	12.626.361	8.356.125	2.867.446	1.402.789

Yeni yolculuk sayıları ile gelecekte elde edilecek gelir tahmini Tablo 42’de gösterilmiştir.

Tablo 42. A.3_HRS Yıllık Euro Bazlı Gelir Beklentisi

Yıl	Tam Yolculuk	Euro / Kişi	Euro Yıl	Öğrenci Yolculuk	Euro / Kişi	Euro Yıl	Euro Toplam
2025	5.405.068	0,60	3.243.040,85	1.854.776	0,29	530.466	3.773.507
2026	5.513.169	0,61	3.374.059,70	1.891.872	0,29	551.897	3.925.957
2027	5.623.433	0,62	3.510.371,71	1.929.709	0,30	574.193	4.084.565
2028	5.735.901	0,64	3.652.190,73	1.968.303	0,30	597.391	4.249.582
2029	5.850.620	0,65	3.799.739,24	2.007.670	0,31	621.525	4.421.265
2030	5.967.632	0,66	3.953.248,70	2.047.823	0,32	646.635	4.599.884
2031	6.086.985	0,68	4.112.959,95	2.088.779	0,32	672.759	4.785.719
2032	6.208.724	0,69	4.279.123,53	2.130.555	0,33	699.939	4.979.062
2033	6.332.899	0,70	4.452.000,12	2.173.166	0,34	728.216	5.180.216
2034	6.459.557	0,72	4.631.860,93	2.216.629	0,34	757.636	5.389.497
2035	6.588.748	0,73	4.818.988,11	2.260.962	0,35	788.245	5.607.233
2036	6.720.523	0,75	5.013.675,23	2.306.181	0,36	820.090	5.833.765
2037	6.854.933	0,76	5.216.227,71	2.352.305	0,36	853.221	6.069.449
2038	6.992.032	0,78	5.426.963,31	2.399.351	0,37	887.691	6.314.655
2039	7.131.873	0,79	5.646.212,63	2.447.338	0,38	923.554	6.569.767
2040	7.274.510	0,81	5.874.319,62	2.496.285	0,38	960.866	6.835.185
2041	7.420.000	0,82	6.111.642,13	2.546.210	0,39	999.685	7.111.327
2042	7.568.400	0,84	6.358.552,47	2.597.135	0,40	1.040.072	7.398.624
2043	7.719.768	0,86	6.615.437,99	2.649.077	0,41	1.082.091	7.697.529
2044	7.874.164	0,87	6.882.701,68	2.702.059	0,42	1.125.807	8.008.509

2045	8.031.647	0,89	7.160.762,83	2.756.100	0,42	1.171.290	8.332.053
2046	8.192.280	0,91	7.450.057,65	2.811.222	0,43	1.218.610	8.668.668
2047	8.356.125	0,93	7.751.039,98	2.867.446	0,44	1.267.842	9.018.882

Bilet gelirinin işletme giderini karşılayabilmesine rağmen yatırım giderlerini ödeyemediği görülmektedir. HRS'nin 20 yıl çalışması sonucu ortaya çıkacak yıllara göre gelir gider dengesi Tablo 43'te gösterilmiştir.

Tablo 43. A.3_HRS Euro Cinsinden İşletme Gelir Gider Dengesi

Yıllar	Yatırım Geri Ödemesi	Faiz	İşletme Gideri	Toplam Gider	Gelir	Fark
2028			2.739.610,00	2.739.610,00	4.249.582,00	1.509.972,00
2029	11.437.936,23	4.354.405,59	2.780.705,00	14.218.641,23	4.421.265,00	- 9.797.376,23
2030	11.437.936,23	4.111.627,37	2.822.415,00	14.260.351,23	4.599.884,00	- 9.660.467,23
2031	11.437.936,23	3.859.835,16	2.864.751,00	14.302.687,23	4.785.719,00	- 9.516.968,23
2032	11.437.936,23	3.598.694,30	2.907.723,00	14.345.659,23	4.979.062,00	- 9.366.597,23
2033	11.437.936,23	3.327.857,66	2.951.338,00	14.389.274,23	5.180.216,00	- 9.209.058,23
2034	11.437.936,23	3.046.965,28	2.995.609,00	14.433.545,23	5.389.497,00	- 9.044.048,23
2035	11.437.936,23	2.755.643,78	3.040.543,00	14.478.479,23	5.607.233,00	- 8.871.246,23
2036	11.437.936,23	2.453.505,96	3.086.151,00	14.524.087,23	5.833.765,00	- 8.690.322,23
2037	11.437.936,23	2.140.150,22	3.132.443,00	14.570.379,23	6.069.449,00	- 8.500.930,23
2038	11.437.936,23	1.815.160,06	3.179.430,00	14.617.366,23	6.314.655,00	- 8.302.711,23
2039	11.437.936,23	1.478.103,51	3.227.121,00	14.665.057,23	6.569.767,00	- 8.095.290,23
2040	11.437.936,23	1.128.532,56	3.275.528,00	14.713.464,23	6.835.185,00	- 7.878.279,23
2041	11.437.936,23	765.982,56	3.324.661,00	14.762.597,23	7.111.327,00	- 7.651.270,23
2042	11.437.936,23	389.971,64	3.374.531,00	14.812.467,23	7.398.624,00	- 7.413.843,23
2043	-	-	3.425.149,00	3.425.149,00	7.697.529,00	4.272.380,00
2044	-	-	3.476.526,00	3.476.526,00	8.008.509,00	4.531.983,00
2045	-	-	3.528.674,00	3.528.674,00	8.332.053,00	4.803.379,00
2046	-	-	3.581.604,00	3.581.604,00	8.668.668,00	5.087.064,00
2047	-	-	3.635.328,00	3.635.328,00	9.018.882,00	5.383.554,00
	160.131.107,22	35.226.435,65	63.349.840,00	223.480.947,22	127.070.871,00	- 96.410.076,22

Yolculuk sayısının iki katına çıkması ile gelirin 127 milyon euroya çıkması durumunda da sistemin kendini ödeyebilme kabiliyeti olmadığını göstermektedir.

HRS yatırımının kendini ödeyebilmesi durumu, hat planlamasının daha sık seferler ile yıllık yolculuk sayılarının 20 milyon yolculuk düzeyine yükselmesi ya da 11 milyon seviyesindeki yolculukların bilet fiyatlarının 2 katına çıkarılması ile gelirin 225 milyon Euro'ya yakın bir tutarda gerçekleşmesi durumunda sistemin çalışırken kendi yatırımını ödeyebilmesinin mümkün olacağı tahmin edilmektedir.

6.2.4 Alternatif 4

Manisa için Raylı Sistem konusunda da belirtildiği üzere, 10. kalkınma planında HRS yapımı için belirtilen kıstaslardan biri asgari 10.000 yolcu/saat talebi aranmasıdır. HRS ile ilgili Alternatif 4 (A.4_HRS), 10.000 yolcu/saat için bir hesaplama yapılarak sistemdeki yolculuk sayısının bilet gelirini nasıl etkilediğini

değerlendirme durumudur. Yeni yolculuk talebinin karşılanabilmesi için işletme ve yatırım maliyetlerinin yeni kapasite ve talebe göre hesaplanması gerekmektedir.

Araçlar, saat 6.45 ile 22.35 arasında çalışarak günlük 16 saat hizmet vermektedir. YY. Kalkınma planında istenen saatte asgari 10.000 yolculuk, günlük 160.000 yolculuğa, aylık 4.800.000 yolculuğa ve yıllık 57.600.000 yolculuğa denk gelmektedir. Saatlik 10.000 yolculuk, karşılıklı olarak 5.000 yolculuk anlamındadır. Araç kapasitesinin 296 kişi, sefer süresinin 45 dk olduğu ve beklemenin 5 dk olduğu durumda araç ihtiyacının belirlenmesi ve vatman ihtiyacı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$Tek\ yön\ sefer\ sıklığı = \frac{5000}{296} = 16,89\ sefer$$

$$Sefer\ aralığı = \frac{50}{16,89} = 3,55\ dk$$

$$Sefer\ aralığı = \frac{50}{16,89} = 3,55\ dk$$

$$Tren\ seti\ ihtiyacı = \frac{50}{3,55} = 14,08 = 15\ araç$$

Saatte 16,89 sefer ve 16 saatte 270 sefer çift yönlü 540 sefer ile 160.000 yolcu günlük kapasite için gerekli sistem oluşturulmaktadır. 15 araç için yedek olarak 2 araç ilave edilmektedir. 8 saatlik mesai süresi dikkate alındığında, 17 araç için 16 saatlik mesaide 34 vatmana ihtiyaç duyulmaktadır. Tablo 44'te hesaplanan yatırım maliyeti gösterilmiştir.

Tablo 44. A.4_HRS Yatırım Maliyeti

Yatırım Giderleri	Birim	Miktar	Birim Fiyat	Toplam
Hafif Raylı	Ad	17	3.000.000,00 €	51.000.000 €
Kataner Hat, Ray ,Trafo	Km	16,5	5.500.000,00 €	90.750.000€
Bakım Onarım Binası	M2	1900	₺12.250,00	465.500 €
Yönetim Binası	M2	500	₺14.400,00	372.000 €
Durak Alanları	M2	400	₺5.250,00	144.000 €
				142.731.000 €

15 adet HRS ile saatte 17 sefer çift yönlü 34 sefer günlük 16 saat çalışma sonunda günlük 540 sefer yapıldığında, 16,5 km'lik hatta 540 sefer yapılması günlük 8910 km yol katedilmesi sonucunda, km başına 44-65 kW/h elektrik tüketimi

bulunan araçlar için ortalama 55 kW/h kabulü ile 49.005kw/h günlük, 1.470.150 kW/h aylık tüketim ihtiyacı olacaktır.

Elektrik kW/h ücretini 2,59tl kabulü ile aylık 3.807.688,5 TL elektrik gideri oluşmaktadır.

$$\text{Aylık Tüketim} = \frac{3.807.688,5}{50} = 76.153,77\text{€}$$

$$\text{Yıllık Tüketim} = 76.153,77 \times 12 = 913.845 \text{ €}$$

Bakım onarım maliyeti, araç yatırım bedelinin %2'si olarak kabul edilmiştir. Yıllık bakım maliyeti, hatta çalışan araçlar için toplamda 1.020.000 € olmaktadır. Alternatife ait işletme maliyeti Tablo 45'te gösterilmiştir.

Tablo 45. A.4_HRS İşletme Maliyeti

Birim Dağılımı	Kişi	Brüt/Ay	Toplam/Ay	Yıl (TL)	Yıl (Euro)
İdari Personel	8	70.000	560.000	6.720.000	134.400
Bakım Personeli	18	100.000	1.800.000	21.600.000	432.000
Sürücü	34	90.000	3.060.000	36.720.000	734.400
İşletme Personeli	8	70.000	560.000	6.720.000	134.400
Güvenlik	45	70.000	3.150.000	37.800.000	756.000
Temizlik	15	70.000	1.050.000	12.600.000	252.000
Enerji Tüketimi					913.845
Bakım Onarım Maliyeti					1.020.000
Toplam Yıl					4.377.045

Örneklem için hizmetin başlangıç yolculuk sayısı saatlik iki yönlü 10.000 yolculuk alındığında, yolculuk sayılarının yıllık %2 artışı ile projeksiyon yıllarındaki yolculuk sayıları Tablo 46'da gösterilmiştir.

Tablo 46. A.4 Yıllık Yolculuk Sayıları

Yıl	Yıllık	Aylık Ortalama
1 2025	57.600.000	4.800.000
2 2026	58.752.000	4.896.000
3 2027	59.927.040	4.993.920
4 2028	61.125.581	5.093.798
5 2029	62.348.092	5.195.674
6 2030	63.595.054	5.299.588
7 2031	64.866.955	5.405.580
8 2032	66.164.294	5.513.691

9	2033	67.487.580	5.623.965
10	2034	68.837.332	5.736.444
11	2035	70.214.079	5.851.173
12	2036	71.618.360	5.968.197
13	2037	73.050.727	6.087.561
14	2038	74.511.742	6.209.312
15	2039	76.001.977	6.333.498
16	2040	77.522.016	6.460.168
17	2041	79.072.457	6.589.371
18	2042	80.653.906	6.721.159
19	2043	82.266.984	6.855.582
20	2044	83.912.324	6.992.694
21	2045	85.590.570	7.132.548
22	2046	87.302.381	7.275.198
23	2047	89.048.429	7.420.702

Yolculuk sayılarının gelecek yıllara oranlanarak hesaplanan biniş oranlı yolcuklar Tablo 47’de gösterilmiştir.

Tablo 47. A.4_HRS Yolculuk Biniş Oranın Değişimi ile Yolculuk Sayıları

Yıl	Toplam Yolculuk	Tam	Öğrenci	Ücretsiz
		%66,18	%22,71	%11,11
2025	57.600.000	38.119.680	13.080.960	6.399.360
2026	58.752.000	38.882.074	13.342.579	6.527.347
2027	59.927.040	39.659.715	13.609.431	6.657.894
2028	61.125.581	40.452.909	13.881.619	6.791.052
2029	62.348.092	41.261.968	14.159.252	6.926.873
2030	63.595.054	42.087.207	14.442.437	7.065.411
2031	64.866.955	42.928.951	14.731.286	7.206.719
2032	66.164.294	43.787.530	15.025.911	7.350.853
2033	67.487.580	44.663.281	15.326.429	7.497.870
2034	68.837.332	45.556.546	15.632.958	7.647.828
2035	70.214.079	46.467.677	15.945.617	7.800.784
2036	71.618.360	47.397.031	16.264.530	7.956.800
2037	73.050.727	48.344.971	16.589.820	8.115.936
2038	74.511.742	49.311.871	16.921.617	8.278.255
2039	76.001.977	50.298.108	17.260.049	8.443.820
2040	77.522.016	51.304.070	17.605.250	8.612.696
2041	79.072.457	52.330.152	17.957.355	8.784.950
2042	80.653.906	53.376.755	18.316.502	8.960.649
2043	82.266.984	54.444.290	18.682.832	9.139.862
2044	83.912.324	55.533.176	19.056.489	9.322.659
2045	85.590.570	56.643.839	19.437.618	9.509.112
2046	87.302.381	57.776.716	19.826.371	9.699.295
2047	89.048.429	58.932.250	20.222.898	9.893.280

Oluşturulan yeni yolculuk sayılarına göre gelir beklentisi Tablo 48’de gösterilmiştir.

Tablo 48. A.4_HRS Euro Cinsinden Gelir Beklentisi

Yıl	Tam Yolculuk	Euro / Kişi	Euro Yıl	Öğrenci Yolculuk	Euro / Kişi	Euro Yıl	Euro Toplam
2025	38.119.680	0,60	22.871.808,00	13.080.960	0,29	3.741.155	26.612.963
2026	38.882.074	0,61	23.795.829,04	13.342.579	0,29	3.892.297	27.688.126
2027	39.659.715	0,62	24.757.180,54	13.609.431	0,30	4.049.546	28.806.727
2028	40.452.909	0,64	25.757.370,63	13.881.619	0,30	4.213.148	29.970.518
2029	41.261.968	0,65	26.797.968,40	14.159.252	0,31	4.383.359	31.181.327
2030	42.087.207	0,66	27.880.606,33	14.442.437	0,32	4.560.447	32.441.053
2031	42.928.951	0,68	29.006.982,82	14.731.286	0,32	4.744.689	33.751.671
2032	43.787.530	0,69	30.178.864,93	15.025.911	0,33	4.936.374	35.115.239
2033	44.663.281	0,70	31.398.091,07	15.326.429	0,34	5.135.804	36.533.895
2034	45.556.546	0,72	32.666.573,95	15.632.958	0,34	5.343.290	38.009.864
2035	46.467.677	0,73	33.986.303,54	15.945.617	0,35	5.559.159	39.545.462
2036	47.397.031	0,75	35.359.350,20	16.264.530	0,36	5.783.749	41.143.099
2037	48.344.971	0,76	36.787.867,95	16.589.820	0,36	6.017.412	42.805.280
2038	49.311.871	0,78	38.274.097,82	16.921.617	0,37	6.260.516	44.534.614
2039	50.298.108	0,79	39.820.371,37	17.260.049	0,38	6.513.441	46.333.812
2040	51.304.070	0,81	41.429.114,37	17.605.250	0,38	6.776.584	48.205.698
2041	52.330.152	0,82	43.102.850,59	17.957.355	0,39	7.050.358	50.153.208
2042	53.376.755	0,84	44.844.205,75	18.316.502	0,40	7.335.192	52.179.398
2043	54.444.290	0,86	46.655.911,67	18.682.832	0,41	7.631.534	54.287.446
2044	55.533.176	0,87	48.540.810,50	19.056.489	0,42	7.939.848	56.480.658
2045	56.643.839	0,89	50.501.859,24	19.437.618	0,42	8.260.618	58.762.477
2046	57.776.716	0,91	52.542.134,36	19.826.371	0,43	8.594.347	61.136.481
2047	58.932.250	0,93	54.664.836,58	20.222.898	0,44	8.941.558	63.606.395

İşletme giderinin gelecek yıllarda Euro enflasyonu ile artması Tablo 49’da gösterilmiştir.

Tablo 49. A.4_HRS Euro Cinsinden İşletme Giderinin %1,5 Oranı İle Güncellenmesi

Yıl	Bilet Geliri	Hafif Raylı
2025	26.612.963	4.377.045
2026	27.688.126	4.442.701
2027	28.806.727	4.509.341
2028	29.970.518	4.576.981
2029	31.181.327	4.645.636
2030	32.441.053	4.715.321
2031	33.751.671	4.786.050

2032	35.115.239	4.857.841
2033	36.533.895	4.930.709
2034	38.009.864	5.004.669
2035	39.545.462	5.079.739
2036	41.143.099	5.155.936
2037	42.805.280	5.233.275
2038	44.534.614	5.311.774
2039	46.333.812	5.391.450
2040	48.205.698	5.472.322
2041	50.153.208	5.554.407
2042	52.179.398	5.637.723
2043	54.287.446	5.722.289
2044	56.480.658	5.808.123
2045	58.762.477	5.895.245
2046	61.136.481	5.983.674
2047	63.606.395	6.073.429

Yatırım maliyetinin kredi kullanım koşulları Tablo 50’de, kredi ve faiz oranları ile kredi geri ödemeleri Euro cinsinden Tablo 51’de verilmiştir.

Tablo 50. A.4_HRS Kredi Kullanım Koşulları

Kredi Miktarı:	142.731.000
Faiz Oranı:	0,29
Vade (Ay):	180
BSMV:	5,00
KKDF:	-
Ödemesiz Ay:	12
Periyod:	12
Kullandırım Tarihi:	1.01.2027

Tablo 51. A.4_HRS Kredi Ödemesi

Taksit No	Tarih	Taksit Miktarı	Faiz	BSMV	Anapara Ödemesi	Kalan Anapara
1	1.01.2029	13.749.915,36	5.234.572,66	261.728,63	8.253.614,07	139.781.014,08
2	1.01.2030	13.749.915,36	4.942.721,06	247.136,05	8.560.058,24	131.220.955,84
3	1.01.2031	13.749.915,36	4.640.033,46	232.001,67	8.877.880,23	122.343.075,61
4	1.01.2032	13.749.915,36	4.326.107,52	216.305,38	9.207.502,46	113.135.573,15
5	1.01.2033	13.749.915,36	4.000.525,99	200.026,30	9.549.363,07	103.586.210,08
6	1.01.2034	13.749.915,36	3.662.856,12	183.142,81	9.903.916,44	93.682.293,64
7	1.01.2035	13.749.915,36	3.312.649,07	165.632,45	10.271.633,84	83.410.659,80
8	1.01.2036	13.749.915,36	2.949.439,36	147.471,97	10.653.004,03	72.757.655,77
9	1.01.2037	13.749.915,36	2.572.744,23	128.637,21	11.048.533,92	61.709.121,86
10	1.01.2038	13.749.915,36	2.182.062,98	109.103,15	11.458.749,23	50.250.372,63
11	1.01.2039	13.749.915,36	1.776.876,33	88.843,82	11.884.195,21	38.366.177,41
12	1.01.2040	13.749.915,36	1.356.645,71	67.832,29	12.325.437,36	26.040.740,05
13	1.01.2041	13.749.915,36	920.812,57	46.040,63	12.783.062,17	13.257.677,88
14	1.01.2042	13.749.915,36	468.797,60	23.439,88	13.257.677,88	0,00
TOPLAM		192.498.815,04	42.346.844,66	2.117.342,23	148.034.628,15	

HRS'nin 20 yıl çalışması sonucu ortaya çıkacak yıllara göre gelir gider dengesi Tablo 52'de gösterilmiştir. Tablo 52'ye göre yatırım maliyetinin ve işletme giderinin yüksek olmasına rağmen bilet ücretlerinde artışa gitmeden asgari 10.000 yolculuk ile sistemin kendi yatırım maliyetini ödediği, ilave olarak karlı duruma geldiği anlaşılmaktadır.

Önceki alternatiflerde sistem kapasitesi ilk yatırımda atıl olurken, 20 yılda doluluğa ulaşmaktadır. Atıl kapasitenin alınması zorunlu oluşan bir durumdur, çünkü mevcut yolculuk verilerinde belirli saatlerde belirli yolculuklar için araç planlaması yapılması gerekmektedir. Düşük yolculuk için oluşturulan araç atamaları, araçların yolcusuz çalışmasına yani işletme gideri ve yatırım maliyeti oluştururken gelir elde edememesine sebep olmaktadır.

Tablo 52. A.4_HRS İşletme Gelir Gider Dengesi

YILLAR	YATIRIM GERİ ÖDEMESİ	FAİZ	İŞLETME GİDERİ	TOPLAM GİDER	GELİR	FARK
2028			4.576.981,00	4.576.981,00	29.970.518,00	25.393.537,00
2029	13.749.915,36	5.234.572,66	4.645.636,00	18.395.551,36	31.181.327,00	12.785.775,64
2030	13.749.915,36	4.942.721,06	4.715.321,00	18.465.236,36	32.441.053,00	13.975.816,64
2031	13.749.915,36	4.640.033,46	4.786.050,00	18.535.965,36	33.751.671,00	15.215.705,64
2032	13.749.915,36	4.326.107,52	4.857.841,00	18.607.756,36	35.115.239,00	16.507.482,64
2033	13.749.915,36	4.000.525,99	4.930.709,00	18.680.624,36	36.533.895,00	17.853.270,64
2034	13.749.915,36	3.662.856,12	5.004.669,00	18.754.584,36	38.009.864,00	19.255.279,64
2035	13.749.915,36	3.312.649,07	5.079.739,00	18.829.654,36	39.545.462,00	20.715.807,64
2036	13.749.915,36	2.949.439,36	5.155.936,00	18.905.851,36	41.143.099,00	22.237.247,64
2037	13.749.915,36	2.572.744,23	5.233.275,00	18.983.190,36	42.805.280,00	23.822.089,64
2038	13.749.915,36	2.182.062,98	5.311.774,00	19.061.689,36	44.534.614,00	25.472.924,64
2039	13.749.915,36	1.776.876,33	5.391.450,00	19.141.365,36	46.333.812,00	27.192.446,64
2040	13.749.915,36	1.356.645,71	5.472.322,00	19.222.237,36	48.205.698,00	28.983.460,64
2041	13.749.915,36	920.812,57	5.554.407,00	19.304.322,36	50.153.208,00	30.848.885,64
2042	13.749.915,36	468.797,60	5.637.723,00	19.387.638,36	52.179.398,00	32.791.759,64
2043	-€	-€	5.722.289,00	5.722.289,00	54.287.446,00	48.565.157,00
2044	-€	-€	5.808.123,00	5.808.123,00	56.480.658,00	50.672.535,00
2045	-€	-€	5.895.245,00	5.895.245,00	58.762.477,00	52.867.232,00
2046	-€	-€	5.983.674,00	5.983.674,00	61.136.481,00	55.152.807,00
2047	-€	-€	6.073.429,00	6.073.429,00	63.606.395,00	57.532.966,00
	192.498.815,04	42.346.844,66	105.836.593,00	298.335.408,04	896.177.595,00	597.842.186,96

A.4_HRS'de 10.000 saat yolcu ile başladığımız ilk kapasite değeri için gerekli olan 17 set tren, yıllar geçtikçe yolculuk sayılarının artması ile yetersiz kalacaktır. Bu sebeple düzenli olarak araç, personel alımı yapılması ve artan araç, personel giderlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bir set tren günlük 17 sefer ve

yıllık 6120 sefer ile 1.811.520 yolcu kapasitene ulaşmaktadır. Her yıl bir set tren alınarak oluşan yeni kapasite Tablo 53'te gösterilmiştir.

Tablo 53'te yapılan değerlendirmede her yıl yeni bir set tren alınması ile 20 yıl sonunda 36 milyon yolcu taşıma kapasitesi sunmaktadır. Saatlik 10.000 yolculuk için yıllık 57 milyonun üzerinde kapasite ile çalışmaya başlayan sistem, her yıl yeni bir araç ile projeksiyon yılı sonunda yaklaşık 94 milyon yolcu taşıma kapasitesine sahip olacaktır. Tablo 46'da hesaplanan yıllık %2 artış ile 2047'de talep olacak olan yıllık 89 milyonluk yolculuk ihtiyacını rahatlıkla karşılayabileceği görülmektedir.

Tablo 53. A.4_HRS'de Araç Artışı ile Kapasite Artışı

Yıl	Tren/Adet	Sefer	Yolcu
2028	1	6120	1811520
2029	2	12240	3623040
2030	3	18360	5434560
2031	4	24480	7246080
2032	5	30600	9057600
2033	6	36720	10869120
2034	7	42840	12680640
2035	8	48960	14492160
2036	9	55080	16303680
2037	10	61200	18115200
2038	11	67320	19926720
2039	12	73440	21738240
2040	13	79560	23549760
2041	14	85680	25361280
2042	15	91800	27172800
2043	16	97920	28984320
2044	17	104040	30795840
2045	18	110160	32607360
2046	19	116280	34418880
2047	20	122400	36230400

Yolculuk sayısının artması ile artan yatırım ve işletme maliyet kalemleri Tablo 54'te gösterilmiştir.

Tablo 54. A.4_HRS Euro Cinsinden Yatırım ve İşletme Maliyetleri

Bir Set Tren Fiyatı	3.000.000,00
Bir Set Tren Ortalama Enerji Tüketimi	60.923
Bir Personel Yıllık Maliyet	24.000
Bir Set Tren Ortalama Yıllık Bakım Masrafı	60.000

A.4_HRS'nin değeriendirilmesi ile birlikte sistemin ilk yatırım aşamasında yedekler dahil 17 araçla işletileceğı, artan yolculuk taleplerini karşılayabilmek için 2028 yılında itibaren her yıl 1 ilave aracın daha alınarak değeriendirme dönemi sonu olan 2047 yılına kadar araç sayısının yükseltileceğı, artan araç ile elektrik, bakım ve personel giderlerinde beraberinde gider artışı olacağı anlaşılmaktadır. Yıllar içerisinde alınacak araç ve personel maliyetlerinin işletme giderine eklenmesi Tablo 55'te verilmiştir.

Tablo 55. A.4_HRS İşletme Giderinin %1,5 Oranında Güncellenmesi

Yıl	HRS	Tren	Adet	Elektrik	Kümülatif	Bakım	Kümülatif	3 Personel	Kümülatif	Toplam	Bilet Geliri
2025	4.377.045	3.000.000		60.923		60.000		72.000		4.377.045	26.612.963
2026	4.442.701	3.045.000		61.837		60.900		73.080		7.683.518	27.688.126
2027	4.509.341	3.090.675		62.764		61.814		74.176		7.798.770	28.806.727
2028	4.576.981	3.137.035	1	63.706	63.706	62.741	62.741	75.289	75.289	7.915.752	29.970.518
2029	4.645.636	3.184.091	2	64.661	129.323	63.682	127.364	76.418	152.836	8.239.250	31.181.327
2030	4.715.321	3.231.852	3	65.631	196.894	64.637	193.911	77.564	232.693	8.570.671	32.441.053
2031	4.786.050	3.280.330	4	66.616	266.463	65.607	262.426	78.728	314.912	8.910.182	33.751.671
2032	4.857.841	3.329.535	5	67.615	338.075	66.591	332.953	79.909	399.544	9.257.949	35.115.239
2033	4.930.709	3.379.478	6	68.629	411.776	67.590	405.537	81.107	486.645	9.614.144	36.533.895
2034	5.004.669	3.430.170	7	69.659	487.611	68.603	480.224	82.324	576.269	9.978.943	38.009.864
2035	5.079.739	3.481.622	8	70.704	565.629	69.632	557.060	83.559	668.472	10.352.522	39.545.462
2036	5.155.936	3.533.847	9	71.764	645.878	70.677	636.092	84.812	763.311	10.735.063	41.143.099
2037	5.233.275	3.586.855	10	72.841	728.406	71.737	717.371	86.085	860.845	11.126.751	42.805.280
2038	5.311.774	3.640.657	11	73.933	813.266	72.813	800.945	87.376	961.134	11.527.775	44.534.614
2039	5.391.450	3.695.267	12	75.042	900.507	73.905	886.864	88.686	1.064.237	11.938.326	46.333.812
2040	5.472.322	3.750.696	13	76.168	990.183	75.014	975.181	90.017	1.170.217	12.358.599	48.205.698
2041	5.554.407	3.806.957	14	77.310	1.082.346	76.139	1.065.948	91.367	1.279.137	12.788.794	50.153.208
2042	5.637.723	3.864.061	15	78.470	1.177.051	77.281	1.159.218	92.737	1.391.062	13.229.115	52.179.398
2043	5.722.289	3.922.022	16	79.647	1.274.354	78.440	1.255.047	94.129	1.506.056	13.679.768	54.287.446
2044	5.808.123	3.980.852	17	80.842	1.374.311	79.617	1.353.490	95.540	1.624.188	14.140.964	56.480.658
2045	5.895.245	4.040.565	18	82.054	1.476.980	80.811	1.454.603	96.974	1.745.524	14.612.918	58.762.477
2046	5.983.674	4.101.173	19	83.285	1.582.420	82.023	1.558.446	98.428	1.870.135	15.095.848	61.136.481
2047	6.073.429	4.162.691	20	84.535	1.690.691	83.254	1.665.076	99.905	1.998.092	15.589.979	63.606.395

HRS'nin 20 yıl çalışması sonucu ortaya çıkacak yıllara göre gelir gider dengesi Tablo 56'da gösterilmiştir.

A.4_HRS'de bilet geliri ile kredi ödeyen, her yıl yeni araç ilavesi ve gerekli personel alımı yaparak artan giderleri karşılayan bir sistem kurulabileceğı anlaşılmaktadır.

Tablo 56. A.4_HRS İşletme Gelir Gider Dengesi

YILLAR	YATIRIM GERİ ÖDEMESİ	FAİZ	İŞLETME GİDERİ	TOPLAM GİDER	GELİR	FARK
2028			7.915.752,00	7.915.752,00	29.970.518,00	22.054.766,00
2029	13.749.915,36	5.234.572,66	8.239.250,00	21.989.165,36	31.181.327,00	9.192.161,64
2030	13.749.915,36	4.942.721,06	8.570.671,00	22.320.586,36	32.441.053,00	10.120.466,64
2031	13.749.915,36	4.640.033,46	8.910.182,00	22.660.097,36	33.751.671,00	11.091.573,64
2032	13.749.915,36	4.326.107,52	9.257.949,00	23.007.864,36	35.115.239,00	12.107.374,64
2033	13.749.915,36	4.000.525,99	9.614.144,00	23.364.059,36	36.533.895,00	13.169.835,64
2034	13.749.915,36	3.662.856,12	9.978.943,00	23.728.858,36	38.009.864,00	14.281.005,64
2035	13.749.915,36	3.312.649,07	10.352.522,00	24.102.437,36	39.545.462,00	15.443.024,64
2036	13.749.915,36	2.949.439,36	10.735.063,00	24.484.978,36	41.143.099,00	16.658.120,64
2037	13.749.915,36	2.572.744,23	11.126.751,00	24.876.666,36	42.805.280,00	17.928.613,64
2038	13.749.915,36	2.182.062,98	11.527.775,00	25.277.690,36	44.534.614,00	19.256.923,64
2039	13.749.915,36	1.776.876,33	11.938.326,00	25.688.241,36	46.333.812,00	20.645.570,64
2040	13.749.915,36	1.356.645,71	12.358.599,00	26.108.514,36	48.205.698,00	22.097.183,64
2041	13.749.915,36	920.812,57	12.788.794,00	26.538.709,36	50.153.208,00	23.614.498,64
2042	13.749.915,36	468.797,60	13.229.115,00	26.979.030,36	52.179.398,00	25.200.367,64
2043	-	-	13.679.768,00	13.679.768,00	54.287.446,00	40.607.678,00
2044	-	-	14.140.964,00	14.140.964,00	56.480.658,00	42.339.694,00
2045	-	-	14.612.918,00	14.612.918,00	58.762.477,00	44.149.559,00
2046	-	-	15.095.848,00	15.095.848,00	61.136.481,00	46.040.633,00
2047	-	-	15.589.979,00	15.589.979,00	63.606.395,00	48.016.416,00
	192.498.815,04	42.346.844,66	229.663.313,00	422.162.128,04	896.177.595,00	474.015.466,96

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Manisa ili şehir merkezinde transit odaklı toplu taşıma sistemi kurgulanarak alternatifler üzerinde fizibilite etüt çalışması yapılmıştır. Manisa Şehir Hastanesi ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehir Prof. Dr. İlhan Varak Kampüsü aksında var olan ve artması yüksek ihtimal olan toplu taşıma talebine yönelik raylı sistem ve elektrikli otobüs değerlendirmesi yapılmıştır.

Toplu taşıma sistemlerinin yatırım maliyeti, işletme gideri, kapasite, enerji tüketimi, çevresel etkiler ve uzun vadeli sürdürülebilirlik kriterleri bakımından değerlendirilmiştir. Alternatiflerin değerlendirilmesinde gelir-gider dengesi analizleri, sistemin yatırım geri ödemeleri ve işletme giderleri dikkate alındığında hangi alternatif uygulanmak istenirse istensin sürdürülebilir bir finansman modele ulaşılması ancak yolcu sayılarının belli seviyelerin üzerinde olması ile sağlanacağı anlaşılmıştır.

Ekonomik fizibilite analizlerinin ötesinde, Manisa'nın sürdürülebilir bir kent kimliğine sahip olma sürecinde çevresel ve sosyal farklar da ortaya konmuştur. Her iki sistem de elektrik enerjisi kullanarak doğrudan egzoz emisyonu üretmemesi sayesinde, geleneksel dizel taşımacılığa kıyasla karbon ayak izini düşükte tutmakta ve hava kalitesini korumada önemli bir rol oynamaktadır.

Güvenlik ve kullanıcı deneyimi açısından bakıldığında HRS'nin kendine ait bir yolda, kara yolu trafiğinden ayrılmış şekilde hareket edebilmesi, kaza risklerini minimize ederken sefer sürelerindeki güvenirliliği de artırmaktadır. HRS'nin seyahat konforu ve geniş iç hacim, toplu taşımayı özel araç kullanımına karşı cazip kılan en güçlü unsurlardandır. Buna karşın elektrikli otobüsler, mevcut trafik akışına dahil oldukları için yolculara konfor kaybı yaşatabilmektedir. Elektrikli otobüslerin sabit altyapıya bağımlı olmadan kentsel dokunun en uç noktalarına kadar erişim sağlayabilmesi HRS 'den avantajlı olduğu bir özelliği olarak görülmektedir.

Kentsel planlama ve arazi kullanımı açısından; raylı sistem yatırımları sadece bir ulaşım projesi olmanın ötesinde, kenti de şekillendiren stratejik bir araçtır. HRS 'ler hat boyunca yeni merkezlerin oluşumunu, ticari hareketliliği ve konut yoğunlaşmasını tetikleyerek kentin kontrolsüz ve dağınık yayılımını engelleyebilmektedirler. Mevcut altyapıyı kullanan lastik tekerlekli sistemler ise kentsel gelişim üzerinde bu denli bir etki yaratamamaktadır.

Her iki sistemin yatırım–işletme maliyetleri ve gelir projeksiyonları incelendiğinde, elektrikli otobüslerin kısa vadede daha uygulanabilir, hafif raylı sistemin ise yolcu talebinin artmasıyla orta–uzun vadede sürdürülebilir bir toplu taşıma omurgası oluşturabileceği anlaşılmıştır. Özellikle öğrenci yoğunluklu yolculuk tercihleri ve düşük bilet gelirleri, sistemin gelirini sınırlamaktadır. Bu nedenle sistemlerin yatırımı, ancak kamu sübvansiyonu veya alternatif finansman modelleri ile desteklendiğinde uygulanabilir görülmektedir.

Ancak yolculuk talebi ve nüfus yapısı dikkate alındığında, kısa vadede elektrikli otobüs sisteminin geliştirilmesi, orta vadede ise raylı sistem için yolculuk talebinin artırılması için talep yaratacak kentsel gelişim alanları planlamaya entegre edilerek 16.5km hat çevresinde imar plan çalışmaları ile yolculuk sayılarının artması toplu taşımaya talep artışının oluşturulması gerekmektedir. Üniversite ve Hastane güzergâhının imar planlarındaki yapılaşma süreci yolculuk sayılarında artışa neden olacaktır. Raylı sistem uygulanabilirliği, belirli bir politika izlenmesiyle mümkün olacaktır.

Özellikle yıllık yolcu talebinin artması durumunda raylı sistemin uzun vadede daha ekonomik bir çözüm hâline gelebileceği anlaşılmıştır. Ancak yatırım maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle raylı sistemin kısa ve orta vadede gelir–gider dengesini tek başına sağlayamadığı, belirli yolculuk eşiği veya bilet geliri artışı olmadığı sürece kamu desteğine ihtiyaç duyduğu tespit edilmiştir.

Elektrikli otobüslerin ise düşük yatırım maliyeti, mevcut kara yolu altyapısını kullanması, esnek güzergâh avantajı ve enerji tüketimi açısından daha düşük işletme maliyetleri sunduğu görülmüştür. Fakat yıllar geçtikçe kapasite yetersizliği ve konfor düşüşü yaşanacağı anlaşılmaktadır.

Sistemlerin çevresel faydaları ve düşük emisyon avantajları, sürdürülebilir ulaşım hedeflerine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Ancak Manisa özelinde toplu taşıma yatırımlarına ilişkin politikaların ve fiyatlandırma stratejilerinin doğru tasarlanması, yolculuk taleplerinin toplu taşımaya yönlendirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu, her dönem karşılaşılabilecek temel bir sorundur. İlk yatırım maliyetlerinin finansmanında hibe ve destek mekanizmalarının kullanılması, yatırım yapan kurum bütçesi üzerindeki yükün azalmasına katkı sağlayacaktır.

8. KAYNAKLAR

- Abbasgil, E. (1994). *İstanbul'daki toplu taşımacılık kapsamında raylı sistemlerin değerlendirilmesi Esenler-Aksaray hızlı tramvay örneği*. (Yayın No. 32040). [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi
- AcidCow. (t.y.). *Amazing pictures (49 pics)*. <https://acidcow.com/pics/127634-amazing-pictures-49-pics.html>
- [Adalar.net](https://www.adalar.net/ibb-deniz-taksi). (2021, Aralık 1). *İBB Deniz Taksi*. <https://www.adalar.net/ibb-deniz-taksi>
- Akça, C. (2018). *Kent içi ulaşım sistemlerinin değerlendirilmesi ve geliştirilmesi: Güngören-İstanbul örneği* (Yayın No. 491703) [Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Alhamami, B. R. M., Nassar, Y. S. & Qendeel, L. M. R. (2023). Feasibility studies and their effects on the success or failure of investment projects. Najaf governorate as a model. *Open Engineering*. 3: 20220467.
- Apuhan, H., ve Özdemir, Y. (2020). Kent İçi Ulaşım Sistemlerinde Risk Analizi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 20-26. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/izufbed/issue/52553/678928>
- Aslan, C. (2006). *İzmir'deki raylı sistemlerin kent içi trafiğe etkileri*. [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Avcı, S., (2005, Eylül 29–30). Ulaşım coğrafyası açısından Türkiye'nin ulaşım politikaları ve coğrafi sonuçları [Bildiri] Ulusal Coğrafya Kongresi, İstanbul, s. 87–96 , <https://www.researchgate.net/>
- Ayan, Y. (2018). *İstanbul'daki toplu taşımacılık kapsamında raylı sistemlerin değerlendirilmesi* .(Yayın No. 521393). [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi
- Aydemir, P. K., Yılmazsoy, B. K., Akyüz, B., Akdemir, Ç. (2018). Kentsel Ulaşımında Yaya Öncelikli Planlama/Tasarım ve Transit Odaklı Gelişimin Metropol Kentlerdeki Deneyimi, İstanbul Örneği. *Kent Akademisi*, 11(4), 523-544.
- Ayhan, S. (2007). *Kentsel raylı sistemlerde işletme maliyetleri* .(Yayın No. 222519). [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

- Berawi M. A., Wicaksono P.L., Gunawan G., Miraj P. ve Rahman H.A., (2019) Life Cycle Cost Analysis of the Transit-oriented Development Concept in Indonesia, *International Journal of Technology*, 10(6) , 1184-1193, https://www.researchgate.net/publication/337499900_Life_Cycle_Cost_Analysis_of_the_Transit-oriented_Development_Concept_in_Indonesia#fullTextFileContent
- Biçen, S. (2025). *Toplu taşıma ücretlendirme değişkenleri ve ücretsiz toplu taşıma sistemlerinin uygulanabilirliği: Ankara örneği* (Yayın No. 970328) [Yüksek lisans tezi, Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Bozankaya. (2025). *Metro*. <https://www.bozankaya.com.tr/metro>
- Bozankaya. (2025). *Hafif Raylı*. <https://www.bozankaya.com.tr/tr/trambus>
- Bozankaya. (2025). *Trambus* <https://www.bozankaya.com.tr/tramvay>
- Bozankaya. (2025). *Tramvay*. <https://www.bozankaya.com.tr/tramvay>
- Cabi, O. (2024, Mayıs 2). *Taksi dolmuş*. Edebiyat Gazetesi. <https://www.edebiyatgazetesi.com/2024/05/orkun-cabi-taksi-dolmus.html>
- Coşaran, Ç. (2018). *Otobüs ve tramvay benzeri sistemlerin incelenip işletme maliyetlerinin karşılaştırılması*. (Yayın No. 517454) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Çağlar, S. S. (2023). İnsanın biyoçeşitlilik üzerindeki etkisi: Milyarlarca yılda oluşanı birkaç yüzyılda yok etmek. *Tabiat ve İnsan Dergisi*, 2(193), 56–63. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2953577>
- Çakır, F. H., & Akbayır, Ö. (2017). Metrobüs sisteminin enerji kullanımı ve çevreye etkilerinin incelenmesi, elektrikli araçlar ve trolleybüslerin kullanım potansiyellerinin araştırılması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Özel Sayı 1*, 97–102. <https://dergipark.org.tr/tr/>
- Çalış, E. A. (2016). Monoray ulaşım sisteminin özellikleri ve diğer kentiçi ulaşım araçları ile karşılaştırılması Yüksek lisans tezi. [İstanbul Teknik Üniversitesi] <https://polen.itu.edu.tr/items/a1cee1e3-9ce2-49e0-8271-5397c6625d31>
- Çelebi, E. (2016). Toplu ulaşım sistemlerindeki değişikliklerin şehirsiz arazi kullanışları ile olan etkileşimlerinin incelenmesi – İzmir örneği. (Yayın No. 438866) [Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi], YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çörek Ö. Ç., (2018). Türkiye sürdürülebilir kent içi ulaşım kılavuzu (PROJE NO IPA/2019/414-309). WRI Türkiye, Aktif Yaşam Derneği, UCLG-MEWA, UITP.

Demir, M. A., & Yakışık, H. (2024). Enerjinin tarihsel gelişimi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 13(3), 1333–1353. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/4002586>

Demirtürk, D., (2021). Sürdürülebilir ulaşım da sera gazı etkisini azaltmaya yönelik çalışmalar, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(4), 1080 – 1092.

Demir yolu güzergâhları haritası. (2025). TCDD. <https://www.tcdd.gov.tr/harita/demiryolu-guzergahlari>

Deniz, T. (2016). Türkiye’de ulaşım sektöründe yaşanan değişimler ve mevcut durum. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 21(36), 135-156. <https://doi.org/10.17295/dcd.79471>

Düz kaya, H., Akdemir F., Ulvi H., Orman A., ve Sıvat S., (2018) Türkiye’de Orta Büyüklükteki Kentlerde Raylı Sistem Uygulamaları: Erzincan Cadde Tramvayı Örneği, *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2) 403–415, doi: 10.31202/ecjse.384753, <https://dergipark.org.tr/en/>

ECB. (European Central Bank) (2021). An overview of the ECB’s monetary policy strategy (19 Eylül, 2025) tarihinde <https://www.ecb.europa.eu/mopo/strategy/strategy-review/ecb-strategy-review-monopol-strategy-overview.en.html> adresinden erişilmiştir.

EEA (European Environment Agency). (2020). *Environmental noise in Europe — 2020*. Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe-2020>

El Periódico. (2025). *5 básicos que ver en Verona*. <https://viajar.elperiodico.com/ser/5-basicos-verona-80991294>

Erden, B., & Yüzer, M. A. (2021). Lojistik merkezlerin yer seçiminde ulaşım bağlantılarının rolü. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(20. Bölge Bilimi ve Planlama Kongresi Özel Sayısı), 133–146. <https://doi.org/10.46790/erzisosbil.960474>

Erişilebilirlik kılavuzu. (2020). Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara: Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. ISBN No: 978-605-7888-05-1

Fischer Blog. (2025). *First minute 2025 tatil önerileri*.

<https://blog.fischer.sk/tipy/first-minute-2025-tipy-dovolenka>

Gün, D. (2007). Hava Kargo Pazarının Lojistik Açısından Değerlendirilmesi ve Türkiye için Durum Analizi. (Yayın No. 211513) , [Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Gündüz, A. Y., Kaya, M., & Aydemir, C. (2011). Kent içi ulaşımında karayolu ulaşımına alternatif sistem: raylı ulaşım sistemi. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 2(1), 134-151.

Gürsoy, M. (2019). *Çağış yerleşkesi ile Balıkesir il merkezi arasında hafif raylı sistemlerin araştırılması üzerine bir araştırma* (Yayın No. 561506). [Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

GZT. (2018, Ekim 18). *Metro ile tramvay arasında ne fark var?*.

<https://www.gzt.com/jurnalist/metro-ile-tramvay-arasinda-ne-fark-var-3458801>

Haberleşme Genel Müdürlüğü. (2025). Akıllı Ulaşım Sistemleri Terimleri Sözlüğü (Sürüm 30.06.2025). Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. <https://hgm.uab.gov.tr/uploads/pages/akilli-ulasim-sistemleri-aus/aus-terimler-sozlugu.pdf>

Henrion, V., Ingvardson, J.B., ve Nielsen, O. A. (2023). The Influence of the COVID-19 Pandemic on Travel Behaviour in the Greater Copenhagen Area. *Journal of Advanced Transportation*. 2023,1-12
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/9964912>

<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2024-54056>

IEA. (2023). *Road transport*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/road-transport>

IEA. (2024). *Energy Efficiency 2024 – Transport Chapter*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024>

IEA. (2025). *Transport – Energy System*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/energy-system/transport>

IPCC. (2022). Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Bölüm 10: Transport]. Cambridge University Press.

İZDENİZ. (2025). *Gemiler ve iskeleler*.

https://www.izdeniz.com.tr/tr/gemiler_iskeleler/1212

Kababulut, F. Y., ve Helvacı, C. (2017). Büyükşehir ulaşım sistemleri ve sorunları: İzmir ili özelindeki sorunlara çözüm önerileri. *Planlama TMBOB Şehir Plancıları Odası*, 27(3), 215-221.

<https://planlamadergisi.org/jvi.aspx?pdire=planlama&plng=tur&un=PLAN-18894>

Karadayı, E. (2012.) Karayolu ulaşımı, ulaştırma sistemleri. Anadolu Üniversitesi Yayınları: Eskişehir, ss. 24-49. (<http://www.nevoku.com/ulastirma-sistemleri--ekitap--ulastirma-sistemleri/viewdeck/0e109d66-dc34-43a2-905b-66f04acdfb25>).

Karayolu Taşıma Yönetmeliği. (2018). Resmî Gazete (Sayı: 30295), 08 Ocak 2018. <https://www.mevzuat.gov.tr/>

Keskin, D., (2013), *Kent içi raylı sistemlerde elektromekanik sistemler yatırım maliyeti*, Yüksek Lisans Tezi, [B.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü], YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Kılınçaslan, T. (2012). Kentsel ulaşım (Ulaşım Sistemi-Toplu Taşıma- Planlama- Politikalar). İstanbul: Ninova Yayıncılık.

Kırlangıçoğlu, C. (2014). *Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı raylı sistem güzergah tasarımı: İstanbul örneği*. [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. (Yayın No. 361801). YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Lojiport. (2016, Nisan 28). *Manisa'nın ulaşımı Karsan'a emanet*.

<https://www.lojiport.com/manisanin-ulasimi-karsana-emanet-94667h.htm>

Manisa Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı (2025)

Manisa Büyükşehir Belediyesi. (2015). Manisa Ulaşım Ana Planı Raporu.

Manisa Celal Bayar Üniversitesi istatistikleri. (2025). Manisa Celal Bayar Üniversitesi. 20 Kasım, 2025 tarihinde <http://mcbu.edu.tr/istatistik> adresinden erişilmiştir.

Manisa Celal Bayar Üniversitesi. (t.y.). *Yerleşkeye ulaşım*. 20 Kasım, 2025 tarihinde <http://mcbu.edu.tr/Sayfa/Kampus-Ulasim> adresinden erişilmiştir.

Manisa Valiliği. (2025). *Ana sayfa*. <https://www.manisa.gov.tr>

MANULAŞ, (2025), <https://manulas.com.tr/>

Masoumi, M., ve Öcalır- Akünal, E. V. (2018). Türkiye’deki kent içi raylı ulaşım sistemlerinin performanslarının veri zarflama analizi ile karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 21(4), 971–975. <https://doi.org/10.2339/politeknik.389630>

McKinley S.A., ve Wei, H. (2017). Viability assessment of light rail line planning: Case study of Cincinnati Eastern Corridor. *Urban Rail Transit*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s40518-017-0063-x>

Mergen, T. (2008). *Kent içi ulaşım sorunları üzerine bir araştırma* .(Yayın No. 237674).[Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Nalçakan, M. (2012). Demiryolu taşımacılığı, ulaştırma sistemleri. *Anadolu Üniversitesi Yayınları: Eskişehir*, ss. 50-79.

Natarajan, N., Batts, S., ve Stankovic, K. M. (2023). Noise-induced hearing loss. *Journal of Clinical Medicine*, 12(6), 2347. <https://doi.org/10.3390/jcm12062347>

Oğuz, İ. H., & Oğuz, D. (2020). Logistics in the Turkish economy. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 19(1), 65–75. <https://dergipark.org.tr/tr/>

Onedio. (2023, Haziran 28). *İstanbul deniz otobüsü seferleri*.

<https://onedio.com/haber/da-edo-nedir-istanbul-deniz-otobusu-seferlerinden-nereye-hareket-eder-1157342>

Orozco, L. G. N., Alessandretti, L., Saberi, M., Szell, M., & Battiston, F. (2021). *Multimodal urban mobility and multilayer transport networks*. arXiv:2111.02152. <https://arxiv.org/abs/2111.02152>

Önçağ, A. Ç., Üzkat, H., Yeşil, Z. C., Eliyi, U. (2021). Elektrikli otobüsler üzerine karşılaştırmalı bir değerlendirme: İzmir şehir içi saha analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 43-51. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/pajes/issue/60238/876663>

Özkan, B. U. ,(2021). *Konya kentindeki toplu taşıma kullanımı ve etkinlik değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. KTO Karatay Üniversitesi.

Pikabu. (t.y.). *İstoriya monoroksiy dorog*.

https://pikabu.ru/story/istoriya_monoroksiy_dorog_6173072

Polat, U., Sağbaş, A., & Dermenci, M. S. (2022). Sürdürülebilir ulaşım planlaması için şehir içi otobüs hatlarında sefer çizelgeleme optimizasyonu. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 27(3), 1099-1116. <https://doi.org/10.17482/uumfd.848950>

Saatçioğlu, C., ve Yaşarlar, Y. (2012). Kent içi ulaşımında toplu taşımacılık sistemleri: İstanbul örneği. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(3), 117–144. <http://iibfdergi.kafkas.edu.tr>

Selim, C., Mutlu S., ve Selim, S. (2015). Kentsel alanlarda biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği ve koruma yaklaşımları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 8(1), 38–45. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/417945>

Sönmez, T. (2011). *Aktarma merkezleri, İstanbul Kabataş aktarma merkezi örneği*. (Yayın No. 297107) [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi,]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Sünbül, Ş. (2019). *Hafif raylı sistemlerin Erzurum ili için incelenmesi*. (Yayın No. 561959). [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.(2024) Erişim tarihi: 21 Ekim 2025, <https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2025) 19 Eylül 2025 tarihinde erişilmiştir.

T.C. Republic of Turkey, Ministry of Environment and Urbanization (ÇSGB) / Environmental Indicators. (2024). *Final Energy Consumption by Mode of Transport*. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/en/final-energy-consumption-by-mode-of-transport-i-86038>

T.C. Resmi Gazete, (2022, 30 Kasım) Çevresel gürültü kontrol yönetmeliği (Sayı: 32029). <https://www.mevzuat.gov.tr/>

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2024). *2024 Yılı Demiryolu Kazaları İstatistikleri*. <https://ulasimemniyeti.uab.gov.tr/uploads/pages/istatistikler/2024-demiryolu-istatistik-web.pdf>

Talih, Ö., ve Çelikok, K. (2023). Intelligent Transportation Systems and Policies in the World and in Türkiye: Assessment from A Sustainable Transportation Perspective. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 14(100. Yıl Özel Sayısı), 254-279. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.1281444>

TGRT Haber. (2025, Eylül). *Metrobüs hattı Söğütluçeşme yönü 2 gün boyunca kapalı olacak.* <https://www.tgrthaber.com/aktuel/metrobus-hatti-sogutlucesme-yonu-sevk-duragi-2-gun-boyunca-kapali-olacak-2961121>

Toprak, N. (2012). *Meteorolojik faktörlerin kent içi ulaşımı üzerindeki etkileri* (Yayın No. 341225) [Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Torun, M. F. (2017). *İstanbul'da raylı sistemler ve kent içi raylı sistemlerde konfor algısı* (Yayın No. 649370294) [Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi]. <https://www.scribd.com/home>

Tosun, D., ve Arabelen G., (2018, Eylül 7-8). *Kent İçi Toplu Taşıma Sistemlerinin Değerlendirilmesi: İzmir Örneği* [Tam Metin Bildiri]. IV. International Caucasus-Central Asia Foreign Trade and Logistics Congress, Didim, Aydın. <https://avesis.deu.edu.tr/>

TourIstanbul. (2025). *Le métro à Istanbul.* <https://touristanbul.com/le-metro-a-istanbul/>

Tuna, M., Tanrıvermiş, Y., & Bostancı, S. (2022). Kent içi raylı sistem yatırımlarının finansmanında kullanılan kaynaklar ve kaynak geliştirme olanaklarının değerlendirilmesi: Ankara ili raylı sistem projeleri örneği. *Trends in Business and Economics*, 36(3), 235-249. <https://doi.org/10.5152/tbe.2022.983008>

TÜBA. (t.y.). Sefer aralığı. Akademik Bilim Terimleri Sözlüğü. Terimler.org. 20 Kasım,2025, tarihinde <https://terimler.org/terim/sefer-araligi/> adresinden erişilmiştir.

TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). *Karayolu trafik kazası istatistikleri, 2024* (No. 54056).

TÜİK. Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). *Statistics on final energy consumption in transport, 2023.*

Türk Dil Kurumu. (2022). Toplu taşıma. [Sozluk.gov.tr](https://sozluk.gov.tr) . 20 Kasım,2025, tarihinde <https://sozluk.gov.tr/> adresinden erişilmiştir.

UITP. (2024, 26 Eylül). *Exploring the future of urban mobility at the UITP Eurasia Conference 2024*. <https://www.uitp.org/news/exploring-the-future-of-urban-mobility-at-the-uitp-eurasia-conference-2024/>

UKOME (2025). 2025/30 sayılı kararı Manisa Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı. 14 Mart 2025.

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). (2025). *Urban rail transport statistics in Türkiye*. <https://unece.org/sites/default/files/2025-07/Urban%20rail%20transport%20statistics%20in%20Türkiye.pdf>

Uzuner, B. Z., & Ilıcalı, M. (2023). Kent içi raylı sistemlerde yeni teknolojilerin incelenmesi: Lastik tekerlekli raylı sistem. *Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 6(1), 51–60.

Vuchic, V. R., (2015), 1. bölüm: Kent İçi yolcu taşımacılığında modlar. İstanbul Ulaşım A.Ş. İstanbul.

Xia, H., Shen, C., Zhang, C., ve 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*, 3(1),45–53. <https://www.researchgate.net/>

Yaman, Y. C., 2015. Integration and coordination between regional/urban plans and transportation plans: The Case Of The Rail Transit Investment In Gaziantep, Master Of Science Thesis, M.E.T.U., Ankara.

Yeniçeri, B. (2017). *Kentsel Dönüşüm ve Kentsel Yenileme Süreçlerinin Ulaşım Planı Kapsamında Değerlendirilmesi ve Etkilerinin Araştırılması*. (Yayın No. 467540) [Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi] YÖK Ulusal Tez Merkezi.